

# Dynamic Tear Test 기법 정립

(Establishment of Dynamic Tear Testing Method)

현대중공업(주) 산업기술연구소 \* 황 주 환  
김 희 진

## 1. 서 론

DT test는 1964년에 drop weight tear test(DWTT)를 고정하여 온도에 따른 재료의 연성·취성변화를 쉽게 측정할 수 있도록 한 시험방법이다.

재료에 대해 이와 같은 시험이 필요했던 이유는 2차 세계대전동안에 미국에서 제작된 Liverty ship에서 많은 파손 사례가 보고되고, 그러한 파손을 재료측면에서 고찰해 본 결과 취성파괴 (brittle fracture)에 대해 재료가 매우 취약하였다는 사실이 밝혀졌기 때문이다.

이로부터 재료의 취성(brittleness)에 대한 연구가 광범위하게 진행되었는데 그 결과 재료의 취성에 기여하는 인자로서 다음과 같은 세가지가 밝혀지게 되었다.

- (1) a triaxial state of stress
- (2) a low temperature
- (3) a high strain rate or rapid rate of loading

여기서 삼축응력상태(triaxial state of stress)라고 하는 조건은, 재료에 notch가 존재하는 상태에서 응력이 작용하게 되면 notch tip에서는 3축 응력상태가 발생하게 되므로, 재료에 notch나 crack이 있는 조건이다.

따라서 구조용 재료는 특히 용접구조물에 사용되는 재료는 취성파괴에 대한 민감성을 필히 평가할 필요성이 있게 되었고, 이를 위하여 가장 손쉽게 수행할 수 있었던 시험이 바로 Charpy impact test였다. 그러나 Charpy 충격시험의 결과는 재료의 연성-취성 거동 특성을 이해하거나 재료의 성질을 상대 비교하기에는 매우 유용하지만 과거 사용 경험이 없는 한, 그것도 많은 경험이 없는 한, 재료 선택 기준이 없기 때문에 설계에 바로 응용되지 못하는 것이다. 결국 Charpy impact

test는 절대성을 가진 재료 평가 방법으로는 적당치 못하다는 결론이며, 그렇기 때문에 재료에 대한 설계 기준을 재료의 성질로 수치화 할 수 있는 실험실식 시험방법이 필요하게 되었다.

그래서 Pellini 등에 의해 최초로 고안된 방법이 Explosion-crack-starter test 이며 이후 drop-weight test 및 dynamic tear test 등이다.

Explosion-crack starter test 및 drop-weight test는 온도에 따른 균열전파 현상을 보고 특정현상이 나타나는 온도를 규명하여 이를 재료 선택 기준으로 이용할 수 있도록 하여 주는 시험방법들이다. 그런데 explosion-crack starter test는 폭약을 사용하는 시험으로 위험성이 따르고 drop-weight test는 NDT만을 측정할 수 있어서, 위와 같은 관계식이 정립된 mild steel을 제외하고는, FTE 및 FTP를 규명할 수 없다는 단점이 있다.

이에 대하여 DT 시험의 시편을 크기와 Charpy 시편보다 크고 notch가 예리하기 때문에 훨씬 현실성 있는 연성-취성현상을 보여주고 test 결과가 흡수 energy 값으로 나타나기 때문에 흡수 energy 및 파괴양상으로부터 NDT, FTE 및 FTP를 매우 근사하게 규명할 수 있어서, DT test는 온도에 따른 재료의 파괴거동을 모두 파악할 수 있는 시험이라 할 수 있다.

이상에서 설명한 바와 같이 DT test가 개발된 배경은 재료의 ductile-brittle 현상을 보다 현실성있게 규명하여 설계에 적용하고자 하여 출발하였는데 DT test 결과가 Charpy 충격시험에서와 같이 흡수 energy로 표현되기 때문에 재료의 인성치를 규정하는 방법으로도 사용되었다.

