

# 주변속 피동축 열처리 설계에 관한 연구

柳晟基·盧 龍\*·黃致現\*\*·曹成旻\*\*\*·何輝波\*\*\*·李常鉉\*\*\*

慶尙大學校 機械航空工學部, 航空機部品技術研究所 · \*\*淮海工學院, 連云港, 中國

\*\*(주)정광기계 · \*\*\*경상대학교 대학원

## 1. 서 론

침탄열처리방법은 자동차 부품, 산업기계부품 등을 시초로 각종 기계부품에 널리 응용되고 있으며 표면처리중에서 가장 많이 사용하고 있는 열처리방법이다<sup>(1-2)</sup>. 생산비를 절감하고 제품의 수명 및 품질을 개선하고자 하는 노력이 갈수록 더욱 가중 되고 여기에 기술적인 발전까지 더해 최근 보다 높은 하중을 받는 제품, 즉 치수와 기계적 성질의 안정성을 더욱 절실하게 요하는 제품을 생산하게 되었다. 침탄 경화시에 이러한 안정성을 개선하기 위해서는 열처리시에 발생하는 열처리변형을 제어하면서 설계값을 만족시켜야 한다. 이때 열처리와 관련된 크기변화는 곧 부품의 재료적 특성 및 침탄열처리변수와 직접적인 관계를 갖기 때문에 재료의 경화능이나 침탄열처리 사이클 및 각종 변수들을 살펴볼 필요가 있다<sup>(3-7)</sup>.

본 연구에서는 스플라인부와 기어부로 이루어져 있는 주변속 피동축에 적합한 침탄 열처리 방법과 주변속 피동축 설계시 열처리부의 유효침탄경화층 깊이 및 표면경도를 측정하여 관리 포인트(Point)별 차이점을 고찰하여 관리 포인트와 열처리작업기준을 확립하여 기어생산업체 및 열처리업체의 현장애로기술을 해결하고자 한다. 아울러 본 연구결과를 유사부품에 파급시켜 제품의 품질을 향상시키는데 기여하고자 한다.

## 2. 시험기어의 제원 및 열처리방법

본 연구에 사용한 시험기어는 L사 트랙터에 들어가는 기어로서 1단, 2단기어에 동력을 전달하는 기어이다. 시험기어의 주요 제원을 Table 1에 나타냈다.

주변속 피동축의 표면경도 설계값 범위는 58~62 HRC이고 유효침탄경화층 깊이의 설계값 범위는 0.6~0.9 mm이다. 표면경도와 유효침탄깊이는 로크웰 경도기와 비커스 경도기를 사용하여 측정하였으며, 경도측정부위는 기어의 P·C·D부분과 스플라인의 이뿌리부분에서 측정하였다.

주변속 피동축의 이상적인 침탄열처리 방법을 알아보기 위하여 Fig. 1에 나타낸 침탄 열처리 조건으로 침탄 열처리를 실시하였다.

침탄열처리 방법1은 열처리 침탄시간을 4시간 침탄 후 1시간 확산시켰으며 850℃에서 10분간 소입처리 후 130℃까지 유냉시켰다. 침탄열처리 방법2는 열처리 침탄시간을 5시간 침탄 후 1시간 확산시켰으며 850℃에서 10분간 소입처리 후 130℃까지 유냉시켰다.

Table 1. Dimensions of test main driven shaft

Dimension	Spline	Gear
Module	DP 24/48	2.5
Pressure angle	20°	20°
Tip diameter [mm]	32.8	78.2
Internal hole dia. [mm]	10	27
Bottom diameter [mm]	30	66.4
Surface hardness [HRC]	58 ~ 62	
Case depth [mm]	0.6 ~ 0.9	

