논 문

비 파 괴 검 사 학 회 지
Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing
Vol. 18, No. 3 (1998)

X선 프렉토그래피기법을 이용한 금속복합재료의 피로손상 해석에 관한 연구

박영철*, 윤두표**, 박동성**, 김득진**, 김광영***
* 동아대학교 기계공학과
** 동아대학교 대학원 기계공학과
*** 한국기계연구원 산업기계연구팀

요 약 본 연구에서는 비파괴방법중 대단히 효과적인 방법이라 할 수 있는 X선 프렉토그래피 방법을 이용하여 파괴역학적 파라메타인 ΔK, K_{max}의 정량적인 평가의 가능성에 대하여 검토하였다. 이를 위하여 A12009-15v/o SiC_w 복합재료와 SS41불림재를 이용하여 피로균열진전시험을 실시하고 그 결과로부터 파면상의 X선 프렉토그래피 파라메타와 파면형성시의 파괴역학적 파라메타를 비교·검토하여 X선 프렉토그래피에 의한 ΔK와 K_{max}의 평가 방법에 대하여 연구하였다. 또한, 정적하중부하에 의한 소성변형률의 비파괴적 평가법에 대하여도 검토하였다. 이를 위하여 인장시험으로 소성변형을 부하한 후, X선 프렉토그래피 파라메타를 이용하여 부하된 소성변형량의 비파괴평가법에 대하여 검토하였다. 그 결과 피로파괴시의 부하된 K_{max}와 피로손상 정도를 X선 프렉토그래피에 의하여 정량적으로 평가할 수 있는 방법을 제시하였다.

1. 서 론

SiC 휘스커(whisker) 강화 Al합금기지 복합재료(SiCw/Al)는 기존의 Al합금에 비하여 우수한 기계적 성질을 가지고 있기 때문에 항공기와 같은 수송기계산업분야 등에서 다양한 응용이 기대되는 재료이다[1,2]. SiCw/Al복합재료에 사용되는 Al합금중에서 A12009 합금은 복합재료의 제조과정 중에 보강재와 기지합금 사이의 열팽창계수의 차이로 인해 생성되는 높은 밀도의 전위들이 석출물의 핵생성장소로 작용하기 때문에 SiCw/Al 복합재료의 기지합금으로 적합하다[3]. 그러나 A12009 복합재료에 대한 연구는 일부 기초적인 연구[4,5]를 제외하고는 상당히 미흡하고, 동적조건에서의 파괴거동을 포함한 동적파괴기구에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 비파괴적인 방법중 대단히 효과적인 방법이라 할 수 있는 X선 회절 프렉토그래피법을 이용하여 X선 회절에서 얻을 수 있는 파라메타인 잔류응력(σ_r), 반가폭(B)을 이용하여 파괴역학적 파라메타인 ΔK, K_{max}의 정량적인 평가의 가능성에 대하여 검토해 보고자 한다. 이를 위하여 본 재료에 대하여 피로균열진전시험을 실시하고 그 결과로부터 파면상의 X선 파라메타와 파면형성시의 파괴역학적 파라메타를 비교·검토하였다. 또한, 정적하중부하에 의한 소성변형률의 비파괴적 평가에 대하여도 검토하기 위하여 기본적 재료의 평가방법인 인장시험을 행한 후, 여기에서 얻어지는 소성변형률(ε_p)와 X선 파라미터의 관계를 검토하여 X선 프렉토그

(접수 : 1997. 12. 16)

래피법으로 파손해석이 가능한가를 고찰하였다.

이러한 X선 프렉토그래피 특성을 이용하여 재료의 파손사고의 원인을 정확히 추정할 수 있다면, 구조물의 설계, 제작 및 대형사고의 재발방지에 있어서 매우 유용하게 응용될 것으로 기대된다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

2.1. 재료 및 소성변형시험

본 연구에서는 Al2009-15v/o SiC_w복합재료와 SS41 불림재를 사용하였다. Al2009-15v/o SiC_w복합재료는 Al2009합금 분말에 SiC_w를 보강재로 첨가하여 고온압축성형, 압출 등의 분말야금법으로 제조하였다. 또한, SS41강은 일반구조용 탄소강으로 널리 쓰이고 있는 두께 16mm의 열간압연판재로서 불림(normalizing)열처리를 하여 잔류응력을 제거하였다. 정적하중부하에 의한 소성변형률의 비파괴적 평가법에 대하여 검토하기 위하여 Al2009-15v/o SiC_w 복합재료는 0.3, 0.5, 1, 1.5, 2%의 예비변형을 부가하였으며, SS41불림재의 경우는 0.63, 2.25, 7.50, 13.7, 20%의 예비변형을 부가하였다.

