

RGM 기반 롤러 트랙 기어 시스템 설계

권순만^{a*}

Roller Track Gear System Design based on Roller Gear Mechanism

Soon-man Kwon^{a*}^a School of Mechanical Engineering, Changwon National University, Changwon 641-773, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Article history:

| | | | |
|----------|----|----------|------|
| Received | 3 | February | 2014 |
| Revised | 19 | March | 2014 |
| Accepted | 24 | March | 2014 |

Keywords:

Roller track gear system
Roller gear mechanism
CRP system
CRG system
RPG system

ABSTRACT

In recent years, RGM(roller gear mechanism) systems, wherein one of the gears of a meshing gear pair is replaced with pins or rollers, have been reintroduced, which is a consequence of, and therefore a reflection of, the rapid advances made in manufacturing technology. Three RTG(roller track gear) systems for arbitrary path transportation (e.g., L-, O-, U-, and S-shaped tracks) were constructed using two out of three RGM systems, namely, the CRP(cam rack pinion), CRG(cam ring gear), and RPG(roller pinion gear) systems, and are introduced in this paper. We also present three ways to prevent the intersection and non-contact phenomena at the teeth in the vicinity of the conversion point between two joined RGM systems.

1. 서론

최근 생산성 향상 및 효율적인 작업공정을 위해 직선 이송은 물론 방향 전환 및 선회 운동의 복합적인 조합운동이 가능한 이송 시스템이 필수적으로 요구되고 있다. 이를 위해 최근 제안된 RGM(roller gear mechanism)^[1] 기반의 RTG(roller track gear) 시스템^[2]은 Fig. 1의 선형 이송 시스템인 CRP 시스템^[3-5]과 회전 이송 시스템인 CRG^[6] 및 RPG 시스템^[7]의 캠 기어들의 일부 또는 전체를 조합하여 캠 기어 트랙을 구성하고 핀 또는 롤러 치형을 가지는 런너(runner)를 통해 구동함으로써 기존의 랙-피니언 시스템^[8,9]을 대체할 수 있으며 고효율 및 고중량의 트랙 이송 시스템을 구현할 수 있다. 여기서 RTG 시스템은 각각의 RGM을 조합하여 3가지의 RTG 시스템을 구성할 수 있으며, 구성된 각 시스템을 활용하여 L형, O형, U형 및 S형 등의 다양한 기어 트랙 시스템을 설계할

수 있다(Fig. 2 참조).

RTG 시스템은 RGM의 엄밀 치형 설계 기술^[10]을 바탕으로 타 이송 시스템 대비 보다 정밀하고 고속 이송이 가능한 이송 시스템을 구축할 수 있다. 또한 개별적인 구동시스템을 장착 및 제어함으로써 시스템의 제어가 용이한 장점을 가지고 있으며 효율적인 작업 관리 및 능동적인 이송시스템을 구축할 수 있다. 하지만 RTG 시스템은 서로 다른 RGM의 조합으로 두 시스템이 연결되는 전환점(converting point) 전·후의 캠 기어 트랙의 치형과 구동 롤러기어(런너) 사이에서 치 간섭 및 치 비접촉 현상이 발생한다. 이는 기어 트랙 시스템의 소음 및 진동을 야기 할 수 있으며 정밀도 감소 및 내구성 저하의 원인이 될 수 있다.

이에 본 논문에서는 RGM의 엄밀 치형 설계 방법을 기반으로 각각의 시스템 전환점에서 발생할 수 있는 간섭 및 비접촉 현상을 회피하기 위한 다양한 설계기법을 제시하여 엄밀 RTG 시스템 구

* Corresponding author. Tel.: +82-55-213-3629

Fax: +82-55-263-5221

E-mail address: smkwon@changwon.ac.kr (Soon-man Kwon).

현에 기여하고자 한다.