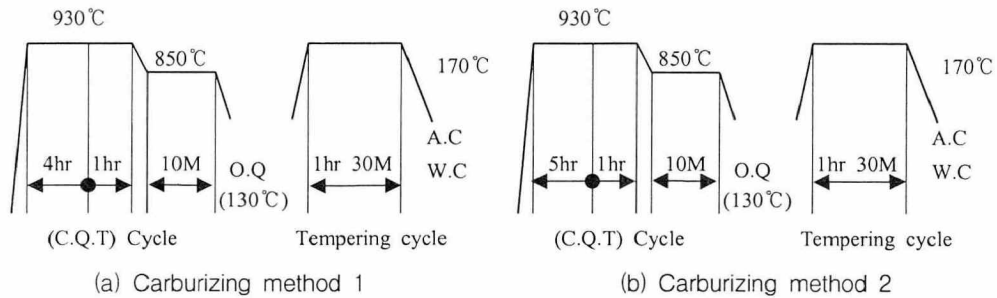


Fig. 1. Heat treatment process

### 3. 침탄열처리 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 기어부의 실험결과 및 고찰

주변속 피동축 5개씩을 침탄열처리방법1과 침탄 열처리방법2로 열처리한 후 기어 P·C·D부분의 표면경도와 유효침탄 깊이를 측정하여 Fig. 2, 3에 나타냈다.

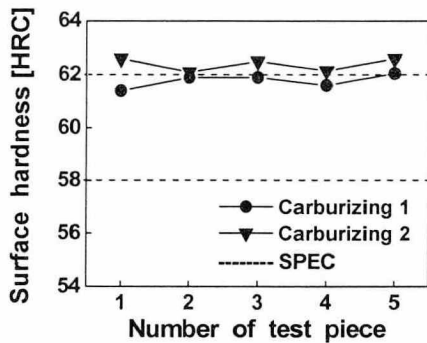


Fig. 2. A surface hardness distribution of gear test pieces

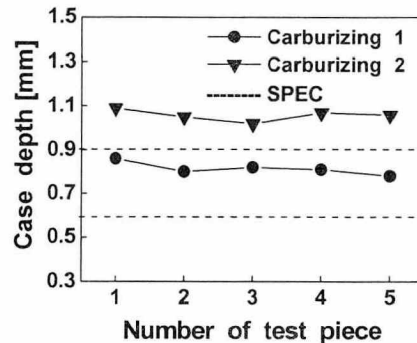


Fig. 3. A case depth distribution of gear test pieces

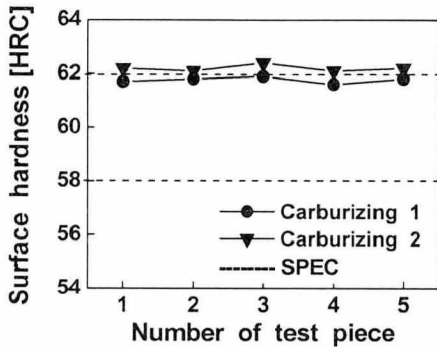


Fig. 4. A surface hardness distribution of spline test pieces

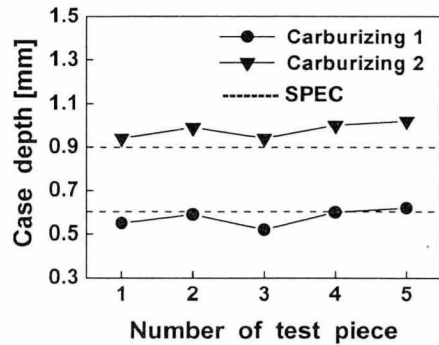


Fig. 5. A case depth distribution of spline test pieces

실험결과 침탄열처리 방법1에서는 표면경도 및 유효침탄깊이 모두 설계값을 만족하였다. 반면 침탄열처리 방법2는 표면경도는 설계값에 근접하게 나타났지만 유효침탄깊이는 설계값 범위를 많이 벗어나는 것으로 나타났다. 따라서 기어부의 과경화로 인한 기어부의 내구성 문제를 고려할 때 침탄열처리 방법1이 기어부 측면에서는 적합한 침탄열처리방법이라고 사료된다.

