

유리 흑연 석출형 철계 소결 베어링의 마멸에 미치는 화학 조성의 영향

Effect of Chemical Composition on Wear Resistance of the Free Graphite-precipitated Ferrous Sintered Bearing

*#이재우

*#JAE WOO LEE(c@doowon.ac.kr)

¹ 두원공과대학 기계학과

Key words : Bearing, Sintered, Ferrous, Graphite, Wear, Pore

1. 서론

유리흑연 석출 철계 소결 오일레스 베어링은, 윤활성 향상에 기여하는 유리 흑연을 기지에 석출시키지 않고, 기공내에서 석출시키며, 이것을 기공 내에서 성장시키는 것에 의하여 기지의 강화를 피함과 동시에, 이와 같이 유리 흑연의 석출이 없는 기지를 미세한 펠라이트 상으로 구성하는 것에 의하여 고면압하에서도 우수한 내마모성을 발휘하도록 한 것이다. 기존에는, 중량%로 C : 1.1-4%, S : 0.02-0.5%, B : 0.01-0.5%, Cu : 0.5-4%를 함유하고, 나머지가 Fe와 불가피성 불순물로 이루어진 조성을 가지며, 펠라이트의 기지와, 기지 중에 분산 분포된 미세한 석출 유리 흑연 및 기공으로 이루어진 조직을 가지는 유리 흑연 석출 철계 소결재료로 구성된 오일레스 베어링이 사용되어 왔다. 한편 최근의 각종 구동 장치의 고효율화 및 저속화는 눈부신 발전을 하였고, 이것에 동반하여 구동 장치의 구조 부재인 회전축은 고부하의 상태에서 회전하는 것으로 되어, 상대 부재인 베어링은, 고하중 마찰조건, 즉 고면압하에서 행해지고 있으나, 기존의 흑연 석출 오일레스 베어링의 경우에, 고면압을 받으면 마모가 급격히 진행되고, 비교적 단시간에 사용 수명에 도달하는 상황이다. 따라서, 본 연구에서는, 고면압하에서 우수한 내마모성을 유리 흑연 석출 철계 소결 오일레스 베어링의 내마모성에 미치는 화학 조성의 영향을 검토하였다.

2. 실험 방법

기공 비율은 압분체의 프레스 성형 압력에 의해 조정하였다. 원료 분말로서 모두 10~150 μm의 범위내의 소정의 평균 입경을 가지는 아트마이즈 Fe-S합금 분말(S : 0.32%함유), 아트마이즈 Fe-Cr-S합금 분말(Cr : 2.1%, S : 0.22%함유), 아트마이즈 Fe-Cr-Mn-S합금 분말(Cr : 2.2%, Mn : 0.7%, S : 0.21%함유), 아트마이즈 Fe-Ni-S합금 분말(Ni : 4.4%, S : 0.12%함유), 아트마이즈 Fe-Mo-S합금 분말(Mo : 1.3%, S : 0.15%함유), 아트마이즈 Fe-Ni-Mo-S합금 분말(Ni : 4.2%, Mo : 1.5%, S : 0.13%함유), Cr분말, Cu분말, Ni분말, Mo분말, S 분말, 흑연 분말, h-BN분말, 및 붕산 분말을 Table 1에 나타나는 조성으로 배합하고, 윤활제로서 스테아린산아연을 0.75%첨가해 V형 믹서로 30분간 혼합하여, 5~7 ton/cm²의 압력으로 압분체로 프레스 성형하였고, 이 압분체를, 메쉬 벨트식 소결로에서, 암모니아 분해 가스 분위기중, 1100~1250℃의 범위내의 소정 온도로 25분간 보관 유지한 후, 5~4 0℃ / min의 범위내의 소정의 냉각속도로 550℃까지 서냉후 방냉의 조건으로 소결하였으며, 광학 현미경(배율 : 100배)으로 관찰한 단면 조직 사진에 의해 기지 조직에 차지하는 펠라이트상의 비율 및 조직 전체에 차지하는 기공(유리 흑연)의 비율을 측정하였다. 외경 : 40mm× 하단 부내지름 : 20mm× 상단 부내지름 : 22mm× 길이 : 15 mm의 치수를 가진 흑연 석출 소결재 베어링 1~24, 및 합금 성분으로서 Cr을 함유하지 않고, 이것에 의해 유리 흑연이 기지 조직에 석출하게 될 뿐만이 아니고, 합금 성분으로서의 Mn함유도 없는 흑연 석출 소결재료로 구성된 흑연 석출 소결재 베어링 25를 각각 제조했다. 각종 베어링을, 각각 수평 배치의 탄소강(SM45C)제 회전축의 첨단부에 삽입 고정하여, 베어링 위에, 높이 : 10mm× 폭 : 10mm× 길이 : 50mm의 치수를 가진 고주파 담금 질강철(SCM435) 블록을, 그 중앙부 하면이 수평 당접하도록 두며, 수평 배치의 블록 표면에는 30kgf의 하중을 부가한 상태로, 베어링을 회전축을 개입시켜 2m/초의 주속으로 회전하는 조건으로 고면