2. RTG 시스템

RTG 시스템은 Fig. 1에 도시한 바와 같이 RGM의 직선 이송시스템인 CRP와 회전 이송시스템인 CRG 또는 RPG 시스템의 전체 또는 일부를 이용하여 조합한 이송시스템으로 정확한 동력전달을 통한 다양한 운동과 개별 이송 및 제어가 가능하다.

RGM 각각의 이송시스템을 통해 조합이 가능한 3가지의 RTG 시스템을 Table 1에 정리하였다. 여기서 Case 1과 2는 CRP 시스템과 결합하여 직선에서 곡선으로 이어지는 트랙 시스템으로 Fig. 2의 L형, O형, U형 트랙 등을 구현할 수 있으며 Case 3은 두 가지의 곡선 시스템을 이용하여 S형 트랙 시스템 등을 구현할 수 있다.

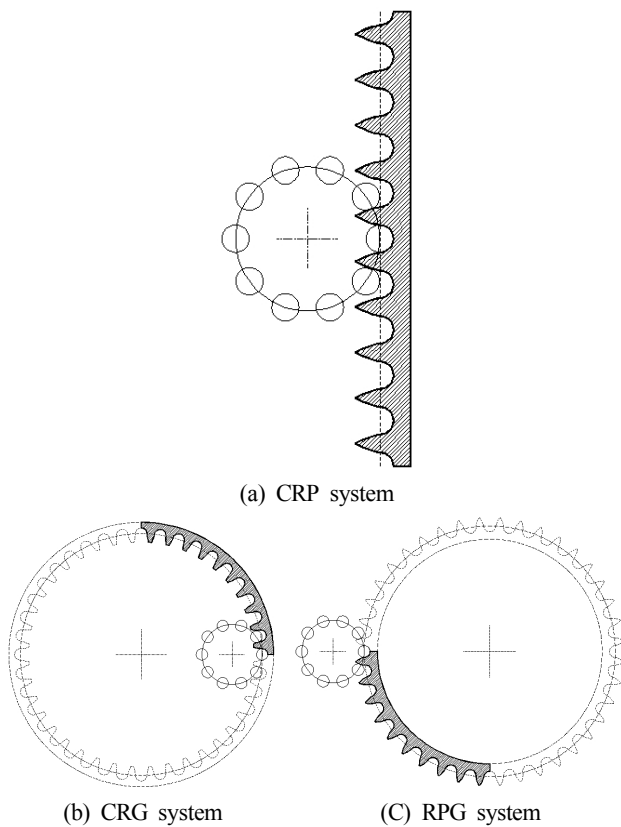


Fig. 1 RGM systems for RTG system construction

Table 1 Available RTG systems

| Cases | | Combined RGMs |
|-------|------|---------------|
| 1 | iRTG | CRP ↔ CRG |
| 2 | eRTG | CRP ↔ RPG |
| 3 | hRTG | RPG ↔ CRG |

3. 치 간섭 회피 방법

RTG 시스템은 Fig. 1의 RGM 중 두 개 이상의 이송시스템이 결합된 형태의 시스템으로 시스템의 변경 또는 전환이 일어나는 결합영역에서 치의 간섭 및 비접촉 문제가 발생하며, 이는 시스템 변환구간에서 전환 이전 시스템의 마지막 치형과 전환 이후 시스템의 첫 번째 치형에서 발생한다.

예를 들어 Fig. 3의 iRTG 시스템의 경우, 런너(또는 롤러 피니언 기어)가 시스템 전환 위치에 도달한 이후 정회전(CCW)하는 경우 온전한 치물림이 발생하기 위해서는 런너의 모든 기어는 CRG 치형과 접촉하여야 하며, 역회전(CW) 하는 경우 모든 롤러는 CRP 치형과 접촉하여야 한다. 즉 런너가 시스템 전환점에 도달한 이후 정회전 시에 1번 롤러는 두 시스템의 공통 접촉점(C_p)에서 'a' 방