### 3.2. 스플라인부의 실험결과 및 고찰

주변속 피동축 5개씩을 침탄열처리 방법1과 방법2로 열처리한 후 스플라인의 이뿌리에서의 표면경도와 유효침탄깊이를 측정하여 Fig. 4, 5에 나타냈다. 스플라인부의 실험결과 침탄열처리 방법1에서는 표면경도는 설계값을 만족하였으며, 유효침탄깊이는 설계값에 근사한 값으로 나타났다. 반면 침탄열처리 방법2는 표면경도와 유효침탄깊이 모두 설계값 범위보다 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

주변속 피동축의 기어부와 스플라인부의 침탄 열처리시험 결과를 종합적으로 고찰해보면 기어부와 스플라인부의 설계값과 과경화로 인한 취성 및 기어내구성 등을 고려할 때 침탄열처리시간을 4시간 침탄 후 1시간 확산시킨 침탄열처리 방법1이 적합한 열처리 방법이라고 사료된다.

## 4. 관리 포인트에 따른 침탄열처리 실험결과 및 고찰

### 4.1. 관리 포인트를 기어부로 했을 경우의 침탄열처리 실험결과

주변속 피동축과 같이 기어부와 스플라인부가 공존하는 제품에서 어느 부위를 관리 포인트(Point)로 설정하여 열처리하는 것이 이상적인 열처리인지를 밝히기 위하여 관리 포인트에 따른 실험결과를 비교분석하였다. 관리 포인트로는 기어의 P.C.D와 스플라인의 이뿌리를 기준으로 하여 표면경도 및 유효침탄깊이를 측정하여 비교 분석하였다.

주변속 피동축 5개씩을 기어부 P.C.D를 관리포인트로 하여 침탄열처리 방법1으로 열처리 후 표면경도와 유효침탄 깊이를 측정하였다. Fig. 6은 주변속 피동축의 기어를 관리 포인트로 하였을 때의 표면으로부터 깊이방향으로 마이크로 비커스 경도를 측정 한 경도분포도이다. 유효침탄깊이는 경도값 550 Hv가 되는 지점의 침탄깊이를 말한다.

Fig. 6에서 기어의 유효침탄깊이는 0.81 mm로 나타났으며, 스플라인의 유효침탄깊이는 0.56 mm로 나타났다. 주변속 피동축 5개의 시험편을 Fig. 6과 같이 각각 표면으로부터 깊이방향의 경도분포를 구하여 유효침탄깊이를 구한 결과를 Fig. 7에 나타냈다.

Fig. 7에서 알 수 있듯이 주변속 피동축의 기어를 관리 포인트로 하였을 경우 기어의 유효침탄깊이는 모두 설계값의 범위를 만족하였으며, 스플라인의 유효침탄깊이는 설계값 범위에 근사한 값으로 나타났다.

Fig. 8은 로크웰 경도기로 기어와 스플라인의 표면경도를 측정 한 실험결과를 나타낸 그림이다. 실험결과 기어와 스플라인 모두 표면경도는 설계값 범위를 만족하였다.

스플라인부는 동력을 전달하는 동력전달부분이며, 1차적으로 기어가 가장 많은 하중

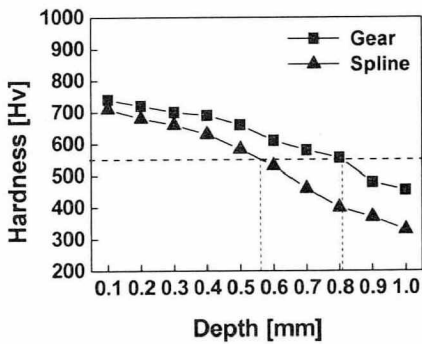


Fig. 6. An effective case depth data in the case to do an officer point to a gear part

