한국기계가공학회지, 제8권, 제3호, pp 7～12 (2009. 9)
Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 8 No. 3, pp. 7～12 (2009. 9)

중공 드라이브 샤프트의 설계에 관한 연구

김우강*, 고준빈#, 김홍배*

A study on the Design on the Tubular Drive Shaft

Woo - Kang Kim*, Jun - Bin Ko#, Hong - Bae Kim*

(Received 1 April 2009; received in revised form 28 August 2009; accepted 31 August 2009)

ABSTRACT

This study aims to find the friction welding and induction harden conditions, which are obtained by welding conditions, and the friction welding characteristics and induction harden conditions of tubular shaft were investigated with respect to low load test, high load test. Friction welding and induction harden machine have been widely used in manufacturing reflects of metal. The material of solid and tubular shaft selected that is used for parts of automobile steel. Such as steel are easy to be machined because of their proper material. As a result I obtained the data of friction welding conditions makes good and the condition of friction and get the tubular condition.

The purpose of this study is to find fatigue test condition and induction harden characteristics design for tubular shaft.

Key Words : Tubular Shaft(중공 샤프트), Welding Condition(마찰조건), Friction Welding(마찰용접), Friction Welding Machine(마찰용접장비), Welding Characteristics(용접특성), Induction Harden(고주파 열처리), Induction Harden Machine(고주파열처리 장비)

1. 서 론

21세기 자동차산업들이 급속히 발전할 수 있었던 것은 자동차산업에 대한 많은 연구가 이루어졌다. 그런데 자동차 부 동력전달계에서 넓은 실내 공간 확보, 경량화, 고성능화 및 동력전달의 고 효율화를 얻기 위해서 엔진의 회전력을 구동바퀴에 직접 전달하는 동시에 조향기능을 수행하는 주요한 부품이다[1~3]. 드라이브 샤프트를 자동차에 장착하기 위해서 높은 토오크 전달능력 및 굽힘 1차 고유진동수가 요구된다. 중공드라이브 샤프트는 솔리드 드라이브 샤프트에 비하여 비틀림 강도 및 굽힘 강성이 크므로 고속회전에 적합 할뿐만 아니라 중량경감효과 및 변형방지 등 장점이 있어서 사용하고, 이러한 목적을 달성하기 위해서 고주파열처리에 주로 적용하고 있다. 현재 개발되는 중공드라이브 샤프트는 보편적으로 마찰용접을 통해서 제작하는 방법과 단조를 사용하는 방법이 있으나 본 연구에서는 마찰용접을 이용한 방법을 사용하여 연구를 수행하였다[4~8].

따라서, 중공드라이브 샤프트를 사용하여 내구성

* 충남대학교 대학원 기계공학과
# 교신저자 : 한밭대학교 기계설계공학과
E-mail : kjb@hanbat.ac.kr
* 전남도립대학 조선기계과

시험인 비틀림 파단강도, 내 마모 특성등 공정변수의 향상을 통하여 중공축 드라이브 샤프트의 제품화를 위한 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

2.1 실험장치

본 실험에서는 Fig. 1과 같은 마찰용접기를 사용하였고 마찰용접기의 주축의 회전속도는 2,000rpm으로 주축의 회전 시 제품과의 마찰열을 사용하여 제품을 마찰용접 하는 방식을 적용하였다. Fig. 2는 고주파 열처리 장비이며, 4축 Scan 장비로 전력(Power)은 350kw의 출력을 발생시키는 장비를 사용하였다. 실험에 사용된 각종 실험 장비들의 개략적인 내용을 Table 1에 나타내었다.

Fig. 1 Photograph of friction welding machine

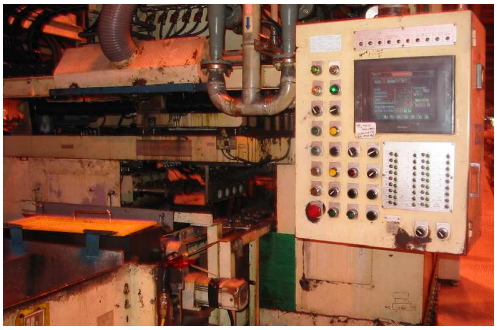

Fig. 2 Photograph of induction harden machine

Table 1 Conditions of experimental equipment

Conditions of experimental equipment	Machine	friction welder , induction harden M/C
	Experimental conditions	Induction harden depth (mm) : 1, 2, 3, 4
		tube thickness (mm) : 1, 2, 3, 4
	Test condition	low load test, high load test
	Workpiece	tubular shaft

