

고면압하에서의 내마멸성을 향상시킨 철계 소결 함유 베어링의 개발 Development of Ferrous Sintered Bearing Exhibiting Excellent Wear Resistance under High Facial Pressure

* #이재우

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

¹두원공과대학 기계과

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

1. 서론

최근의 각종 구동 장치의 고출력화 및 저속화는 눈부신 발전을 하였고, 이것에 동반하여 구동 장치의 구조 부재인 회전축은 고부하 상태에서 회전하는 것으로 되어, 상대 부재인 베어링은, 고하중 마찰조건, 즉 고면압하에서 행해지고 있으나, 기존의 흑연 석출 오일레스 베어링의 경우에, 고면압을 받으면 마멸이 급격히 진행되고, 비교적 단시간에 사용 수명에 도달하는 상황이다. 따라서, 본 연구에서는, 고면압하에서 우수한 내마멸성을 유리 흑연 석출 철계 소결 오일레스 베어링의 내마멸성에 미치는 성분 조성의 영향을 검토하였다. 또한, 높은 면압하에서 사용하기 위하여, 탄소강 또는 스테인레스강 등으로 된 강철기재 표면에 철계금속분말과 흑연 등의 고체윤활제의 미세분말을 혼합한 고체윤활제 혼합 금속분말을 프레스로 압착 성형한 후 소결로 내부에 넣고 가스분위기하에서 고온으로 소결하여 만들어지는 강철기재 철계소결재 미끄럼베어링에서 가장 큰 기술적 문제는 강철기재(강철이면 금속 함)와 소결재(소결합금층)간의 접합이다. 강철기재와 소결재간의 접합성에 손상이 없어야만 다량의 흑연, 이황화몰리브덴이 포함된 철계소결합금층의 성형 및 소결이 가능하며, 구조용 목적으로의 실제 사용이 가능하기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 강철기재 철계소결재 미끄럼베어링에서 강철기재와 소결재간의 접합성을 좋게 하기 위한 방안을 검토하였다.

2. 시험 방법

Fig. 1(a) ~ (e)는 본 개발의 성형 방법을 보인다. 본 개발의 부시형 강철기재 철계소결재 미끄럼베어링을 제조하기 위해서는 우선 원통형의 강철기재(23)와 상기의 철계금속분말(24)과 입상 고체윤활제(20a, 20b)를 준비한다. 또한, 프레스(28)에 결합된 펀치(27)로 가압하여 강철기재(23) 내측에 철계금속분말(24) 및 입상 고체윤활제(20a, 20b)의 압착 성형체를 형성할 수 있는 금형을 준비한다. 상기 금형은 강철기재(23)를 삽입할 수 있는 측부금형(26)과, 압착성형체 내부에 공동(空洞)을 형성할 수 있는 코어(core)를 갖는 코어금형(25)으로 분리한다.

원통형의 강철기재(23), 철계금속분말(24), 입상 고체윤활제(20a, 20b) 및 금형(25, 26)이 준비되면, 코어금형(25) 및 측부금형(26)을 조립하고, 코어금형(25)의 코어가 원통형 강철기재(23) 중심에 오도록 강철기재(23)를 측부 금형에 삽입한 후, 코어금형(25)의 코어 외측과 원통형 강철기재(23) 내측간에 형성되는 공간에 바닥으로부터 철계금속분말(24)을 도포하면서, 코어의 외면에 인접한 둘레에 외측 배열 입상 고체윤활제(20a)와 내측 배열 입상 고체윤활제(20b)를 순차적으로 쌓아 간다. 이 때 입상 고체윤활제(20a, 20b)가 통과할 수 있는 눈이 원형으로 배치된 채를 이용하면 용이하게 입상 고체윤활제 배열을 얻을 수 있다. 철계금속분말(24) 및 입상 고체윤활제(20a, 20b)를 펀치가 결합된 프레스로 가압하여 원통형 강철기재(23) 내측에 철계금속분말(24) 및 입상 고체윤활제(20a, 20b)의 압착성형체를 형성하고, 원통형 강철기재(23)와 함께 소결로에 넣고 소결한다. 원료 분말로서 모두 10~150 μm의 범위내의 소정의 평균 입경을 가지는 아토마이즈 Fe-S합금 분말(S : 0.32%함유), 아토마이즈 Fe-Cr-S합금 분말(Cr : 2.1%, S : 0.22%함유), 아토마이즈 Fe-Cr-Mn-S합금 분말(Cr : 2.2%,

