

유도전위차법을 이용한 차륜 표면적하 결함 검출

Detection of Sub-surface crack using Inducing Current Potential Drop

#권석진¹, 서경원², 전현규, 유원희²

#S.J.Kwon(sjwkon@krii.re.kr)¹, J.W.Seo², H.K. Jeon², W.H.You²

¹한국철도기술연구원, ²한국철도기술연구원 차륜궤도연구실

Key words : Railway wheel, Wheel tread, Potential drop, Sub-surface crack

1. 서론

차륜에서 피로균열성장은 구름접촉피로와 제동마찰열에 의해서 차륜의 부분손상이나 반경방향 균열진전을 발생시킨다. 이러한 결함의 발생 및 진전의 결과는 차량 부품의 손상 또는 심지어 탈선을 일으킬 수 있다. 구름접촉피로에 따라 답면의 일부 또는 차륜의 전 원주에 걸쳐 발생하는 표면결함은 높은 응력과 견인력이 차륜답면에 반복 축적되면서 작용하는 하중방향으로 얇은 표면층이 이동하는 것이다. 즉 소성적으로 유동하는 표면층은 변형경화 되고 결국 파손되며 표면균열이 발생한다. 일단 균열이 발생하면 균열은 일련의 하중을 받으면서 진전하며 다른 인접균열과 합쳐되어 표면에서 박리 현상이 발생하게 된다.

본 연구에서는 차륜표면에서 발생하여 표면적하로 진전하는 결함에 대한 검출방법에 대하여 연구하였다.

2. 적용원리

유도형 교류전위차법의 원리는 같이 하나의 도선에 교류전류를 공급하면 도선의 주위에는 전류방향에 직각으로 자계가 생긴다. 이 자계는 전류의 주파수와 동일하게 시간에 따라 변화하여 측정물에 전류를 유도하고 기전력(EMF)을 발생시킨다. 이 전류는 도선의 바로 밑에 다른 영역보다 큰 값으로 집중하여 흐른다.

이 유도전류는 공급전원과 반대방향으로 흐르지만 공급전원과 동일한 포피효과를 갖는다. 집중된 전류는 결함 면을 따라서 흐르며, 결함에 따라 변화하는 전류를 측정단자로 측정하여 결함에 대한 정보를 얻을 수 있다.

3. 시험방법 및 결과

3.1 시험조건과 시험편

Table 1에 시험조건을 요약하였다. 공급전류는 2A로서 일정하게 유지하였으며 최적의 결함정보를 얻기 위하여 주파수와 게인을 변화시켜가면서 결함탐상을 실시하였다. Table 2에 시험편에 가공한 인공결함의 위치와 치수를 나타낸다. d는 시편 표면으로부터 결함까지의 거리, a1과 a2는 결함직경이다. 결함 측정시 차륜결함으로부터 원주방향으로 2.5mm 간격으로 전위차 변화를 측정하였다.

Table 1 Test conditions

Frequency (kHz)	Current (A)	Gain (dB)
0.3, 3, 30	2.0	70, 90

Table 2 Artificial crack sizes

crack position	Internal (mm)		
	d	a1	a2
①	0.3	0.7	1.5
②	0.5	0.7	1.5
③	0.7	0.7	1.5
④	1.0	0.7	1.5

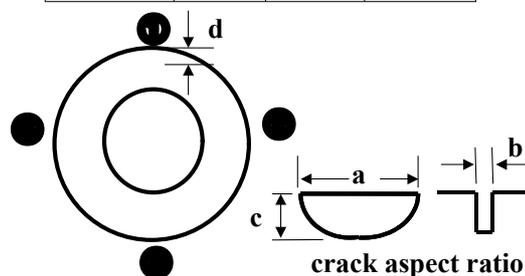


Fig. 1 Artificial crack sizes for test wheel

3.2 시험결과

Fig. 2에서 나타난 바와 같이 결함 1.5mm에 대하여 표면에서 1.0 mm 떨어진 위치까지 내면결함을 검출할 수 있다. 또한, 결함에서 10mm 떨어진 위치에서의 원격 탐상으로 내면결함을 검출할 수 있지만 그 이상의 거리에서는 검출정도가 저하되고 있다.