2.2 실험재료

Fig. 3은 실험에 사용한 중공 드라이브 샤프트의 도면을 나타낸 것이고, 최 외경은 36mm이고 전장길이는 760mm으로 가공된 것을 나타낸 것이다. 실험에 사용한 중공드라이브 샤프트는 스터브와 튜브를 마찰 용접하여 비드를 제거하여 사용하였다. 그리고 TG(Tripot Gride) Side은 자동차에 미션에 장착되는 부분이고, C/V(Constant Velocity) Side은 자동차 휠에 장착되는 것이다. Fig. 4는 실험에 사용한 중공 드라이브 샤프트의 사진을 나타낸 것이다.

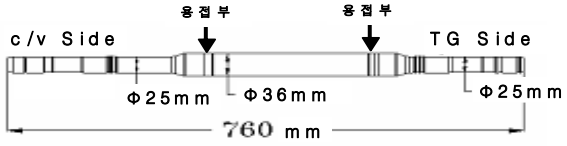

Fig. 3 Dimensions of tubular shaft

Fig. 4 Photograph of tubular shaft

2.3 내구성 실험장치

드라이브 샤프트는 엔진의 회전력을 휠에 전달하는 역할을 하므로 기능상 비틀림을 가장 많이 받는 부품이다. 비틀림을 발생시키는 토오크의 크기에 따라 일정 반복 횟수 이후에 파괴가 발생하는데, 이 반복횟수는 제품의 피로 강도를 평가하는 중요한 기준이 된다. 본 실험을 통해 중공축에 대한 피로강도를 비교 평가하였다.

Fig. 5는 시험에 사용한 비틀림 피로강도 시험장치로서 시험조건은 비틀림 주파수 0.5~2Hz, 토오크 로드(Torsion load)는 1,550~2,600Nm이다.

그리고 실험에서 사용한 낮은 로드(low load) 조건은 토오크 1,550Nm, 주파수 2Hz을 사용했고 높은 로드(high load)는 2,600Nm을 사용하여 비틀림 조건을 사용하였다.

본 실험에서 사용한 피로시험기로서 실제 사용하는 자동차용 구동축과 동일한 시험편의 스플라인을 피로시험기의 양측에 고정된 허브(hub)의 스플라인에 끼워 고정시킨 후 회전 토크를 4Hz의 속도로 정역방향으로 번갈아가면서 반복시험을 했다.

피로 시험기는 비틀림 피로 전용시험기(SUM전자기계, Japan)를 사용했으며, 시험은 소재별, 경화층 깊이별로 네 종류의 토크로 시험하였다. 사이클수는 파단 시까지의 반복회수를 기록하고 10^6회 반복시험까지 파단 되지 않을 경우는 파단 없음으로 표시하고 시험을 중단했다. 실험은 용접부의 파단만을 평가하기 때문에 제품이 파단 되면 실험을 멈추었다.

Fig. 5 Photograph of fatigue testing machine

3. 실험결과 및 고찰

본 연구는 내구성 시험 중에서 경화깊이에 따른 낮은 로드 피로시험(low load fatigue test), 높은 로드피로시험(high load fatigue test)에 각각을 주요 변수로 하였으며, 마찰용접과 시험을 통해서 용접 특성을 고찰함으로서 마찰용접조건을 찾아내기 위한 것이다.

3.1 경화깊이에 따른 내구성고찰

Fig. 6, 7, 8, 9 는 경화깊이에 따른 피로시험을 위해서 경화깊이를 1, 2, 3, 4mm를 사용하여, 낮은 로드(low load) 시험을 경화깊이를 변경하여 경화깊이 변화에 따른 피로사이클 결과를 측정하였다. 모든 조건에서 경화깊이가 증가함에 따라 피로사이클이 양호해지는 경향이 나타나고 있다. 중공축에 피로사이클은 경화깊이에 영향을 미치며, 낮은 로드(low load)에서 급격하게 경화깊이가 증가하면서 피로사이클 시험에서 1mm~4mm까지는 급격하게 양호하였다. 따라서 경화깊이를 4mm이상으로 열처리하면 낮은 로드(low load) 시험에서 양호한 결과를 얻을 수 있으며 경화깊이를 유지하는 것이 낮은 로드(low load) 시험의 양호한 조건임을 알 수 있다.