Mn : 0.7%, S : 0.21%함유), 아토마이즈 Fe-Ni-S합금 분말(Ni : 4.4%, S : 0.12%함유), 아토마이즈 Fe-Mo-S합금 분말(Mo : 1.3%, S : 0.15%함유), 아토마이즈 Fe-Ni-Mo-S합금 분말(Ni : 4.2%, Mo : 1.5%, S : 0.13%함유), Cr분말, Cu분말, Ni분말, Mo분말, S(황)분말, 흑연 분말, h-BN 분말, 및 붕산 분말을 사용하였으며, 이것들 원료 분말을 Table 1에 나타나는 배합 조성으로 배합하였고, 윤활제로서 스테아린산아연을 0.75% 첨가해 V형 믹서로 30분간 혼합하고, 5~7 ton/cm²의 압력으로 압분체로 프레스 성형하였으며, 이 압분체를, 메쉬 벨트식 소결로에서, 암모니아분해 가스 분위기중, 1180℃의 온도로 25분간 유지한 후에, 20℃/min의 냉각속도로 550℃까지 서랭후 방랭의 조건에서, 외경 : 40mm× 하단부 안지름 : 20mm× 상단부 안지름 : 22mm× 길이 : 15 mm의 치수를 가지는 신뢰성 향상 흑연 석출 소결재 베어링을 소결하였다. 한편, 경질입자를 함유시키는 경우에는 고합금 경질 입자로서 Fe-60%Mo-2%Si의 조성 및 Hv : 1200의 경도를 가지는 Fe-Mo계 합금 분말(경질 입자 A분말), Fe-35%Cr-25%Co-25%W-1%Nb-1.5%C의 조성 및 Hv : 1500의 경도를 가지는 Fe-Cr-W-Co계 합금 분말(경질 입자 B분말), 및 Co-28.5%Mo-8.5%Cr의 조성 및 Hv : 800의 경도를 가지는 Co-Mo-Cr계 합금 분말(경질 입자 C분말)을 첨가하였으며, Ti, Zr, Ta, Cr, Mo, 및 W)의 탄화물 또는 질화물을 전자현미경에 의한 단면 조직 관찰로 0.1~5 μm의 평균 입경을 나타내는 입자 : 0.2~4%를 함유시켰다.

상기의 각종 베어링을, 각각 수평 배치의 탄소강(SM45C)제 회전축의 첨단부에 삽입 고정하고, 베어링 위에, 높이 : 10mm× 폭 : 10mm× 길이 : 50 mm의 치수를 가진 고주파담금질강철(SCM435)블록을, 그 중앙부 하면이 수평 당접하도록 두며, 수평 배치의 블록 표면에는 30kgf의 하중을 부가한 상태로, 베어링의 회전축을 2 m/sec의 주속으로 회전하는 조건으로 고면압가속 마멸 시험을 실시하였으며, 시험 후의 베어링의 길이 방향의 마멸량을 임의 4 곳에서 측정하였고, 이 측정 결과로부터 최대 마멸량과 최소 마멸량을 구하였다.