Al2009-15v/o SiC_w 복합재료와 SS41불림재의 화학적 조성과 기계적 성질은 각각 Table 1과 Table 2에 나타내었으며, 소성변형시험에 사용한 인장시험편의 형상 및 치수를 Fig. 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical compositions of the A12009-15v/o SiC_w composite and normalized SS41 steel (wt. %)

	Cu	Mg	Mn	P	Fe	S	Si	C	Al
2009Al-15v/o SiCw	3.28	1.21	0.014	-	0.012	-	11.02	4.57	79.894
Normalized SS41 steel	-	-	0.84	0.01	98.847	0.009	0.096	0.198	-

Table 2. Room temperature tensile properties of the A12009-15v/o SiC_w composite and normalized SS41 steel

	Yield strength σ_{ys}(MPa)	Tensile strength σ_{ts}(MPa)	Elongation ε (%)	Young's modulus E(GPa)
2009Al-15v/o SiCw	355	634	3.9	95
Normalized SS41 steel	262.74	434.73	31.81	224.75

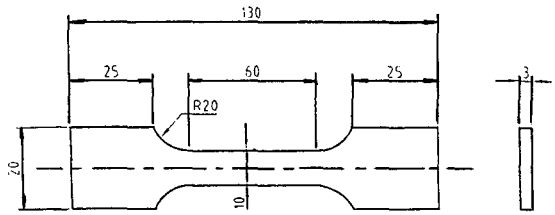

Fig. 1. Geometry and dimensions of the specimen used for tensile strength (unit : mm)

2.2. 피로균열진전시험

Al2009-15v/o SiC_w 복합재료와 SS41불림재의 피로균열진전실험에 사용한 시험기는 전기유압서어보식 피로시험기(SHIMADZU)이며 일정진폭 하중제어 방식으로 반복하중을 가하였으며, 주파수 10Hz, 정현파, 응력비는 각각 R=0.1 및 0.5로 실온대기조건하에서 실험을 수행하였다. Fig. 2는 실험에 사용된 CT시험편의 형상 및 치수를 나타내고 있다. 시험편의 형상 및 치수는 ASTM E647-88[6]의 규정에 근거하여 제작하였다. 균열길이는 배율 50배인 이동식 망원현미경을 이용하여 균열길이가 매 0.2mm씩 진전할 때마다 측정하였다. 또한 피로균열 진전속도 da/dN과 응력확대계수범위 ΔK의 관계는 7점증분방법(seven point incremental polynominal method)를 사용하여 처리하였다.

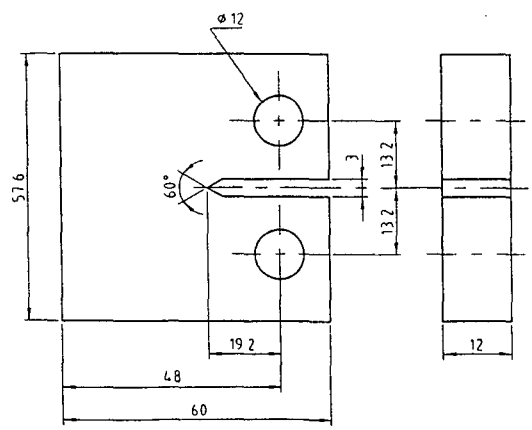

Fig. 2. Geometry and dimensions of C.T. specimen (t=12mm)

2.3. X선 회절 실험

인장시험편에 예변형을 가한 후 시험편 가공시 발생한 기계가공 잔류응력을 제거하기 위하여 전해연마로 가공변질층을 제거하였다. 또한 X선회절조건의 결정에 있어서 A12009-15v/o SiC_w의 경우는 주성분원소가 Al인 면심입방구조(FCC)로서 모두 기수이거나 우수인 면만이 회절에 관여하므로 (222)면의 회절을 이용하였고, SS41불림재의 경우는 체심입방구조(BCC)로서 $h+k+l$의 합이 짝수인 면에서만 회절하므로 (211)면의 회절을 이용하였다. Fig. 3은 A12009-15v/o SiC_w에 X선 회절장치인 고니오메타(goniometer)를 $2\theta-\theta$ 연동시스템으로 153°~160°까지 연동시켰을 때의 회절프로파일의 형태를 보여주고 있다. 복합재료와 불림재의 경우 각각 156.7°와 156°에서 회절피크를 관찰하였다. 따라서 X선 응력정수 K는 다음과 같이 결정하였다.

$$K = -\left(\frac{E}{2(1+\nu)}\right)\left(\frac{\pi}{180}\cdot\cot\theta_0\right)$$

여기서, E는 종탄성계수이고, ν는 포와송비이며, θ_0는 회절각이다.