Fig. 10, 11, 12, 13 경화깊이에 따른 피로사이클 시험을 위해서 경화깊이를 1, 2, 3, 4mm를 사용하여, 높은 로드 시험을 경화깊이를 변경하여 경화깊이 변화에 따른 피로사이클 결과를 측정하였다. 경화깊이가 증가함에 따라 피로 사이클이 양호해지는 경향이 나타나고 있다. 중공축에 피로사이클은 경화깊이에 영향을 미치며, 높은 로드(high load)에서 급격하게 경화깊이가 증가하면서 피로 사이클 시험에서 1mm ~4mm까지는 완만하게 양호해지고 3mm이상에서는 대체적으로 일정하게 유지되었다. 그러므로 경화깊이를 3mm이상으로 열처리 하는 것은 피로 시험에서 향상시키지 못하므로 효율적인 열처리를 위해서 제품의 경화깊이를 3mm까지 하는 것이 높은 로드(high load) 조건에서 피로 시험에서 얻을 수 있는 양호한 열처리 조건임을 알 수 있다.

본 실험에서 사용한 낮은 로드 피로시험과 높은 로드 피로시험의 차이점은 로드의 크기의 차이를 나타 낸 것이다.

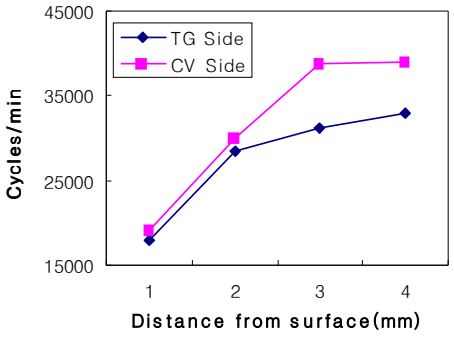

Fig. 6 Relation between fatigue cycles and distance from surface (low load test)

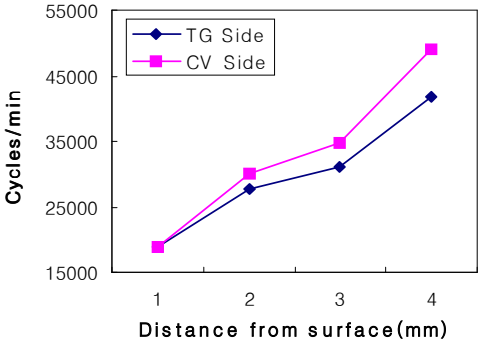

Fig. 9 Relation between fatigue cycles and distance from surface (low load test)

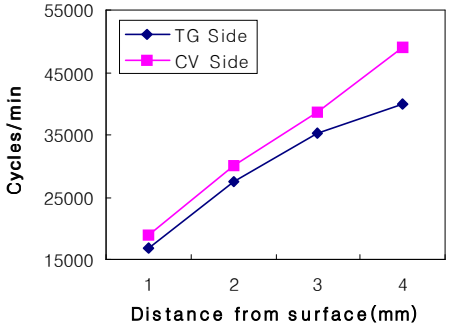

Fig. 7 Relation between fatigue cycles and distance from surface (low load test)

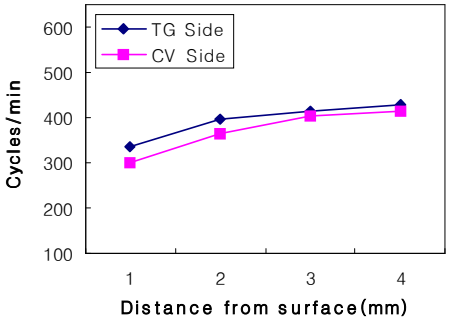

Fig. 10 Relation between fatigue cycles and distance from surface (high load test)