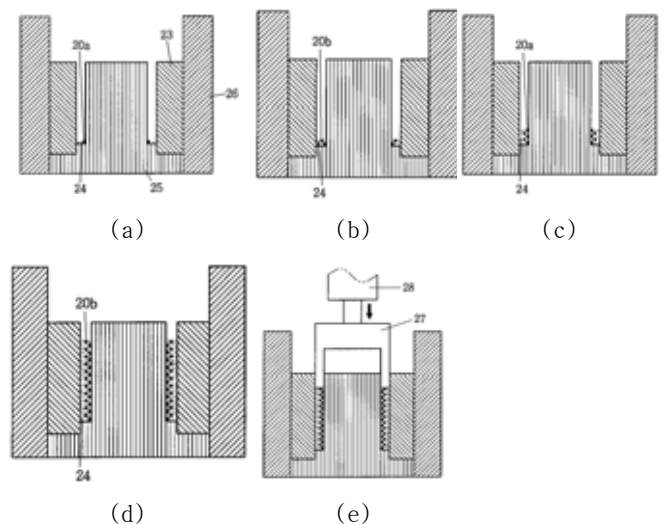


Fig. 1 Producing procedure of sintered bearing

Table 1 Chemical composition of sintered bearings

No.	Chemical composition (wt%)									hard particle	Fe
	C	S	B	Cr	Cu	Mn	Ni	Mo			
1	3	0.2	0.3	3	2	0.6	-	-	-	-	bal.
2	3	0.2	0.3	3	2	0.6	1.2	-	-	-	bal.
3	3	0.2	0.3	3	2	0.6	3.2	-	-	-	bal.
4	3	0.05	0.3	3	2	0.6	4.8	-	-	-	bal.
5	3	1	0.3	3	2	0.6	-	0.056	-	-	bal.
6	3	0.2	0.05	3	2	0.6	-	0.51	-	-	bal.
7	3	0.2	1	3	2	0.6	-	0.87	-	-	bal.
8	4	0.2	0.3	0.6	2	0.6	-	1.3	-	-	bal.
9	4	0.2	0.3	5	2	0.6	-	2.2	-	-	bal.
10	4	0.2	0.3	3	0.6	0.6	-	1.2	-	-	bal.
11	4	0.2	0.3	3	4	0.6	-	1.6	-	-	bal.
12	4	0.2	0.3	3	2	0.2	-	0.28	-	-	bal.
13	5	0.2	0.3	3	2	1.1	-	-	-	A 5	bal.
14	5	0.2	0.3	3	2	0.6	-	-	-	B 5	bal.
15	5	0.2	0.3	3	2	0.6	-	-	-	C 5	bal.
16	5	0.2	0.3	3	2	0.6	-	-	-	A 10	bal.
17	5	0.2	0.3	3	2	0.6	-	0.056	-	B 10	bal.
18	5	0.2	0.3	3	2	0.6	-	0.51	-	C 10	bal.
19	6	0.2	0.3	3	2	0.6	-	0.87	-	TiN 0.2	bal.
20	6	0.2	0.3	3	2	0.6	-	1.3	-	TaC 0.5	bal.
21	6	0.2	0.3	3	2	0.6	-	2.2	-	WC 1.5	bal.
22	6	0.2	0.3	3	2	0.6	1.1	1.2	-	ZrC 1	bal.
23	6	0.2	0.3	3	2	0.6	2.2	1.6	-	Cr ₃ C ₂ 4	bal.
24	6	0.2	0.3	3	2	0.6	1.3	0.28	-	Mo ₂ C 3	bal.
25	6	0.2	0.3	-	2	-	2	-	-	-	bal.

3. 실험 결과 및 고찰

Table 2 Pearlite rate in matrix and wear thickness

No.	Matrix(area %)		Friction coefficient	Wear(μ m)	
	Pearlite rate in matrix(area %)	Area rate of pore (free graphite)		max.	min.
1	91	9	0.19	22	16
2	89	11	0.19	15	8
3	93	7	0.19	19	15
4	92	8	0.19	29	22
5	89	9	0.19	21	17
6	90	10	0.19	22	15
7	92	6	0.20	16	11
8	89	11	0.19	31	26
9	90	10	0.19	17	15
10	95	5	0.19	14	7
11	95	5	0.20	9	5
12	94	6	0.20	7	3
13	95	5	0.22	19	13
14	92	6	0.22	19	14
15	92	7	0.22	20	14
16	87	15	0.23	14	12
17	90	8	0.23	18	13
18	89	8	0.23	22	13
19	87	10	0.23	25	20
20	88	9	0.23	23	17
21	91	8	0.25	12	9
22	90	8	0.23	19	14
23	92	7	0.27	11	7
24	90	9	0.26	18	13
25	90	pore : 5 free graphite : 6	0.22	81	72

Table 2에서, 본 개발의 베어링 1~24는, 기지 조직이 실질적으로 Cr 고용에 의해 강화된 펄라이트로 이루어지며, 기지 조직에는 유리 흑연이 존재하지 않고, 기공 내에 유리 흑연이 석출하여 성장한 조직을 가지는 흑연 석출 소결체로 구성되어 있으므로, 고면압하에서의 마멸 조건에도 불구하고, 베어링 내면에 있어서의 최대 마멸량과 최소 마멸량의 값이 상대적으로 작고, 그 차이도 극히 작으며, 균등한 마멸을 보이고, 뛰어난 내마멸성을 발휘한다. 한편 기존의 베어링은, 기지 조직은 실질적으로 펄라이트로 되지만, 유리 흑연은, 기공내에는 존재하지 않고, 기지 조직 안에 석출하여 성장한 조직을 가지는 흑연 석출 소결 재료이므로, 고면압하에서의 마멸 조건에서는 석출 유리 흑연에 의한 기지 조직의 강도 저하가 원인으로 국부적으로 마멸에 불균형이 발생할 뿐만이 아니고, 마멸 진행이 극히 빠르다.