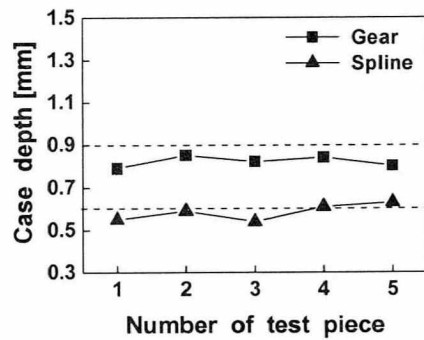


Fig. 7. A case depth distribution according to an officer point of a gear part

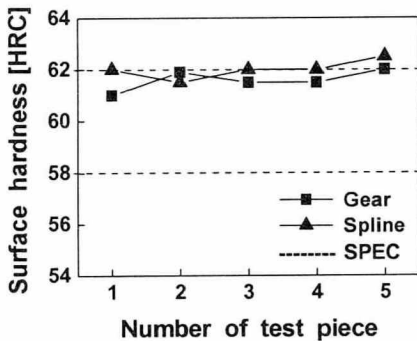


Fig. 8. A surface hardness distribution according to an officer point of a gear part

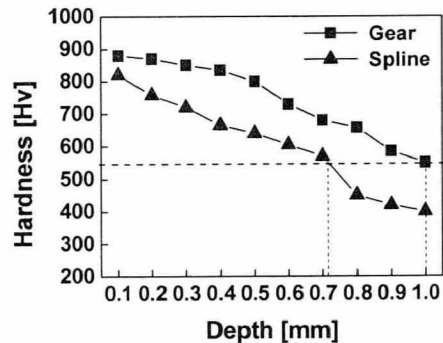


Fig. 9. An effective case depth data in the case to do an officer point to a spline part

을 받으므로 기어부의 침탄열처리가 설계값범위를 만족하면 침탄열처리가 적합하다고 보아도 된다. 실제로 스플라인은 상대품과의 조합시 이뿌리부위는 접촉이 발생하지 아니하므로 설계값보다 다소 낮아도 크게 문제되지 않을 것으로 사료된다.

#### 4.2. 관리 포인트를 스플라인부로 했을 경우의 침탄열처리 실험결과

스플라인 이뿌리부분을 관리 포인트로 하여 침탄 열처리 후 유효침탄깊이와 표면경도를 측정하였다.

Fig. 9는 스플라인부를 관리 포인트로 하였을 때의 표면으로부터 깊이방향으로 마이크로 비커스경도를 측정한 경도분포도이다. 스플라인의 유효침탄깊이는 0.72 mm, 기어의 유효침탄깊이는 1.0 mm로 나타났다.

스플라인을 관리 포인트로 하여 열처리한 주변속 피동축 5개의 시험편을 Fig. 9와 같이 각각 표면으로부터 깊이방향의 경도분포를 구하여 유효침탄깊이를 구한 결과를 Fig. 10에 나타냈다.

Fig. 10에서 알 수 있듯이 주변속 피동축의 스플라인을 관리 포인트로 하였을 경우 기어의 유효침탄깊이는 설계값 범위보다 높게 나타났으며, 스플라인의 유효침탄깊이는 설계값 범위를 만족하였다. Fig. 11은 스플라인을 관리 포인트로 했을 경우의 기어와 스플라인의 표면경도를 측정한 실험결과를 나타낸 그림이다. 실험결과 기어의 표면경도는 설계값보다 다소 높게 나타났으며, 스플라인의 표면경도는 설계값 범위를 만족하였지만 높은 경도값으로 나타났다.

주변속 피동축에서 동력을 전달받아 1, 2단 기어를 구동시킴으로 스플라인을 관리 포인트로 할 경우 기어는 과도한 표면경화로 인한 기어부의 마멸 및 파괴, 내구성에 문제가 발생 할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 기어를 관리 포인트로 할 경우 기어는 유효침탄깊이와 표면경도 모두 설계값 범위를 만족하고, 스플라인은 유효침탄깊이는 설계값보다 다소 낮지만 표면경도는 설계값을 만족하므로 주변속 피동축의 관리 포인트로 적적하다고 사료된다.