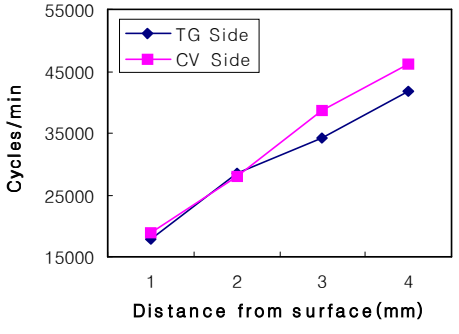

Fig. 8 Relation between fatigue cycles and distance from surface (low load test)

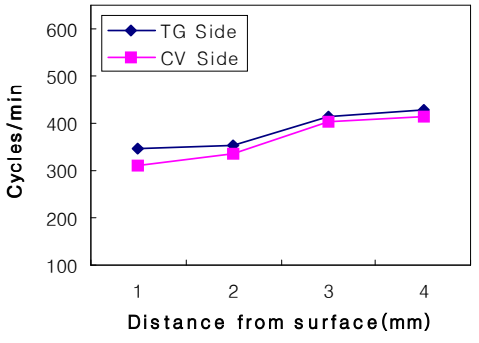

Fig. 11 Relation between fatigue cycles and distance from surface (high load test)

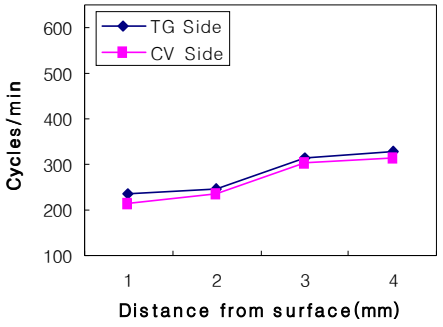

Fig. 12 Relation between fatigue cycles and distance from surface (high load test)

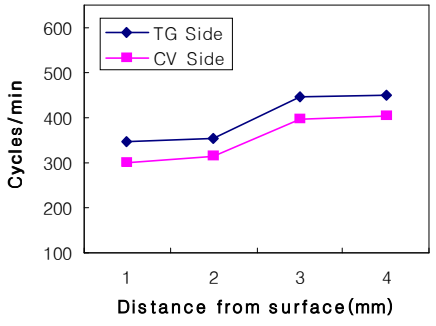

Fig. 13 Relation between fatigue cycles and distance from surface (high load test)

3.2 튜브 두께에 따른 내구성 고찰

Fig. 14, 15, 16, 17는 실험에서 주파수 2Hz을 사용했고 높은 로드(high load)는 2,600Nm을 사용하여 비틀림 조건을 사용하였다. 튜브두께에 따른 내구성 시험을 위해서 튜브두께 1, 2, 3, 4mm를 사용하고, 낮은 로드(low load) 시험을 튜브두께 변경하여 튜브두께 변화에 따른 내부강도결과를 측정하였다. 모든 조건에서 튜브두께가 증가함에 따라 내부강도가 양호해지는 경향이 나타나고 있다. 중공축에 내부강도는 튜브두께에 영향을 미치며, 낮은 로드(low load)에서 급격하게 튜브두께가 증가하면서 내구성 시험에서 1mm~3mm까지는 급격하게 양호해지고 3mm이상에서는 대체적으로 일정하게 유지되었다.

그래서 튜브(tube) 두께가 3mm이상에서 두께가 증가함에 따라 내구성 시험 값의 변화가 크지 않음을 알 수 있었다.

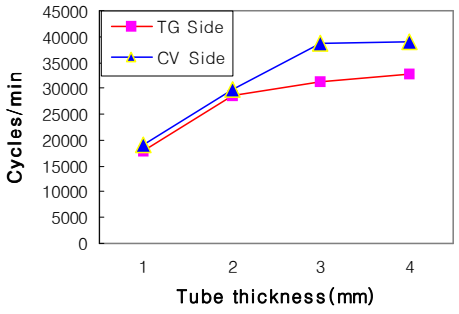

Fig. 14 Relation between fatigue cycles and tube thickness (high load test)