A12009-15v/o SiC_w 복합재료의 경우 실험적인 회절각이 2θ=156.70°였으므로 K값은 다음과 같다.

$$K = -\left(\frac{7030}{2(1+0.345)}\right)\left(\frac{\pi}{180}\cdot\cot(78.35)\right)$$
$$= -9.4043(\mathrm{kgf/mm^2/deg})$$

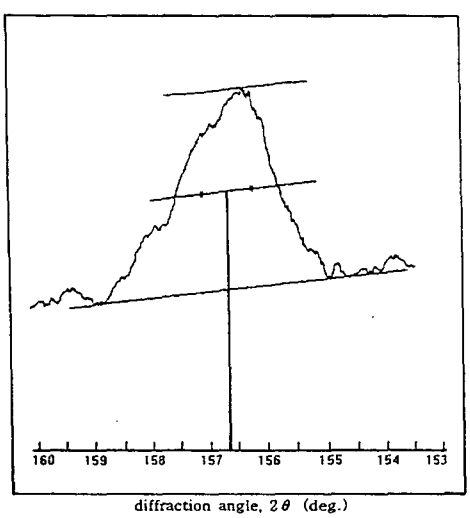

Fig. 3. X-ray diffraction profile for A12009-15v/o SiC_w

SS41불림재의 경우 실험적인 회절각이 2θ=156°이므로 K값을 구하면 다음과 같다.

$$K = -\left(\frac{22933.67347}{2(1+0.268)}\right)\left(\frac{\pi}{180}\cdot\cot(78)\right)$$
$$= -33.53(\mathrm{kgf/mm^2/deg})$$

따라서, A12009-15v/o SiC_w 복합재료의 응력정수 K는 -9.40kgf/mm^2/deg로 하였고, SS41불림재의 응력정수 K는 -33.53kgf/mm^2/deg로 하였다.

Fig. 4는 피로파단면에 대한 X선 프렉토그래피 관찰의 모식도를 나타내고 있다. X선 조사면적을 1mm×7mm의 직사각형으로 하였으며, 파면상의 X선 파라메타의 측정은 두께방향의 중앙부에 X선을 조사하여 균열길이 방향 1mm단위로 파면상의 잔류응력과 반가폭을 측정하여 파괴기구의 해석가능성을 검토하였다.

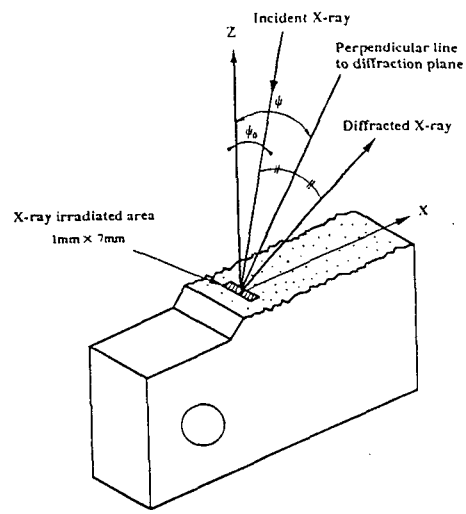

Fig. 4. Schematic illustration of X-ray irradiated area on fatigue fractured surface of A12009-15v/o SiC_w and normalized SS41 steel

3. 결과 및 고찰

3.1. 소성변형률 증가에 따른 X선 파라메타의 변화 거동

Fig. 5와 Fig. 6은 소성영역에서 하중을 가한 후 하중이 제거된 시험편에 대하여 X선 회절시험을 한 후 B와 부가된 ε_p와의 관계를 나타낸다. Fig. 5와 Fig. 6에서 B와 ε_p 사이의 관계는 선형적인 관계를 보여주고

있다. 이는 일반적으로 반가폭은 소성변형에 의하여 재료 중에 도입된 미시적 변형률이나 결정미립자의 크기에 관계하며, 소성변형률의 양에 대응함으로[7] Fig.에서 나타난 바와 같이 반가폭은 소성변형에 대응하는 좋은 인자가 된다. 따라서 본 실험에 있어서 소성영역에서의 B와 Log ε_p와의 관계는 편대수 상에서 직선으로 나타나며, 다음의 식(式)으로 표시할 수 있다.

A12009-15v/o SiC_w 복합재료 :

$$B=0.31542Log\varepsilon_p+2.3271$$

SS41불림재 : $B=0.28905Log\varepsilon_p+2.1570$

위 식은 재료가 인장하중에 의하여 소성변형되었을 때, X선 응력장치를 이용하여 반가폭을 측정할 수 있다면, 재료에 잔류된 소성변형률을 비파괴적으로 예측할 수 있음을 시사한다.