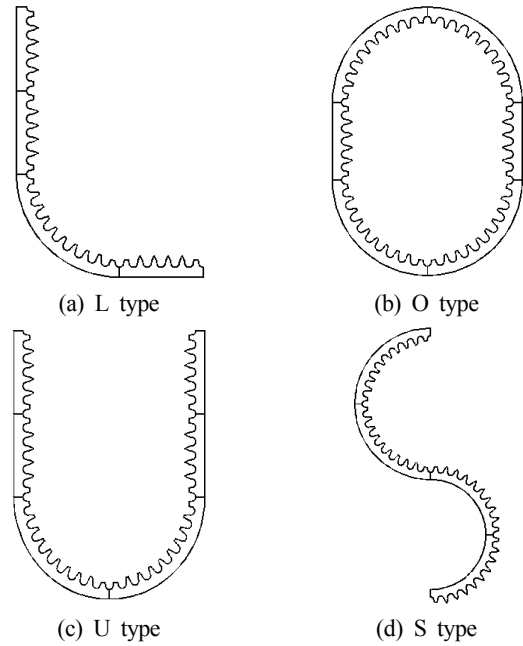


Fig. 2 Various RTG systems

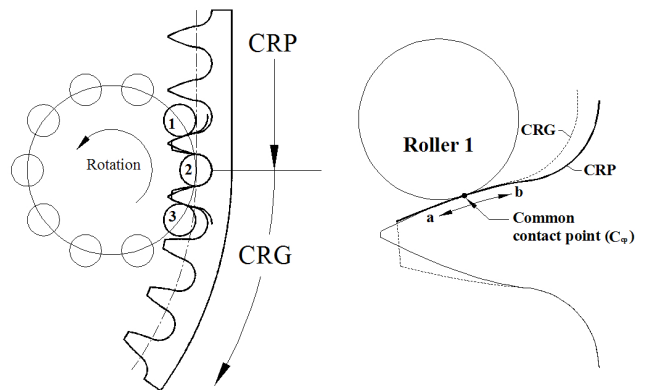


Fig. 3 Schematic diagram for iRTG system

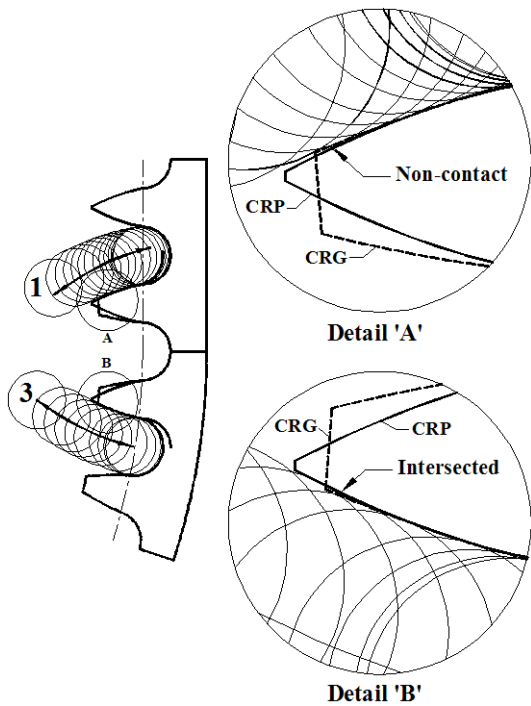


Fig. 4 Intersected region with trace of rollers

향인 CRP 영역에서 CRG 치형과 접촉하여야 하고, 역회전 시에는 3번 롤러는 CRG 영역에서 CRP 치형과 접촉하여야 한다. 따라서 Fig. 3의 전환점 전·후 치형을 수정 없이 각 시스템 고유 치형을 그대로 사용할 경우, Fig. 4와 같이 1번 롤러와 접촉하는 CRP 치형에서는 치 비접촉 현상(Fig. 4(A))이, 3번 롤러와 접촉하는 CRG 치형에서는 간섭현상(Fig. 4(B))이 발생한다.