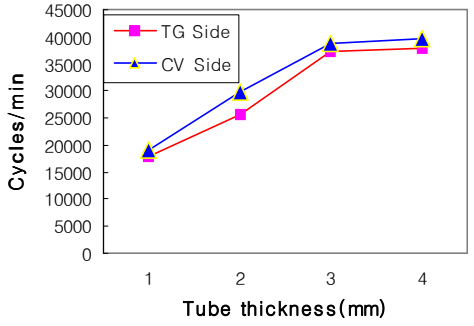

Fig. 15 Relation between fatigue cycles and tube thickness (high load test)

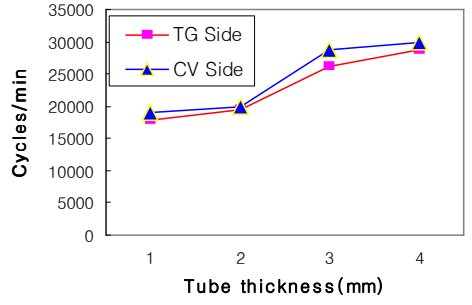

Fig. 16 Relation between fatigue cycles and tube thickness (high load test)

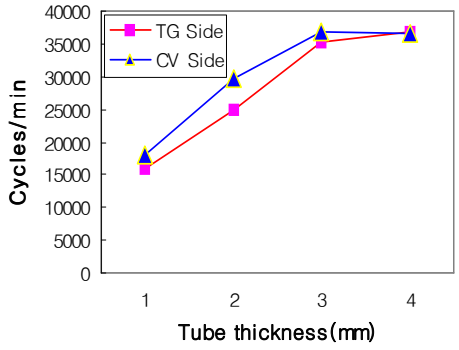

Fig. 17 Relation between fatigue cycles and tube thickness (high load test)

5. 결 론

본 연구는 기존에 자동차에서 사용 중인 솔리드 샤프트를 중공 드라이브 샤프트로 개발하기 위해서 내구성 시험의 향상조건을 찾는 것이다. 따라서 경화 깊이에 따른 낮은 로드(low load), 높은 로드(high load) 실험과 튜브두께에 따른 낮은 로드(low load) 내구성시험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 중공 드라이브 샤프트의 경화깊이에 따른 내구성 시험결과 경화깊이가 1, 2, 3, 4mm로 증가함에 따라 낮은 로드(low load) 시험은 양호하게 나타났다.

(2) 경화깊이에 따른 높은 로드(high load) 시험은 3mm까지는 증가하는 경향을 나타내고, 3mm이상에서는 일정하게 유지하여 그 이상으로 유지하는 것은 효율적이지 않음을 알 수 있다.

(3) 중공 드라이브 샤프트의 튜브의 두께가 증가할수록 내구성시험결과 1~3mm까지는 양호해지며 3mm이상에서는 튜브 두께가 증가할수록 cycles/min 값의 변화가 크지 않음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. Rowe, W. B., Black, S. C. E. and Mills, B., "Experimental Investigation of Heat Transfer in Grinding", Annals of CIRP, Vol. 44, No. 1, pp. 329-332, 1995.
2. Eshghy, S., 1967, "Thermal Aspects of the abrasive Cutoff Operation. Part 1-Theoretical Analysis," ASME journal Engineering for Industry, Vol. 89, pp. 356-360.
3. Wang, D. H., “A Study on the Machine Surface Morphology of Laminate Composite”, KSPE, Vol. 12, pp. 130-138, 1995.
4. Asai, S., Taguchi, Y., Horio, K., Kasai, T., “Measuring the Very Small Cutting-Edge Radius for a Diamond Tool Using a New Kind of SEM Having Two Detectors”, Annals of the CIRP, Vol. 39, No. 1, pp. 85-88, 1990.
5. McKeown, P., “Manufacturing - how small can we go The challenge and opportunities of the nanometer age”, The British Association Lecture, 1996.
6. Chitra Dorai, “Registration and Integration of Nultiple Object Views for 3C Model Construction“, IEEE Transaction on Pattern analysis and Machine Intelligence, 1998.
7. Shimada, S., Ikawa, N., Tanaka, H. J., Uchikoshi, "Structure of Micromachined Surface Simulated by Molecular Dynamics Analysis", Annals of the CIRP, Vol. 43, Jan., pp. 51-54, 1994.
8. Hong, M. S., Oh, W. K., Park, S. K., 2000, “Automotive engineering”, Won Chang Publising, pp.215-222, 1994.