압가속 마모 시험을 실시하였고, 시험 후의 베어링의 길이 방향의 마모량을 임의 4 곳에서 측정하여, 이 측정 결과로부터 최대 마모량과 최소 마모량을 픽업했다.

3. 실험 결과 및 고찰

마멸량의 측정 결과를 Table 2에 나타낸다. Table 2에 나타나는 결과로부터, 베어링 1~24는, 모두 기지 조직이 Cr고용에 의해 강화된 펠라이트 주체상으로부터 되어, 기지 조직에는 유리 흑연이 존재하지 않고, 기공 내에 유리 흑연이 석출해 성장한 조직을 가지는 흑연 석출 소결재료로 구성되어 있으므로, 고면압하에서의 마모 조건에도 불구하고, 베어링 내면에 있어서의 최대 마모량과 최소 마모량의 값이 상대적으로 작고, 한편 그 차이도 극히 작으며, 이것은 균등 마모로, 뛰어난 내마모성을 발휘하는 것을 나타내는 것이며, 한편 베어링 25는, 기지 조직은 실질적으로 펠라이트 주체상으로부터 되지만, 유리 흑연은, 기공내에는 존재하지 않고, 기지 조직안에 석출해 성장한 조직을 가지는 흑연 석출 소결 재료로 구성되어 있으므로, 고면압하에서의 마모 조건에서는 석출 유리 흑연에 의한 기지 조직의 강도 저하가 원인으로 국부적으로 마모에 불균형이 발생할 뿐만이 아니고, 마모 진행이 극히 빠르고, 사용 수명의 단명화인가 피할 수 없는 것이 분명하다. 원료 분말로서 기본적으로 Fe에, 합금 성분으로서 S 성분, 혹은 Cr과 Mn과 S성분, 더욱이 필요에 따라서 S성분과 Ni 및/또는 Mo성분을 각각 소정량 함유시킨 아트마이즈 Fe합금 분말과 육방정질화 붕소(이하, h-BN로 칭한다) 분말 및/또는 붕산 분말을 이용하고, Cr분말, Cu분말, Mn분말, S(유황) 분말, 및 흑연 분말, 필요에 따라서 Ni분말, Mo분말을 이용해 이것들 원료 분말을 소정의 배합 조성으로 배합하고, 통상의 조건으로 혼합하며, 압분체로 프레스 성형한 상태로, 압분체를