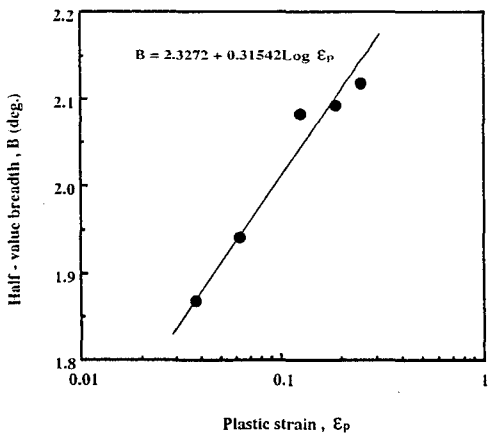

Fig. 5. Relation between half-value breadth and plastic strain of A12009-15v/o SiC_w composite

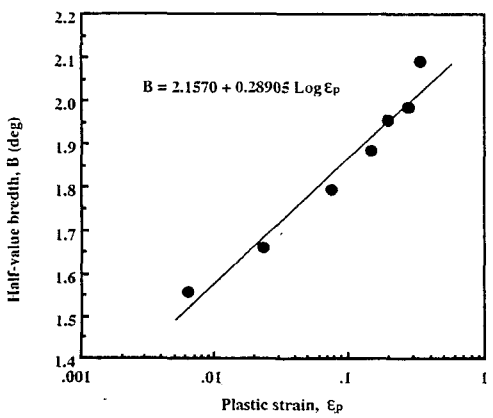

Fig. 6. Relation between half-value breadth and plastic strain of normalized SS41 steel

3.2. 피로 균열 진전 거동

A12009-15v/o SiC_w 복합재료의 피로균열진전속도 da/dN과 응력확대계수범위 ΔK와의 관계를 응력비 R=0.1과 0.5의 경우에 대하여 실험한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. Fig.에 나타낸 실험값들은 모두 ASTM의 소규모 항복조건을 만족하고 있다[7]. ΔK가 증가함에 따라 응력비 R=0.1 및 R=0.5에서 균열진전속도 da/dN은 선형적으로 증가하고 있으며, 응력비가 높을 때가 낮을 때보다 다소 빠르게 균열이 진전되었지만 그 차이는 무시할 정도로 작았다. 또한, 두 응력비 R=0.1과 R=0.5에서의 ΔK-da/dN의 기울기가 매우 급하게 나타났으며, ΔK의 범위가 대단히 짧음을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 A12009-15v/o SiC_w 복합재료의 경우, 강화재인 SiC_w의 끝부분이나 측면 그리고 휘스커 자체의 파괴 등 공동의 생성 위치가 다양하여 미소공동의 합체가 용이하게 되며, 동적조건에서는 점진적인 파괴과정을 거칠 수 있는 충분한 시간적 여유가 없기 때문에 모든 형태의 파괴과정이 수십 μsec 정도의 짧은 시간내에 일어난다는 李 등[8]의 보고와도 잘 일치한다.

Fig. 8은 SS41불림재의 피로균열진전속도 da/dN과 응력확대계수 ΔK와의 관계를 응력비 R=0.1과 0.5의 경우에 대해서 나타내고 있다. 이 결과로부터, ΔK의 증가에 따라 균열진전속도는 직선적으로 증가하고 있으며, 응력비가 높은 R=0.5가 R=0.1보다 균열진전속도가 빠름을 보인다. 또한 ΔK가 증가함에 따라 응력비의 영향이 감소함을 보인다. 이는 응력비 R=0.1과 0.5의 평균응력값의 차이에 기인하는 것으로 ΔK의 증가에 따라 응력비 R=0.5의 균열진전속도가 R=0.1보다 상대적으로 빠르기 때문이라 생각된다.

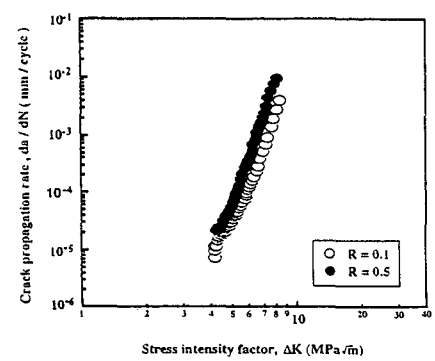

Fig. 7. Relation between stress intensity factor and crack propagation rate of A12009-15v/o SiC_w

