

Zemax에 의한 불길감시카메라용광학계의 초량설계

박영학, 조승일

유리용해로나 가열로에서 생산의 안전성을 담보하고 생산물의 질을 높이려면 불길감시를 실시간으로 정확하게 하여야 한다. 이를 위하여 생산공정에서는 컴퓨터와 결합된 감시카메라체계를 적극 받아들이고있다.[1]

가열로들에서 불길온도는 $1\,500\sim 1\,600^{\circ}\text{C}$ 로서 대단히 높으므로 감시카메라는 고온견딜성이 높아야 할뿐아니라 일정한 시야각을 가지고있으면서도 수차가 가능한껏 작아야 한다.

우리는 광학계설계프로그램인 Zemax[2]를 리용하여 현장조건에 부합되는 감시카메라의 광학계를 설계하는 한가지 방도를 제기하였다.

1. Zemax에 의한 불길감시카메라광학계의 초기설계조건

불길감시카메라를 위한 화상광학계의 초보적인 설계치수는 그림 1과 같다.

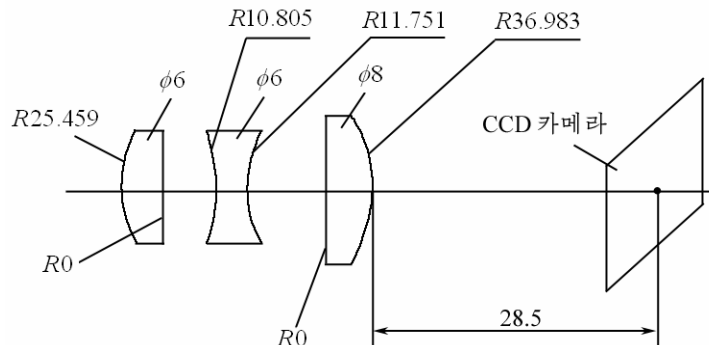


그림 1. 불길감시카메라를 위한 화상광학계의 초보적인 설계치수

론문에서는 Zemax에 의한 광학계설계의 1차예상자료로서 그림 1에 보여준 기하광학적정수들을 리용하였다. 기하광학적정수들에는 렌즈앞뒤의 곡률반경, 렌즈중심두께, 렌즈들사이의 간격, 마지막렌즈와 화상면 즉 CCD카메라사이의 거리 등이 속한다. 그림 1에서 보는것처럼 첫번째 렌즈와 세번째 렌즈는 평볼록렌즈, 두번째 렌즈는 양오목렌즈이다. 가공조건과 현장사용조건을 고려하여 첫번째 렌즈재료는 크108, 두번째 렌즈재료는 중후 101, 세번째 렌즈재료는 중크116으로 설정하였다.

불길감시카메라는 보임빛대역에서 사용하므로 광학계설계에서 파장은 프라운호페르 선의 F, D, C선으로 설정하였다. 물체 즉 용해로까지의 거리를 30m, 용해로의 크기를 $8\text{m}\times 5\text{m}$, CCD수감부의 크기를 $6\text{m}\times 8\text{m}$ 로 보면 감시카메라의 시야반각은 대략 9° 이다. 광학계구경 즉 입사동공의 크기는 감시조건을 고려하여 10mm로 설정하였다.

입사동공의 크기와 그림 1에 의하여 결정한 광학계초점거리의 1차예상값으로부터 초점비(유효초점거리/입사동공의 직경)를 대략 3으로 설정하였다.

2. Zemax에 의한 광학계설계

론문에서는 위에서 언급한 설계초기조건들을 만족시키도록 입사동공의 직경, 계의 동작파장, 계의 시야를 설정하였다.

광학계에서 사용하는 파장은 자료기지에서 해당한 항목을 선택하는 방식으로 정하였다. 프라운호페르선의 F, D, C선의 파장은 각각 480, 0.58, 65nm이다.

광학계의 시야는 9° 외에 0° , 4° 인 경우를 보충적으로 설정하였다. 이것은 광학계성능을 최량화하는데서 아무러한 작용도 하지 않으며 다만 광학계의 성능을 직관적으로 보여 주는데 리용될뿐이다.

렌즈가 2개 면으로 이루어져있다는것을 고려하여 5개 면들의 곡률반경과 중심두께, 그것들사이의 거리를 그림 1에서와 같이 설계한다. 이상의 초기자료에 기초하면서 초점비를 3으로 보장하기 위하여 마지막렌즈의 곡률반경에 대한 계산을 진행하였다.

위의 방법으로 구한 감시카메라광학계의 렌즈배치와 물체의 거리에 따르는 초점모양은 그림 2와 같다. 보는것처럼 광학계초점은 화상면에서 심히 흐려져있다.