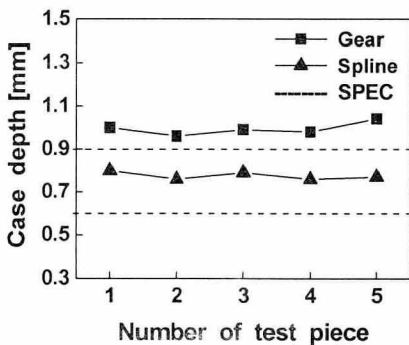


Fig. 10. A case depth distribution according to an officer point of a spline part

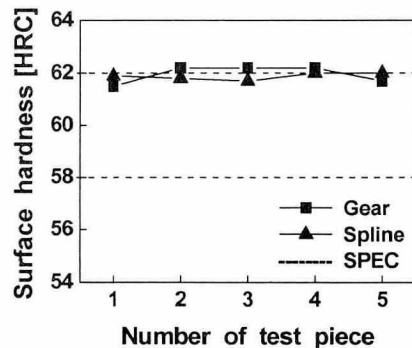


Fig. 11. A surface hardness distribution according to an officer point of a spline part

## 5. 결 론

본 연구에서는 기어부와 스플라인부가 공존하는 L사의 주변속 피동축의 열처리 설계 및 방법을 연구하기 위하여 침탄열처리의 이상적인 침탄열처리조건을 구하였으며, 이상적인 관리 포인트를 설정하기 위하여 각 관리 포인트별로 침탄열처리를 하여 표면경도와 유효침탄깊이를 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) L사 주변속 피동축의 이상적인 침탄열처리 방법은 침탄시 930℃에서 4시간 침탄 후 1시간 확산시키고 850℃에서 10분간 소입처리 후 130℃에서 유냉처리 하는 것이 안정적임을 알았다.

2) 스플라인부와 기어부가 공존하는 L사의 주변속 피동축의 열처리 관리 포인트를 각각 측정하여 고찰한 결과 스플라인부를 관리 포인트로 할 경우 기어부의 과경화로 인하여 기어부의 내구성에 문제가 우려되므로 기어부를 관리 포인트로 하는 것이 안정적일 것으로 사료되며 관리 포인트를 기어부로 설계하여 열처리를 실시한 결과 불량률이 감소하였다.

3) L사 주변속 피동축의 열처리 관리 포인트 및 열처리작업기준을 설계하여 적용시켰다.

4) 향후 국내에서도 선진국처럼 열처리 관리 포인트 및 열처리 작업기준을 명기하여야 할 것으로 본다.

## 감사의 글

이 논문은 지방대학혁신역량강화사업, 산업자원부 지방기술혁신사업[RTI04-01-02] 지식기반기계 부품·소재 연구개발 클러스터사업단의 연구비지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 1) 류성기, "CM420 기어의 피로강도에 미치는 열처리 효과에 관한 연구", 한국산업안전학회지, 제14권, 4호, pp. 13~19, 1999.
- 2) S.K. Lyu, etc, "A Study on the Effect of Non-Martensitic Layer on the Fatigue Strengthen Carburized Gears", JSME Vol. 65, C, pp. 35~39, 1993.
- 3) 박소정, 경화깊이측정법, 삼원열처리 기술집, pp. 60~68, 1992.
- 4) 한인혜, 가스침탄처리, 삼원열처리 기술집, pp. 11~20, 1992.
- 5) 한인혜, 금속열처리법, 삼원열처리 기술집, pp. 11~20, 1994.
- 6) 홍미원, 침탄열처리의 고정관리, 삼원열처리 기술집, pp. 45~51, 1992.
- 7) 표면열처리 작업, 한국생산기술열처리연구원 기술자료집, pp. 55~60, pp. 68~72, 1992.