여기서 DT test가 사용되는 분야를 열거하여 보면

- (i) 재료 개발 과정에서 신재료의 dynamic tear resistance를 측정코자 할때
- (ii) 재료 선택을 위하여 재료를 절대적으로 평가하고자 할때
- (iii) 재료의 인성치 규정으로써 DT energy가 규정화되어 있을때 등이다.

## 2. Test procedure

- (i) 가공된 시편의 형상을 측정한다. 특히 notch부를 profile project로 세심히 check하여 check sheet 양식에 의거 모두 기입한다.

- (ii) Al-block(Fig.1)의 길이를 측정하여 길이가 같은 것끼리 1쌍씩 구분하여 둔다.
- (iii) Hammer(Fig.2)의 높이를 설정하여 limit switch를 setting 시킨다. 이때 hammer의 높이는 위치 energy로 환산되는데 예를들어 hammer의 높이가 4.8 m 이고 무게가 49.63kg이면 위치 energy는 2335 joule이 된다. 그런데 초기 위치 energy는 예상 흡수 에너지의 80%가 넘게 선정되어야 한다.
- (iv) 저온 시험의 경우에는 준비된 cooling chamber에 ethyl alcohol을 넣고 액화질소의 밸브를 열어 원하는 온도까지 내린다. 시험온도가 -80 °C 이하일 때는 냉각매질로써 isopentane을 사용한다. 냉각 매질의 온도가 요구하는 시험온도에 도달하면 시편을 넣고 15분이상 holding 시킨다.
- (v) 준비된 한쌍의 Al-block을 양쪽의 arrestor 위에 올려 놓는다.
- (vi) tongs을 사용하여 시편을 꺼집어 냅과 동시에 center gauge를 잡고 시편을 anvil support(Fig.3)의 중앙에 올려 놓는다.
- (vii) Center gauge를 제거하고 hammer를 자유낙하시켜 시편을 파단시킨다. Hammer는 시편을 파단시키고 남은 잔류에너지로 Al-block을 때려서 block의 길이가 감소된다.
- (viii) Al-block의 길이 감소량을 측정한다.

### 3. Calculation of DT Energy

먼저 Al-block의 길이 감소량과 Calibration curve(Fig.4)로 부터 잔류에너지의 값을 구한다.

$$DT \text{ energy} = \text{위치에너지 (J)} - \text{잔류에너지 (J)}$$

ex. 위치에너지가 2335J이고 Al-block이 감소된 길이가 7.25mm이었다면

$$2335 \text{ J} - 555 \text{ J} = 1780 \text{ J}$$

따라서 시편의 DT energy는 1780 J이 된다.