Table 1 Chemical composition

종별	성분 조성 (중량%)								
	C	S	B	Cr	Cu	Mn	Ni	Mo	Fe
1	1	0.2	0.3	3	2	0.6	-	-	bal.
2	2	0.2	0.3	3	2	0.6	-	-	bal.
3	3	0.2	0.3	3	2	0.6	-	-	bal.
4	2	0.05	0.3	3	2	0.6	-	-	bal.
5	2	1	0.3	3	2	0.6	-	-	bal.
6	2	0.2	0.05	3	2	0.6	-	-	bal.
7	2	0.2	1	3	2	0.6	-	-	bal.
8	2	0.2	0.3	0.6	2	0.6	-	-	bal.
9	2	0.2	0.3	5	2	0.6	-	-	bal.
10	2	0.2	0.3	3	0.6	0.6	-	-	bal.
11	2	0.2	0.3	3	4	0.6	-	-	bal.
12	2	0.2	0.3	3	2	0.2	-	-	bal.
13	2	0.2	0.3	3	2	1.1	-	-	bal.
14	2	0.2	0.3	3	2	0.6	1.2	-	bal.
15	2	0.2	0.3	3	2	0.6	3.3	-	bal.
16	2	0.2	0.3	3	2	0.6	5.2	-	bal.
17	2	0.2	0.3	3	2	0.6	-	0.056	bal.
18	2	0.2	0.3	3	2	0.6	-	0.51	bal.
19	2	0.2	0.3	3	2	0.6	-	0.87	bal.
20	2	0.2	0.3	3	2	0.6	-	1.3	bal.
21	2	0.2	0.3	3	2	0.6	-	2.2	bal.
22	2	0.2	0.3	3	2	0.6	1.1	1.2	bal.
23	2	0.2	0.3	3	2	0.6	2.2	1.6	bal.
24	2	0.2	0.3	3	2	0.6	1.3	0.28	bal.
25	2	0.2	0.3	-	2	-	2	-	bal.

Table 2 Pearlite rate in matrix and wear thickness

종별	조직(면적 %)		마모량(μm)	
	기지조직에 차지하는 펄라이트상의 비율	기공(유리흑연)의 비율	최대값	최소값
1	95	5	37	31
2	94	6	34	27
3	90	10	29	24
4	94	6	36	29
5	90	10	43	34
6	95	5	37	32
7	93	7	24	17
8	96	4	31	26
9	87	13	29	26
10	85	5	34	27
11	94	6	49	41
12	89	11	44	31
13	96	4	39	29
14	89	11	27	15
15	95	5	34	27
16	94	6	51	39
17	91	9	37	31
18	90	10	39	27
19	92	8	29	20
20	91	9	54	46
21	90	10	31	27
22	95	5	26	14
23	93	7	17	9
24	90	10	14	5
25	89	기공 : 5 유리흑연 : 6	84	75

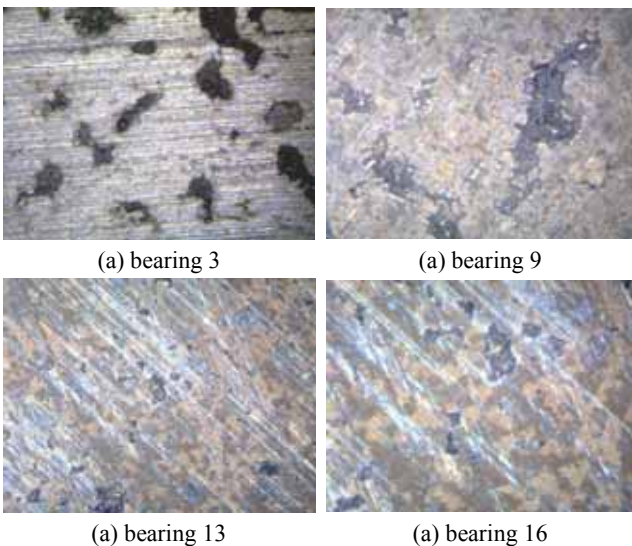


Fig. 1 Microstructure of various sintered bearings

환원성 분위기중, 상대적으로 높은 소결 온도가 되는 1100~1250°C의 범위내의 소결 온도로 가열하여, 소결 시간 보편 유지 후, 5~40°C / min의 냉각 속도(40°C / min을 넘긴 냉각 속도에서는 마르텐사이트상이나 베이나이트상이 출현하게 되어 상대 공격성이 급격하게 증대하며, 한편 5°C / 분 미만의 냉각 속도에서는 펄라이트상의 조대화가 현저해진다고 하는 이유에 의한다), 10~35°C / 분의 냉각 속도로, 적어도 600°C까지 냉각의 조건으로 소결하며, C : 1~3%, S : 0.05~1%, B : 0.05~1%, Cr : 0.5~5%, Cu : 0.5~4%, Mn : 0.2~1%, 를 함유하고, 더욱이 필요에 따라서, Ni : 1~5%, Mo : 0.05~2%, 를 함유해, 나머지가 Fe와 불가피 불순물로부터 되는 조성을 가지며, 한편 6.0~7.2g/cm³의 밀도, 즉 80~95%의 이론 밀도비, 광학 현미경에 의한 단면 조직 관찰로, 조직 전체에 차지하는 비율로 2~15 면적%의 기공을 가진 흑연 석출 소결재로 베어링을 형성하면, 이 흑연 석출 소결재 베어링에 대해서는, 상기의 소결 온도도, 기지 조직을 형성하는 상기 Fe함금 분말에 C성분(흑연 분말)이 고용하지만, 이 고용한 C성분은, 같은 기지 조직에 고용한 Cr성분에 의한 기지 조직안으로의 유리 흑연 석출 억제 작용과 함께, h-BN 분말 및 붕산 분말의 B성분과 Fe함금 분말 중에 고용의 S성분의 상호 작용으로, 냉각 과정에서 기공내에 유리 흑연으로서 석출하