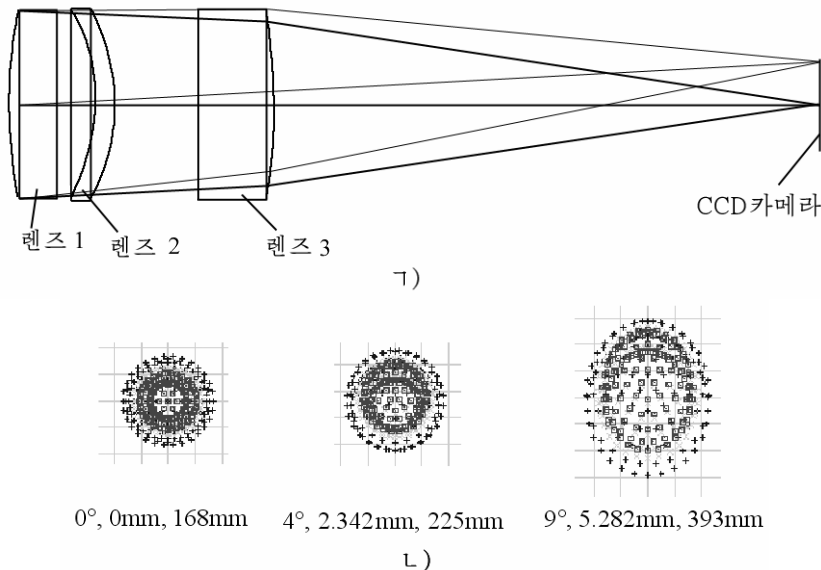


그림 2. 감시카메라광학계의 렌즈배치(7))와 물체의 거리에 따르는 초점모양(L))

불길감시카메라가 선명한 화상을 맺도록 하려면 광학계의 광학요소들을 최량설계하여야 한다. 최량화는 광학계를 이루는 광학요소의 기하학적치수와 간격을 조절하는 방법으로 할수 있다.

또한 렌즈유리재료도 최량화변수로 리용할수 있다. 하지만 유리재료를 임의로 선정할수 없는 조건을 고려하여 최량화변수선정에서 배제한다. 결국 론문에서는 광학계를 이루는 렌즈들의 앞뒤면곡률반경과 중심두께들을 최량화를 위한 변수로 정하였다. 여기서는 공학적인 설계조건을 고려하여 렌즈중심두께와 간격의 최대, 최소값들을 각각 1, 10, 1mm로 정하였다.

최량화를 진행한 조건에서 변화된 광학계요소들의 배치와 최량화된 광학계의 빛반점 모양은 그림 3과 같다.

그림 3을 그림 2와 비교하면 광학계의 성능이 개선되었다는것을 명백하게 알수 있다. 최량설계를 하기 전 빛반점의 기하학적크기는 시야각 0, 4, 9°에서 각각 168, 225, 393mm였지만 최량화후 그것은 각각 50, 68, 154mm였다.

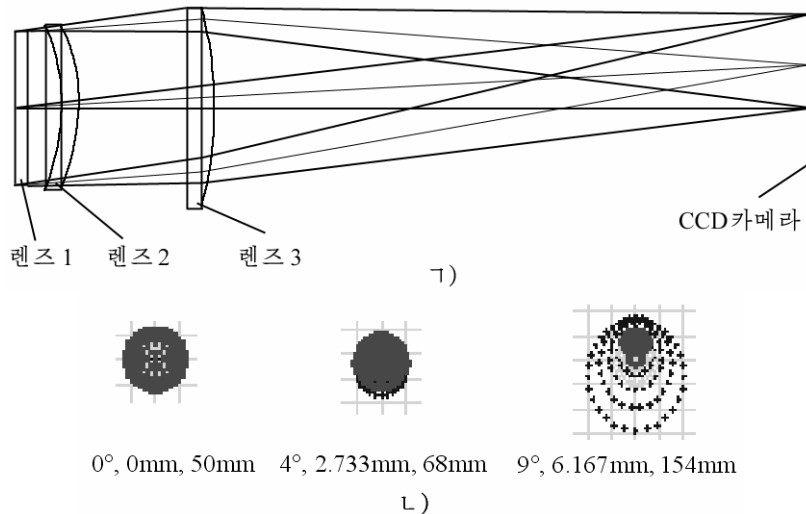


그림 3. 최량설계된 광학계요소들의 배치(7))와 최량화된 광학계의 빛반점모양(L))

Zemax에 의하여 평가한 불길감시카메라의 최량설계치수는 표와 같다.

표. 불길감시카메라의 최량설계치수

곡률반경/mm	두께/mm	재료(굴절률)	직경/mm
62.885	1.202	크108	ϕ 13
∞	2.194	—	—
-12.018	1.000	중후101	ϕ 13
-13.399	6.905	—	—
∞	1.802	중크116	ϕ 13
-28.021	37.874	—	—

맺 는 말

광학계를 이루는 렌즈들의 앞뒤면곡률반경과 중심두께들을 변수로 정하고 그것들을 변화시키면서 최량설계를 진행하여 화상의 질을 3배이상 개선하였다.

참 고 문 헌

- [1] E. J. Tremblay et al.; Applied Optics, 51, 20, 4691, 2012.
- [2] H. S. Son et al.; Applied Optics, 52, 8, 1541, 2013.

Optimization Design of Optical System for Flame Sense Camera by Zemax

Pak Yong Hak, Jo Sung Il

We optimized the radius of curvature of the front and back face and the center thickness of lens in flame sense camera by using program for design optical system, Zemax and proved that the quality of image was improved more than 3 times.

Keywords: optical system, sense camera