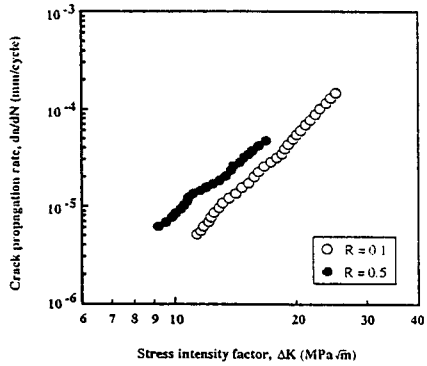

Fig. 8. Relation between stress intensity factor and crack propagation rate of SS41 steel

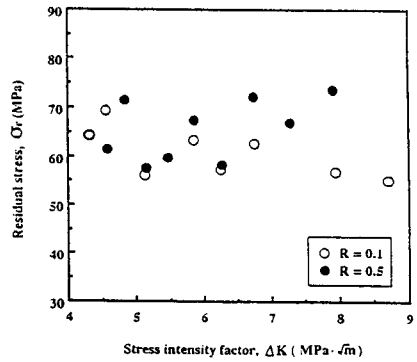

Fig. 9. Relation between residual stress and stress intensity factor range of A12009-15v/o SiC_w

3.3. 파면상의 X선 파라메타의 변화거동

Fig. 9와 Fig. 10은 일정진폭 하중제어 피로시험후, 피로파단면에서 균열진전방향의 잔류응력을 X선 프렉토그래피법에 의하여 측정하여 응력확대계수범위(ΔK)로 정리한 결과를 나타내고 있다. 본 재료의 경우 파면상의 잔류응력은 모두 인장잔류응력이다.

Fig. 9에서 알 수 있듯이, A12009-15v/o SiC_w 복합재료의 경우는 응력비의 영향은 없으며, 파면상의 잔류응력(σ_r)은 응력비에 관계없이 ΔK의 증가에도 불구하고 일정한 값을 보이고 있어 ΔK의 증가에 따라 잔류응력의 변화를 관찰할 수가 없다. 이와같은 결과는 균열의 급속한 진전에 의해 ΔK가 증가하여도 파단면상의 잔류응력은 변화하지 않기 때문이다. 따라서 본 재료의 경우, X선 프렉토그래피 파라메타인 σ_r을 이용하여 ΔK를 평가하는 것은 불가능하였다.

Fig. 10은 SS41불림재의 σ_r과 ΔK와의 관계를 정리한 결과로 응력비 R=0.5의 잔류응력이 R=0.1의 잔류응력보다 전체적으로 높게 나타났으며 ΔK의 증가에 따른 σ_r의 변화를 관찰할 수 없다. 이는 SS41강을 A_3변태점이상(1000℃)에서 불림처리를 하였기에 내부에 존재하는 잔류응력이 제거됨에 따라, 재료내부의 파단면상의 σ_r의 변화가 미소하여 X선 회절시험기의 오차범위를 벗어나지 못하기 때문이라 생각된다. 따라서 SS41불림재에 있어서 σ_r을 이용하여 ΔK를 추정하는 것이 불가능함을 알았다.

Fig. 11은 A12009-15v/o SiC_w 복합재료에 대한 일정진폭 하중제어 피로실험에서 얻어진 파면상의 σ_r과

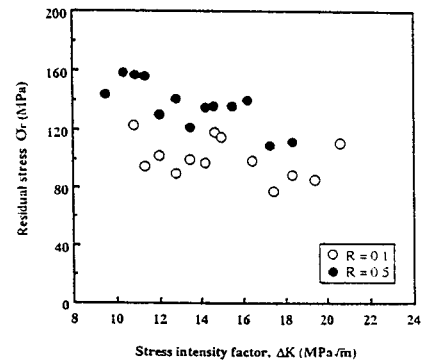

Fig. 10. Relation between residual stress and maximum stress intensity factor of normalized SS41 steel

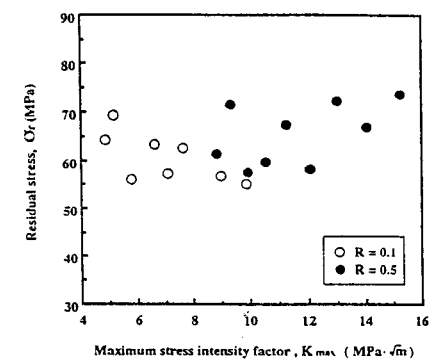

Fig. 11. Relation between residual stress and maximum stress intensity factor range of A12009-15v/o SiC_w