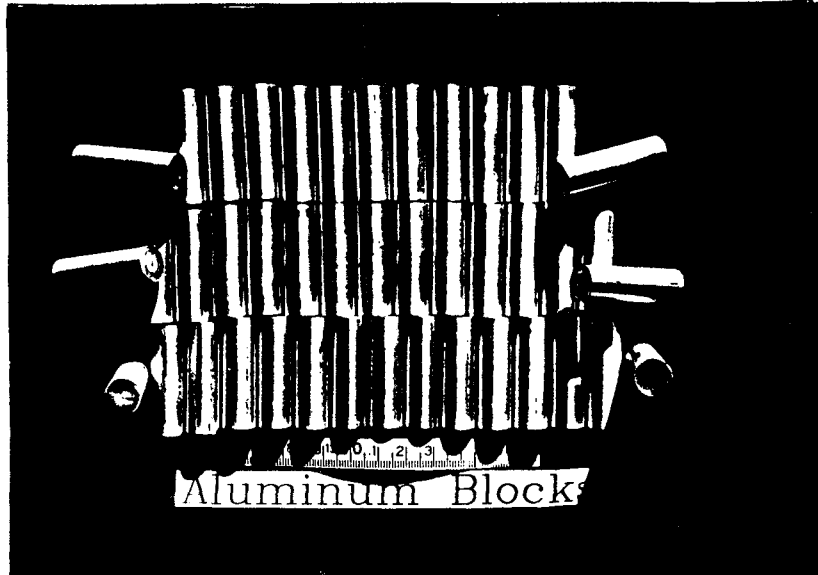


FIG. 1

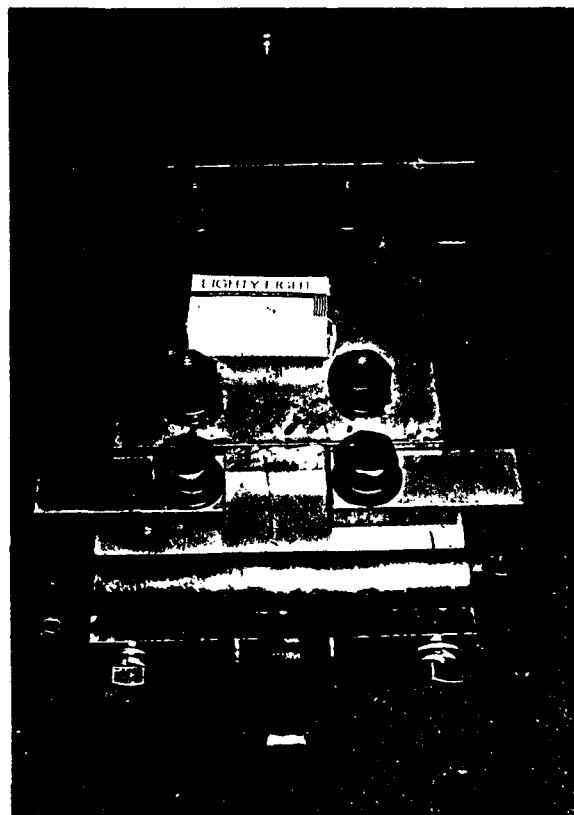


FIG. 2

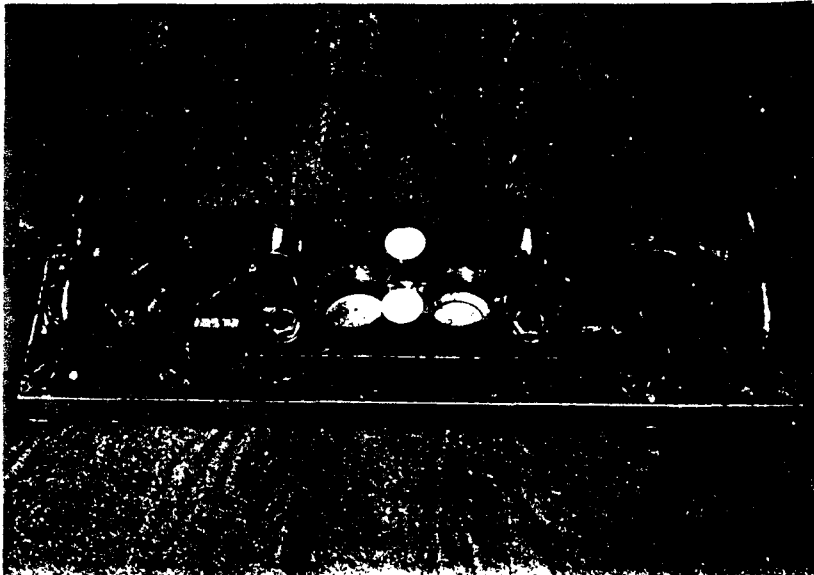


FIG. 3

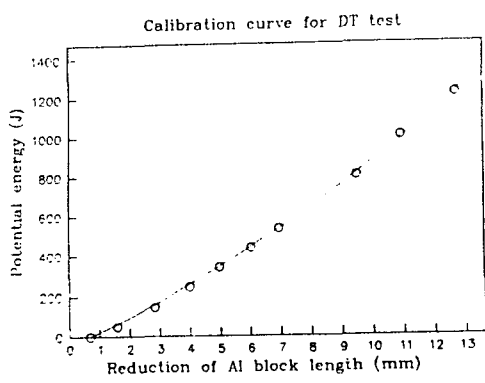


FIG. 4