Fig. 2(a)-(e)는 본 개발의 각종 소결베어링의 현미경 조직을 나타

내며, Fig. 2(f)는 기존의 소결 베어링의 조직 사진을 보인다. Fig. 3(a)-(d)는 본 개발의 소결 베어링의 마찰 계수를 나타낸다.

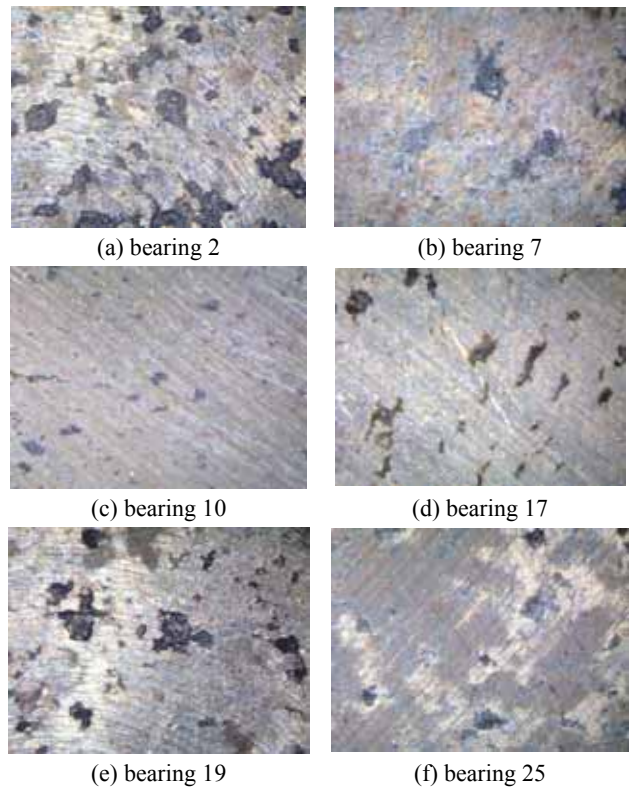


Fig. 2 Microstructures of various sintered bearings

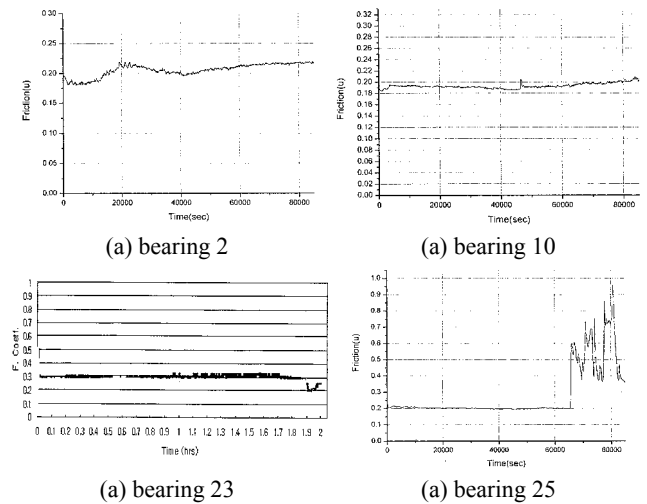


Fig. 3 Friction coefficients of various sintered bearings

4. 결론

본 개발의 베어링은, 기지 조직이 실질적으로 Cr 고용에 의해 강화된 펄라이트로 이루어지며, 기지 조직에는 유리 흑연이 존재하지 않고, 기공 내에 유리 흑연이 석출하여 성장한 조직을 가지는 흑연 석출 소결체로 구성되어 있으므로, 고면압하에서의 마멸 조건에도 불구하고, 베어링 내면에 있어서의 최대 마멸량과 최소 마멸량의 값이 상대적으로 작고, 그 차이도 극히 작으며, 균등한 마멸을 보이고, 뛰어난 내마멸성을 발휘한다.

후기

본 연구는 1사 1전담멘토 지원사업에 의하여 (주)에스지오에서 실시된 것으로, 당사에 깊은 감사를 드립니다.