최대응력확대계수(K_{max})의 관계를 나타낸다. 이 결과로부터, 응력비 R=0.1과 R=0.5는 각각 그룹을 형성하고 있으며, 응력비가 큰 R=0.5의 경우가 응력비가 작은 R=0.1에서 보다 K_{max} 값이 크게 나타난다. 응력비의 영향은 나타나지 않았으나, K_{max}가 증가함에 따라 σ_r은 전체적으로 일정한 값을 나타내고 있다. 또한, Fig. 에서 실험값이 산포하는 것은 본 실험에서 X선 회절에 사용한 슬리트(slit)의 조사면적이 1mm×7mm로 넓기 때문에, 조사면적 내의 SiC_w의 밀도가 균일하지 못한 경우 회절에 관여하는 Al입자의 수가 달라지기 때문이라 생각된다. 또한, 본 실험에 사용된 X선 응력측정장치의 변동오차 범위가 ±10MPa 정도인 것도 또 하나의 원인이라 생각된다. 따라서, A12009-15v/o SiC_w 복합재료에 있어서 σ_r을 이용하여 K_{max}를 정량적으로 평가하는 것은 불가능함을 알았다.

Fig. 12는 SS41불림재의 σ_r과 K_{max}와의 관계를 나타낸다. Fig.에서 알 수 있듯이, 응력비에 의존하여 각각의 그룹을 형성하여 분포하고 있으며, R=0.1에서는 K_{max}의 증가에 따른 잔류응력의 변화는 없었으며, R=0.5에서는 K_{max}가 증가함에 따라 잔류응력이 전체적으로 완만한 감소를 보이고 있다. 따라서 SS41불림재는 잔류응력을 이용하여 K_{max}를 정량적으로 평가하는 것은 불가능하다.

Fig. 13은 A12009-15v/o SiC_w 복합재료에 대하여 B와 ΔK과의 관계를 나타낸다. Fig.에서 알 수 있듯이, ΔK가 증가함에 따라 B도 증가하고 있으며, 응력비 R=0.1과 R=0.5에서의 반가폭을 비교하여 보면, 응력비가 높은 R=0.5에서 높게 나타난다. 이는 미소하나마 반가폭에 대한 응력비의 의존성이 있음을 의미한다. 이러한 경향은 關田[9] 등이 보고한 SNCM439재와 동일한 경향을 보여주고 있다. 따라서 ΔK를 평가하기 위해서는 응력비를 고려하여야만 한다. 그러나 응력비의 의존성을 보이고 있기 때문에 B를 이용하여 ΔK를 일반화된 하나의 수식으로는 근사시킬 수 없다. 이는 ΔK에 대응하는 소성역 깊이가 아주 작아 파면거칠기에 근접하기 때문이라 생각된다.

Fig. 14는 SS41불림재의 일정진폭하중제어 피로시험에 의한 파면에 대해서 측정한 B와 ΔK와의 관계를 보이고 있다. Fig.에서 알 수 있듯이, ΔK가 증가함에 따라 B는 응력비 의존성을 보이며, 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 응력비가 높은 편이 반가폭이 크게 나타난다. 따라서 B와 ΔK와의 관계는 응력비의 영향을 고려해야만 평가할 수 있다.

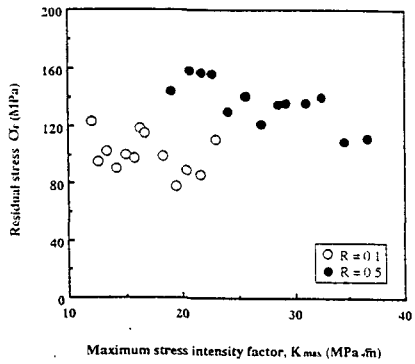

Fig. 12. Relation between residual stress and maximum stress intensity factor range of normalized SS41 steel

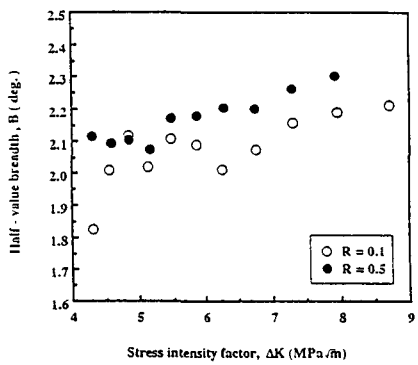

Fig. 13. Relation between half-value breadth and stress intensity factor range of A12009-15v/o SiC_w

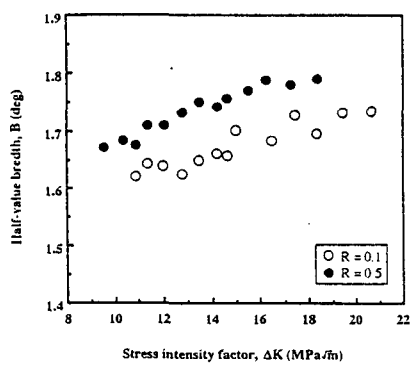

Fig. 14. Relation between half-value breadth and stress intensity factor range of normalized SS41 steel