비 접촉 문제의 경우 트랙 시스템의 운동에는 문제가 없으나 비 접촉으로 인한 백래쉬의 증가로 소음 및 진동을 야기할 수 있으며, 치 간섭의 경우 런너인 롤러 기어의 운동에 직접적인 영향을 미칠 수 있으며 결과적으로 소음 및 진동을 동반한 급격한 내구성 저하를 초래할 수 있다. 이를 고려하여 치형 간섭을 회피할 수 있는 3가지의 방안을 iRTG 시스템을 예를 들어 제안하였으며, 타 RTG 시스템의 경우에도 동일하게 적용하여 런너와 캠 기어 트랙 사이에서의 치 간섭 및 비접촉 현상을 방지할 수 있다.

3.1 (방법 1) 치 간섭부의 치형수정계수 증대

RGM 시스템의 치형은 치형수정계수(profile modification coefficient, e)에 따라 치형의 형상이 변화하는 특징을 가진다. RGM 치형의 경우 Fig. 5(예, RPG 시스템)와 같이 치형수정계수가 증가할수록 치선역(addendum)의 폭은 감소하고, 치저역(dedendum)의 폭은 증가한다. 이의 특성을 이용하여 문제가 되는 치 간섭 현상을 회피시키기 위해 치 간섭이 발생하는 시스템의 치형수정계수 증가를 통한 개선방안을 고려할 수 있다.

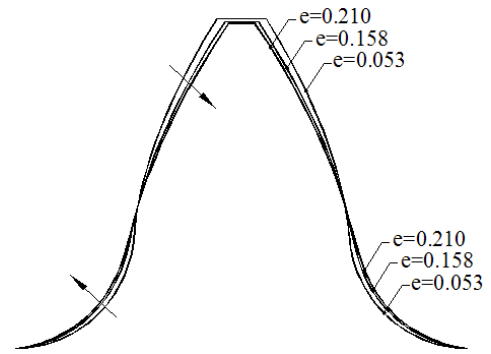


Fig. 5 RGM gear profiles with the variation of e

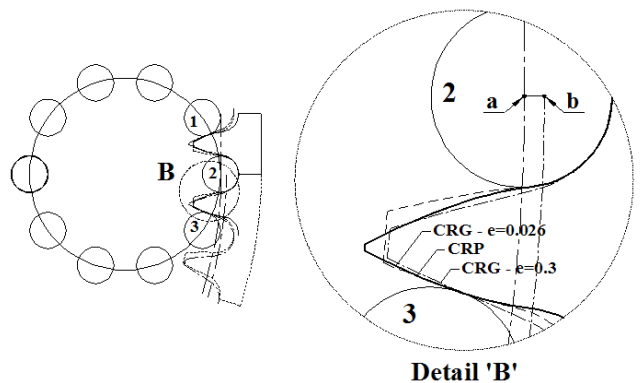


Fig. 6 Variation of profile modification coefficients

즉 Fig. 6의 iRTG 시스템의 경우 치간섭이 발생하는 CRG 시스템의 치형수정계수를 증가시키면 치선역의 폭이 감소하여 3번 롤러와 간섭이 발생하는 CRG 치형을 변경하여 간섭을 피할 수 있다. 하지만 Fig. 6에서와 같이 치형수정계수의 변경은 결합하는 두 시스템에서 서로 다른 피치점(변경전:a, 변경후:b)을 가지며, 이는 연결된 두 시스템에서 운동하는 런너가 속도차를 가짐을 의미한다. 특히 시스템 전환점에서의 속도변화는 충격하중을 발생시키 기어의 내구성을 감소시킬 수 있다.

3.2 (방법 2) 1차 연장치형을 통한 치형수정

전술한 바와 같이 문제가 되는 두 시스템의 상대 치형(1번 및 3번 롤러와 접촉하는 치형)을 서로 교환하여 치의 간섭 및 치 비접촉 현상을 피할 수 있다. RTG 시스템에서 치의 간섭 및 비접촉 현상은 치선연장계수(addendum extension factor, β)가 $\beta > 1$ 의 영역에서 발생하며, 문제의 영역에서 런너는 결합된 RGM의 상대 치형과 접촉하게 된다. 이에 Fig. 7과 같이 문제가 되는 상대 치형을 서로 교환하여 치의 간섭 및 비접촉 현상을 해결할 수 있다. 이때 수정된 각 시스템의 전체 치높이는 간섭을 고려하여 상대적으로 낮은 치형에 의해 정의하며 Fig. 7에서는 상대적으로 낮은 CRG의 치 높이로 결정하였다.