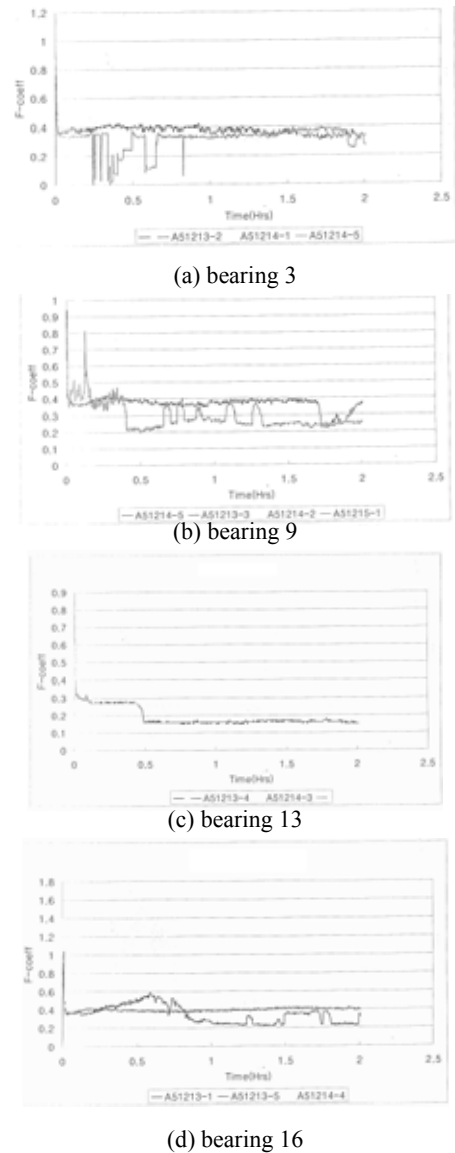


Fig. 2 Friction coefficients of the sintered bearings

여, 성장하고, 이 결과 석출 유리 흑연은 실질적으로 기공내에게만 존재하고, 한편 기지 조직은, 석출 유리 흑연이 실질적 존재하지 않기 때문에, 현저하게 강화 될 뿐만이 아니고, 고용 Cr에 의해 경질로 하여 미세한 펄라이트 주체상이 되는 것으로부터, 고면압하에서도 기공내에 존재하는 석출 유리 흑연에 의한 윤활성 향상 효과와 함께, 뛰어난 내마모성을 발휘하게 된다.

4. 결론

C : 1~3wt%, S : 0.05~1%, B : 0.05~1%, Cr : 0.5~5%, Cu : 0.5~4%, Mn : 0.2~1%, Ni : 1~5%, Mo : 0.05~2%를 함유하고, 나머지가 Fe와 불가피성 불순물로 된 조성을 가지고, 2~15 면적%의 기공을 가지는 흑연 석출 오일레스 베어링은 유리흑연이 기지조직에 존재하지 않고, 기공 내에 석출하여 내마모성이 현저히 향상된다.

후기

본 연구는 (주)에스.오.비의 협력에 의하여 행해진 것입니다. 이에 당사에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 이재우, "고체 윤활제가 참가된 고속 이송용 Fe계 소결 재료의 개발," 한국 정밀공학회 2006년도 추계학술대회 논문집, 239-240, 2006.