Fig. 15와 Fig. 16은 각각 A12009-15v/o SiC_w 복합재료와 SS41불림재의 B와 K_{max}와의 관계를 나타내고 있다. 응력비의 영향은 관찰할 수 없으며, 응력비 R=0.1과 R=0.5가 하나의 밴드를 이루고 있다. 또한 일정한 K_{max}에서는 실험상의 오차를 고려할 때, 응력비 R=0.1과 R=0.5에서의 B가 서로 일치함을 보이고 있는데, 이는 파면상의 반가폭이 응력비에 의존하지 않고 K_{max}에 의존해서 증대한다는 것을 나타낸다. 이는 小倉[10] 등의 SM50A강에 대한 실험결과와 잘 일치함을 알 수 있다.

秋田[11] 등에 의하면, B는 K_{max}의 증가함에 따라서 감소하거나, 일정후 감소 등의 여러가지 분포로 나타난다고 보고되어 있으나, 본 실험에서는 K_{max}의 증가에 따라 B가 증가함을 보이고 있다. 이것은 반가폭이 재료에 따라 특징적 형태를 가지기 때문이며, 재료의 가공경화 및 가공연화와 밀접한 관계를 가지고 있기 때문이다.

Fig. 15와 Fig. 16에서 알 수 있듯이, 두 재료 모두 응력비의 의존성이 없기 때문에 전 K_{max}구간을 하나의 곡선으로 근사시킬 수 있다. 즉, K_{max}이 증가함에 따라, 응력비에 관계없이 B는 선형적으로 증가하므로, B로써 K_{max}를 정량적으로 평가할 수 있음을 알았다.

본 재료에 있어서의 파면상의 반가폭(B)와 최대응력확대계수(K_{max})와의 관계를 하나의 곡선으로 근사시켜 나타내면 다음 식으로 표현된다.

A12009-15v/o SiC_w 복합재료 :

$$B = 0.49343 Log K_{max} + 1.6686$$

SS41불림재 : $B = 0.35127 Log K_{max} + 1.2405$

위 식은 본 연구에서 검토한 재료가 구조물에 사용될 때, 미리 B와 K_{max}와의 관계식을 구한 뒤, 임의의 위치에 X선을 조사하여 B를 구하면, 구조물로 사용중이거나 또는 파괴된 재료에 대하여 비파괴적으로 K_{max}를 추정할 수 있음을 나타낸다.

4. 결 론

본 연구에서는 A12009-15v/o SiC_w 복합재료와 SS41불림재에 대하여 소성변형시험과 균열진전시험을 실시하여, 재료의 소성변형량과 X선 파라메타(잔류응력, 반가폭)와의 관계, 그리고 파괴역학적인 파라메타인 ΔK, K_{max}와 X선 프렉토그래피 파라메타인 잔류응력과 반가폭과의 관계를 조사하였으며, 실험결과는 다음과 같다.

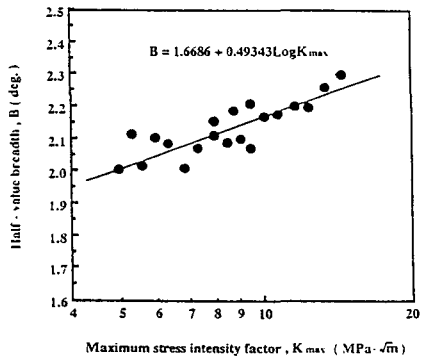

Fig. 15. Relation between half-value breadth and maximum stress intensity factor of A12009-15v/o SiC_w

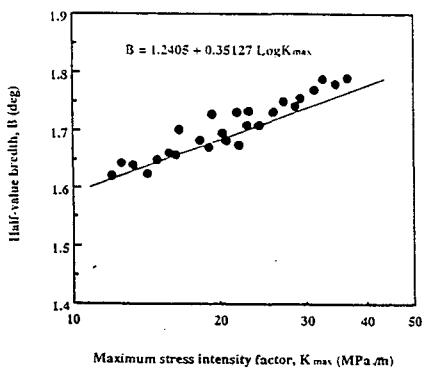

Fig. 16. Relation between half-value breadth and maximum stress intensity factor of normalized SS41 steel

1) 본 연구 재료에 있어서 소성영역에서의 반가폭 B와 Log ε_p와의 관계는 다음과 같이 편대수 상에서 직선으로 나타낼 수 있고, 반가폭 B를 이용하면 소성변형률 ε_p를 정량적으로 평가할 수 있음을 알았다.

