

고주파 열처리된 스프링강의 경도별 특성 분석

*이동찬¹, 이경엽², 백영남³

¹ 경희대학교 기계공학과, ² 경희대학교 기계공학과, ³ 경희대학교 기계공학과

Analysis on the characteristics of STS5 by a High Frequency Induction Heater

*D. C. Lee¹, K. Y. Rhee², Y. N. Paik³

¹ Dept. of Mech. Eng., Kyunghee Univ., ² Dept. of Mech. Eng. Kyunghee Univ., ³ Dept. of Mech. Eng. Kyunghee Univ.

Key words : charpy, hardness, high frequency, STS5

1. 서론

스프링강은 일반적으로 탄성한계가 높고, 충격 및 피로에 대한 저항력이 크며, 급격한 진동을 완화하고 에너지를 축적하기 위해 사용된다. 이러한 성질을 갖고 있기 때문에 철도차량·자동차·선박 등의 판(板)스프링이나 헬리컬 스프링용으로 사용된다. 현재 우리나라 화차에 사용되는 마모판 역시 스프링강이 사용되고 있으나 실제 수명이 4년 정도 밖에 되지 않기 때문에 이를 유지 보수하는데 많은 시간과 비용이 소비되고 있다. 이 마모판의 파괴는 단순히 부품요소간의 마찰에 의한 것 뿐만이 아니라 발차·정차 시, 커브운행 등에서 발생하는 충격 및 집중하중에 의한 파손이 집중적으로 발생한다. 그렇기 때문에 충격에 대한 시험과 파괴에 대한 시험이 필요한 것이다. 기계재료는 일반적으로 정, 인 하중을 받았을 때와 충격적인 힘을 받았을 때는 성질이 다르게 나타난다. 재료의 정적 인장시험의 결과만으로는 동적 하중, 금속조직 사용온도 등의 변화에 따른 기계적 성질의 변화를 충분히 알 수 없다. 예를 들어 탄소강을 저온에서 인장시험하면 신장 또는 단면수축률은 상온에 비하여 거의 저하하지 않지만 충격값은 현저히 저하한다. 즉, 재료에 충격적인 힘이 작용했을 때 재료의 성질을 인장시험이나 경도시험 등의 정적시험만으로 판단하기 어렵다는 것이다. 본 연구는 고주파 열처리된 스프링강(STS5)이 충격을 받았을 때, 경도별로 흡수하는 에너지량을 측정하여 각 경우에 따른 파괴적 거동을 살펴보고 파괴의 여러 인자 중 흡수에너지에 대한 데이터베이스를 구축하고자 하는 목적이 있다.

2. 실험

2-1 실험용 재료 및 시험편 가공

STS5는 주로 탄성 스프링에 사용되므로 탄성한계가 높고 충격 및 피로에 강한 특성을 지닌다. SM45C보다 높은 탄소 함량을 지니고 있어 침탄 처리를 할 경우 과도한 취성에 의해 깨지기 쉽다. 그래서 고주파 열처리를 사용하여 SPS5 소재를 표면처리하였다. 기본 소재를 포함하여 총 4단계의 표면 경도 변화를 주어 각 경도 단계별로 시험편을 제작하였다. Table 3는 표면처리에 의한 각 단계별 경도값을 정리한 것이다.

구 분	C	Si	Mn	P	S	Cr
SPS5	0.50 - 0.65	0.15 - 0.35	0.65 - 0.95	≤ 0.035	≤ 0.035	0.65 - 0.95

Table 1 SPS5의 주요 성분 (단위 : wt%)

구 분	항복응력 (MPa)	인장한도 (MPa)	연신율 (%)	Poisson's ratio	경도 (H _{Rc})
SPS5	≥ 1100	≥ 1220	9	0.29	≤ 20

Table 2 SPS5의 기계적 물성

시험편 소재	표면처리 구분	설계경도(H _{Rc})
SPS5	고주파열처리 (깊이 5 mm 이상)	39 ± 3
		42 ± 3
		55 ± 3

Table 3 시험편의 표면처리

2-2 실험 장치 및 실험방법

‘KS B 5544 금속재료의 샤르피 충격시험’ 규정에 따라 V 노치가 있는 시험편을 엔빌에 고정시키고 진자형 해머로 충격 에너지를 부가하였다. 노치의 반대측면을 용량 30kg m의 에너지를 가진 해머로 타격하여 파단 시키고, 그 때의 흡수 에너지를 구하는 방법이다. 이 방법은 G. Charpy가 1901년에 발표한 시험법이며, 오늘날에도 널리 사용되고 있다. 해머의 지상각도를 α, 파단후의 진상각을 β, 해머의 중량을 W, 회전중심에서 중심까지의 거리를 R이라고 하면, 흡수 에너지 E는

$$E = WR(\cos \beta - \cos \alpha)$$

로 주어진다. JIS에서는 노치부 초기단면적(0.8cm²)에서 E를 제외한 값(kg m/cm²)을 샤르피 충격값이라고 표시하는 것으로 하고 있다. 이 때 소수값은 사사오입하여 1자리까지의 수치이다. 또한 E값을 샤르피 흡수 에너지라고 하여 이용하는 경우도 있다.