치형 수정을 통한 간섭회피 방법은 치형수정계수의 수정에서 나타나는 연결점에서의 속도차 문제를 해결하고 등속운동 및 정확한 동력전달이 가능하다. 하지만 치형설계가 복잡하며 숙달된 설계능력과 가공 방법이 요구된다.

3.3 (방법 3) 전환부 치선연장계수 조정

RGM을 이용한 RTG 시스템의 간섭 및 비접촉은 전환점 전·후 치형의 치선연장계수가 $\beta > 1$ 인 영역에서 발생하므로 조합하는 RGM의 설계변수인 치선 연장계수를 $\beta = 1$ 로 한정하여 정의하면 전체 시스템에서 치 간섭이 발생하지 않는다. 하지만 기어의 물림률과 밀접한 관계의 치선연장계수의 감소는 기어의 내구성을 감소시킬 수 있다.

따라서 Fig. 8과 같이 시스템 내에서 문제가 되는 전환점 전·후 치형에 한하여 치선연장계수를 $\beta = 1$ 로 설정하고 나머지 치형에 대해서는 물림을 고려하여 적절한 치선연장계수를 선정함으로써 트랙 시스템의 내구성 저하를 최소화 하면서 간섭 및 치 비접촉 현상을 방지할 수 있다.

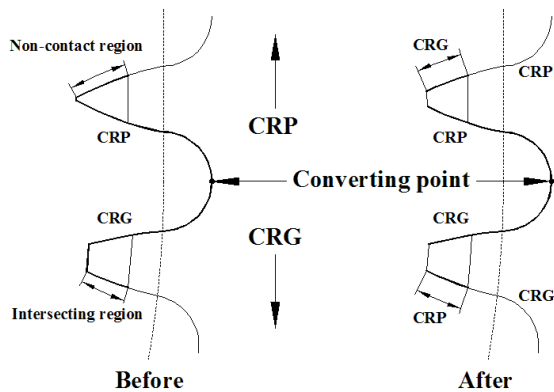


Fig. 7 Profile exchange at $\beta > 1$

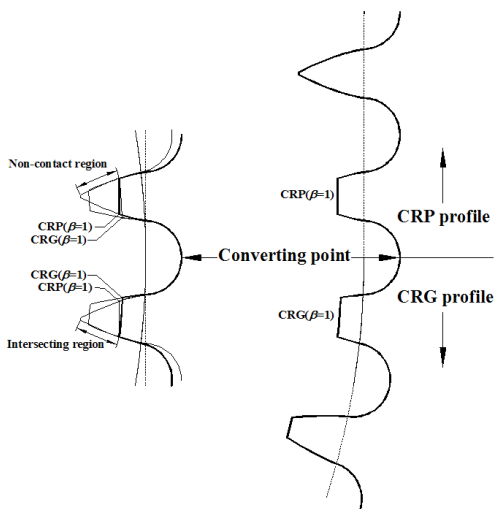


Fig. 8 Modification of addendum extension factor

4. 결과 검토

전술한 결과를 이용하여 특정 RTG 시스템을 설계하기 위한 RGM설계제원을 Table 2에 정리하였다. 여기서 치형수정계수는 간섭현상이 확연히 나타나도록 설정하였으며, 치선연장계수는 이 끝에서 발생할 수 있는 치꼬임을 고려하여 적절하게 선정하였다.