A12009-15v/o SiC_w 복합재료 :

$$B = 0.31542 Log \varepsilon_p + 2.3271$$

SS41불림재 : $B = 0.28905 Log \varepsilon_p + 2.1570$

2) 일정진폭 하에서의 피로균열진전실험 결과, A12009-15v/o SiC_w 복합재료 및 SS41불림재는

응력비가 높은 경우가 낮은 경우보다 균열진전속도가 빠르게 나타났다. 그리고 본 연구에서는 X선 프렉토그래피 파라메타인 잔류응력을 이용하여 부하된 ΔK와 K_{max}의 평가는 불가능하였다.

3) A12009-15v/o SiC_w 복합재료 및 SS41불림재의 파면상의 반가폭 B와 응력확대계수 범위 ΔK와의 관계에서는 응력비의 의존성이 나타났으며, 전 ΔK구간에서 응력비를 고려할 때, X선 프렉토그래피 파라메타인 반가폭 B로써 부하된 ΔK를 평가할 수 있었다.

4) A12009-15v/o SiC_w 복합재료 및 SS41불림재의 파면상의 반가폭 B는 최대응력확대계수 K_{max}와의 관계에서 응력비의 의존성은 나타나지 않았으며, 전 K_{max}구간을 응력비에 관계없이 다음 식과 같이 하나의 곡선으로 근사시킬 수 있었다. 따라서 X선 프렉토그래피 파라메타인 반가폭 B를 이용하면 최대응력확대계수 K_{max}를 정량적으로 평가할 수 있음을 알았다.

A12009-15v/o SiC_w 복합재료 :

$$B = 0.49343 Log K_{max} + 1.6686$$

SS41불림재 : $B = 0.35127 Log K_{max} + 1.2405$

후 기

본 연구는 1996년도 교육부 학술연구 조성비(기계공학 : ME96-C-04)에 의하여 수행된 것으로 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1) A. D. Divecha, S. G. Fishman and S. D. Karmarkar, J. Metals, Vol. 33 (1981), 12
2) S. V. Nair, J. K. Tion and R. C. Bates , Intern Metals Rev, Vol. 30 (1985), 275
3) L. F. Mondolfo, Structure and Properties. Butterworth, London (1976), 505
4) 이성학, 김태형, 김영환, 조경목, 대한금속학회지, 제 30권 (1992), 1375
5) 최용규, 김영환, 권동일, 이성학, 대한금속학회지, 제 31권 (1993), 381
6) ASTM Standard E647-88, "Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates" , ASTM(1988), pp. 1-6
7) 田中啓介, 廣瀬辛雄, 材料, 第 37卷 (1988), pp. 1240-1246
8) 이창길, 이성도, 권동일, 대한금속학회지, 제32권 제 8호 (1994)
9) 關田裕次, 兒玉昭太郎 , 三澤啓介, 材料, 第 32卷 (1983), pp. 258-263,
10) 小倉敬二, 三好良夫, 鹿山昌宏, 材料, 第 32卷 (1983), pp. 264-270
11) 秋田貢一, 兒玉昭太郎, 三澤啓志, 戶部消吾, 材料, 第 40卷, 第454號 (1991), pp. 804-810

A Study on the Evaluation Technique of Damage of Metal Matrix Composite Using X-Ray Fractography Method

Young-Chul Park*, Doo-Pyo Yun**, Dong-Sung Park**,
Deug-Jin Kim** and Kwang-Young Kim***
* Dept. of Mechanical Engineering, Dong-A University, Pusan 604-714
** Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, Dong-A Uinv., Pusan 604-714
*** Korea Institute of Machinery & Materials, Changwon 641-010

Abstract It is attempted to verify the Quantitative relationship between fracture mechanical parameters (ΔK, K_{max}) and X-ray parameters (residual stress, half-value breadth) of A12009-15v/o SiC_w composite, and normalized SS41 steel. In this study, fatigue crack propagation test were carried out and X-ray diffraction was applied to fatigue fractured surface in order to investigate the change of residual stress and half-value breadth on fatigue fractured surface. And it is loaded prestrain to each tensile specimen, A12009-15v/o SiC_w composite(0.3, 0.5, 1, 1.5, 2%) and normalized SS41 steel(0.63, 2.25, 7.50, 13.7, 20%), for investigating plastic strain rate using nondestructive measurement method. X-ray diffraction was applied to the prestrained tensile specimens in order to measure the change of residual stress and half-value breadth.

(*Received : December 16, 1997*)