시험기의 용량은 WR(1-cos α)로 주어진다. 보통은 30kg·m의 것을 사용하지만, 강인한 강에 대하여는 50kg·m 또는 더욱 소량의 시험기가 사용되는 것이 있다. 단 이들의 경우는 결과의 표시 때 사용한 기계의 용량을 명시해야 한다. 즉, 타격속도는 2gR(1-cos α)^{1/2}g는 중력의 가속도)로 주어지지만, 타격속도가 변화하면 파괴기구가 다르거나, 흡수 에너지에 차이를 만들기 위해서이다. 이 실험에서는 50kg·m의 용량을 사용하였으며, 시험기의 타격속도는 약 5m/sec이다.

3. 결과

Fig. 1은 각 경도별 10개씩의 시험편의 단면을 촬영한 것으로 (a)는 STS5에 아무런 열처리 없이 시험한 경우의 모습이다. (b)는 고주파 열처리를 통해 경도를 H_{Rc}=39±3에 맞춘 것이고, (c)와 (d)는 각각 H_{Rc}=42±3와 H_{Rc}=55±3의 경우이다. 파괴된 단면을 살펴보면 (a), (c)와 (d)는 취성과파괴의 표면을 보이는 반면 (b)는 연성과파괴의 표면을 보이고 있다. 연성과파괴의 경우 흡수에너지가 취성의 경우보다 높게 측정되는데, 고주파열처리 시 (b)의 경우 내부적으로 조직의 변형이 일어났을 것으로 예상된다. Table 4는 샤르피 테스트의 시험결과를 정리한 것이며 Fig. 2는 시험편 경도에 따른 충격흡수 에너지를 나타낸 것이다.

일반적으로 동일한 소재의 경우 열처리를 통해 표면경도가 증가 할수록 충격흡수 에너지는 급격히 떨어지는 것으로 알려져 239 있으나, 본 연구과정에서의 결과는 그와 약간 다른 경향을 나타

났다. 즉, 약하게 표면처리를 거친 시편이 기본 소재보다 충격에너지 흡수 정도가 월등한 것으로 나타났다. 즉, 약하게 표면처리를 거친 시편이 기본 소재보다 충격에너지 흡수 정도가 월등한 것으로 나타났다. 이것은 열처리 공정 중에 금속의 조직이 어떠한 변형이 일어나서 취성재료가 연성재료로 바뀌었다고 예상하고 있으며, 이러한 현상의 원인이 어디에서 비롯되는 것인지에 대한 조사가 현재 진행 중이다.

4. 결론

샤르피 시험을 이용하여 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 먼저 기본 소재보다는 열처리된 시편의 흡수에너지는 감소하지만 약하게 표면처리를 한 경우는 오히려 증가하는 모습을 보였다. 그러나 이를 규명하기 위해서는 추가적으로 각 시편의 단면을 잘라 부분별로 경도를 측정하는 과정과 각 단면을 금속현미경을 통해 관찰하여 금속의 조직이 어떻게 되어 있으며, 기존의 것에서 어떤 모습으로 변형이 일어났는지에 대해 살펴보는 과정이 요구된다. 또한 이것이 충격시험에만 국한된 특성인지 아니면 전체적인 파괴인성 경향이 그러한 것인지에 대한 점도 향후 연구 진행을 통해서 규명하고자 한다.



(c) SPS5 $H_{rc}=42\pm 3$



(d) SPS5 $H_{rc}=55\pm 3$

Fig. 1 SPS5 충격시편의 파단면

참고문헌

1. KS B 5544 금속재료의 샤르피 충격시험
2. 조규중, 정세희, “소성변형 에너지에 의한 인성파괴 의 고찰”, 대한기계학회 춘계학술대회, 86, 69-71, 1986
3. 오동준, “순수 모드 II 하중 하에서 SPS 시험편의 연성파괴 특성에 관한 연구”, 01, 대한기계학회논문집 A권, 제 25권 제 2호, 289- 295, 2001
4. 박종덕, 김성완, “고주파열처리의 기술현황과 전망”, 열처리 공학회지, 03, 제16권 4호, 224-231, 2003



(a) SPS5 Base



(b) SPS5 $H_{rc}=39\pm 3$

시험편 번호	SPS5 시료 경도(H_{rc})			
	≤ 20	39 ± 3	42 ± 3	55 ± 3
1	4.2	29.2	7.2	2.4
2	7.2	28.0	8.2	2.8
3	2.9	27.3	6.0	2.5
4	5.0	27.4	3.9	2.4
5	2.9	28.5	9.0	2.8
6	4.3	28.2	7.4	2.8
7	5.3	27.3	8.5	2.3
8	6.8	27.6	5.1	2.3
9	2.7	27.9	4.2	2.5
10	5.3	25.4	4.9	1.7
흡수 에너지(J)	4.66 ± 0.50	27.68 ± 0.32	6.44 ± 0.59	2.45 ± 0.10

Table 4 SPS5 소재의 경도별 충격시험결과

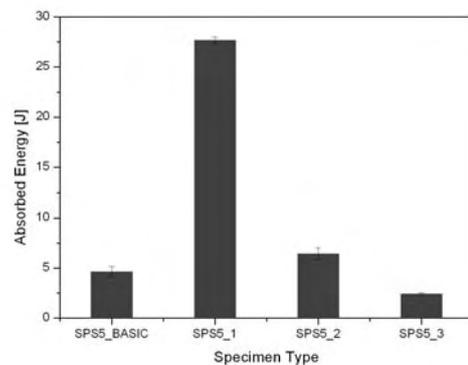


Fig. 2 시편 경도에 따른 충격흡수에너지