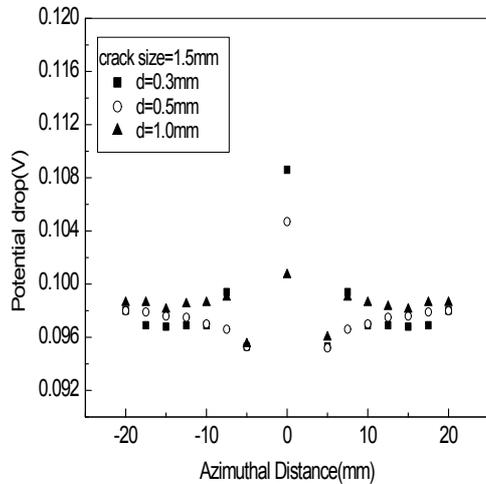


Fig. 2 Potential drops at inner crack 1.5mm

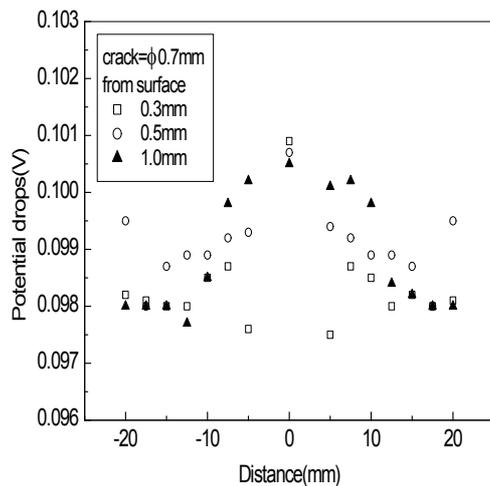


Fig. 3 Potential drops at inner crack 0.7mm

Fig. 3은 표면에서 1.0mm 떨어진 위치에서 내면 결함크기 0.7mm를 집중유도 교류전위차법으로 탐상할 수 있음을 보여주고 있다. Fig. 2와 Fig. 3에서 전위차의 변화에 대한 분포도를 살펴보면, Fig. 2와 같이 결함크기가 보다 큰 쪽에서는 모서리 효과에 의해 전위차의 단차가 발생하지만 Fig. 3에 나타난 바와 같이 결함크기가 작은 쪽에서는 모서리효과가 상쇄되어 전위차의 단차가 제거되는 현상을 볼 수 있다

4. 결론

차륜담면에 발생하는 표면 직하결함을 기존 방법인 UT보다 정도 높게 검출하기 위하여 유도 교류 전위차법을 적용하여 연구를 실시하였으며 기존 UT 탐상에서 검출하기 어려운 내면결함에 대하여 본 연구의 유도 교류전위차법은 차륜 담면표면에서 1.0mm 떨어진 위치에서 결함크기 0.7mm의 내면 결함을 탐상할 수 있었다.

참고문헌

1. A. Ekberg, J.Marais, "Effects of imperfections on fatigue initiation in railway wheel", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F., Vol. 214, (2000), p.46
2. V.Esslinger, R.Kieselbach, R.Koller, B.Weisse, "The railway accident of Eschede - technical background", Engineering Failure Analysis, Vol. 11, (2004), pp.515-535
3. P. Rainer, A.Erhard, H-J. Montag, H.M.Thomas, H.Wusternberg, "NDT technique for railroad wheel and gauge corner inspection", NDT &E international, Vol. 37, (2004), p.89-94
4. S.Kenderian, D.Cerniglia, B.B.Djordjeve, G.Garcia, "Laser-air hybrid ultrasonic technique for dynamic railroad inspection applications", (2004), 16th World Congress NDT
5. Kim Y.G, Ahn.B.Y, Kim Y.J, "Flaw detection of railroad wheel tread using EMAT", Key Engineering Materials, Vol. 270-273, 2004, pp.619-624