Table 2의 설계제원을 바탕으로 설계된 각 방법별 시스템 전환부 전·후 치형을 Fig. 9에 도시하였다. (방법 1)의 경우 CRG 영역의 치형수정계수를 변경하여 CRG영역의 치 간섭을 회피하였으나, CRP 영역의 비접촉 문제는 해결되지 않았다. (방법 2)는 전환점 전·후치형에 대해 치형을 수정하였으며 기존의 물림률이 보존되면서 정확한 치 물림이 가능하게 되었다. 하지만 치형의 수정방법이 복잡할 뿐만 아니라 동일 시스템 내에서 전환부 치형만 수정하므로 기어 치의 가공에 있어서도 주의가 요구된다. (방법 3) 또한 (방법 2)와 마찬가지로 전환점을 기준으로 전·후 치형 모두 수정되었으나 기존의 치형을 완성한 이후 치선연장계수에 따라 치의 일정 부분을 제거함으로써 간단히 치형을 수정할 수 있다. 특히 가공적인 측면을 고려하면 (방법 1)과 (방법 2)의 경우 전환점에서의 전·후 치형이 RGM의 기존 치형과 서로 상이하기 때문에 새로운 치형의 설계가 필요하지만 (방법 3)의 경우 기 설계된 RGM의 치형을 변경없이 사용하고 전환점 전·후 치형에 한하여 $\beta > 1$ 이상의 치형을 제거하여 간섭을 회피할 수 있다.

결과적으로 제시한 3가지 방법 모두 장단점이 존재하지만, 설계

Table 2 Design parameters for RTG system

| Design parameters | Values | |
|--|---------|------|
| Module (m) | 4.75 mm | |
| No. of roller pinion teeth (Z_r) | 10 | |
| Initial no. of cam track teeth (Z_t) | 40 | |
| Roller diameter coefficient (C_r) | 1.90 | |
| Profile modification coefficient (e) | 0.026 | |
| Addendum extension factor (β) | CRP | 1.51 |
| | CRG | 1.51 |
| | RPG | 1.30 |

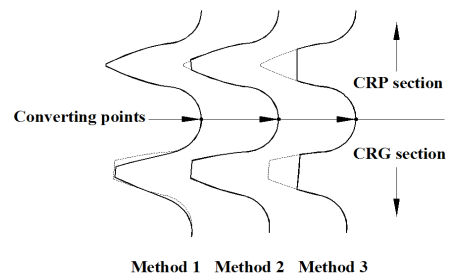


Fig. 9 Design examples for iRTG system

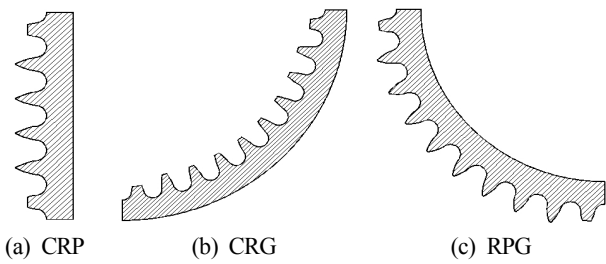


Fig. 10 Designed segments of RGM

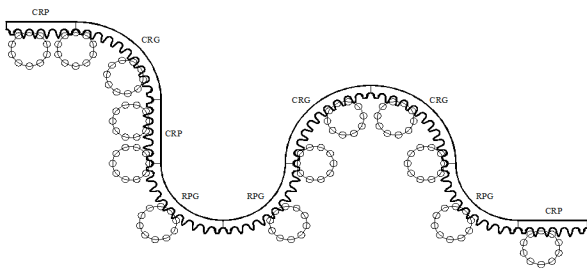


Fig. 11 A design example of RTG system

표준화 및 가공을 고려한 측면에서 (방법 3)이 가장 유리할 것으로 판단된다. 이를 고려하여 설계된 RGM의 각 세그먼트 시스템 및 이를 이용한 RTG 시스템의 일례를 Fig. 10과 Fig. 11에 도시하였다.

Fig. 10에서와 같이 (방법 3)을 이용하여 각각의 표준화된 RGM들을 구성할 수 있다. 이렇게 구성된 최소 단위의 트랙 구성품들을 조합하여 Fig. 2와 같은 기본형 트랙 시스템을 설계할 수 있으며 이의 조합을 통해서 예를 들어 Fig. 11과 같이 다양한 경로의 롤러 트랙 시스템을 구축할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 RGM의 직선 이송시스템인 CRP 시스템과 회전 이송시스템인 CRG 그리고 RPG 시스템의 조합을 통하여 L형, S형, U형, O형 등 다양한 경로를 구현할 수 있는 RTG 시스템을 설계하고자 하였으며, 서로 다른 두 시스템의 연결 부위에서 발생할 수 있는 치 간섭 및 치 비접촉 현상을 해결하기 위한 3가지 설계 방법을 제시하였다.

RTG 시스템의 간섭 및 비접촉 문제는 시스템의 전환점 전·후 치형에서 발생하며 치형수정계수의 변경을 통해 간섭영역의 치형을 수정하여 회피할 수 있다. 또한 간섭 치형과 비접촉 치형을 교체하여 엄밀한 트랙 치형을 설계할 수 있으나 설계방법이 복잡하여 정확한 설계방법이 요구된다. 그리고 치선연장계수의 조정을 통해서 문제를 해결할 수 있으며 이는 기 설계된 캠 기어 트랙의 치형에서 간섭 영역의 치를 제거함으로써 간단히 해결할 수 있다. 특히 치선연장계수의 조정을 통한 해결방법은 RTG 시스템의 설계 및 가

공측면에 있어서 3가지 방법 중에서 가장 유리할 것으로 판단된다.

결과적으로 RTG 시스템은 RGM 각 시스템의 엄밀 치형 설계 기법을 기반으로 정확한 트랙 시스템의 설계할 수 있으며, 연결된 각 시스템 사이의 간섭 및 비접촉 현상을 해결하여 정확한 이송이 가능하면서 내구성이 뛰어난 트랙 이송 시스템을 구현할 수 있다.

후 기

이 논문은 『2013~2014년도 창원대학교 연구비』 및 『산업통상 자원부 신산업기술개발사업(과제번호: 10044550)』의 지원을 받아 이루어 졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

References

- [1] Litvin, F.L., Fuentes, A., 2004, Gear geometry and applied theory, Cambridge University Press, London.
- [2] Kwon, S.-M., Kim, C.H., Nam, H.C., 2014, Roller Track Gear System, KR Patent: 10-1361548.
- [3] Kim, C.-H., Nam, H. C., Kwon, S.-M., 2012, Pitting Life of CRP System, Trans. KSMTE 21:2 283-289.
- [4] Kim, C.-H., Nam, H. C., Kwon, S.-M., 2012, Pitting Life for RRP System, Trans. KSME(A) 36:4 387-393.
- [5] Kim, C.-H., Nam, H. C., Kwon, S.-M., 2012, Linear Drive Systems using Roller Gear Mechanism, Trans. KSMTE 21:5 702-707.
- [6] Nam, H. C., Kim, C. H., Kwon, S.-M., 2012, Contact Fatigue Life for CRG System, Trans. KSME(A) 36:11 1391-1397.
- [7] Nam, H.C., Kwon, S.-M., Shin, J.-H., 2011, Contact Surface Fatigue Life for RPG System, Trans. KSME(A) 35:11 1453-1459.
- [8] Ikejo, K., Nagamura, K., Tanaka, E., Yamamoto, K., 2008, Driving Performance and Strength of Pin-Rack Gear Mechanism, J. JSDE 43:7 388-394.
- [9] Nagamura, K., Ikejo, K., Tanaka, E., Yamamoto, K., 2008, Driving Performance of Pin-Rack Gear Mechanism using a Trochoid Tooth Profile, The Machine Design and Tribology Division Meeting in JSME 205-208.
- [10] Shin, J.-H., Kwon, S.-M., 2006, On the Lobe Profile Design in a Cycloid Reducer using Instant Velocity Center, Mech. Mach. Theo. 41:5 596-616.