

附錄 4 터빈 베어링 點檢 基準

(The Maintenance Guideline of Turbine Bearing)

(이 자료는 미국의 General Electric사와 그 License 기종 및 유사한 터빈의 정비에 적용한다.)

점검항목	점검 주기	관 정 기 준	사유	부적합에 대한 표준적 조치
저널 베어링 간극 (Oil Gap)	2년 또는 분해시마다	타원 베어링 간극 ➡ 설계치: $0.0013 \times D \sim 0.0013 \times D + 0.1$ ➡ 관리치: $0.002 \times D$ 이내, 단 도면 지시치의 경우 하한치의 1.5배가 관리치임 ➡ 한국표준형 500, 1000MW: $0.001 \times D + 0.10$ * D : 저널 직경	유막유지 진동방지	1. 밀착도 검사: Babbitt와 베어링 메탈의 U.T 결과 밀착도가 80% 이상 되지 않으면 Rebabbitting 2. 예비품과 교체 ➡ 회전기계 rpm별 베어링 간극 2000rpm까지: $1/1000 \times D$ 4500rpm까지: $1.3/1000 \times D$ 4500rpm이상: $2/1000 \times D$
		Tilting Pad 베어링 간극 ➡ 설계치: $D < 381: 0.0013 \times D \sim 0.0013 \times D + 0.10$ $D \geq 381: 0.0015 \times D \sim 0.0015 \times D + 0.10$ ➡ 관리치: $0.002 \times D$ 이내 ➡ 단 비표준품은 타원베어링과 동일하게 관리.		1. Pad 전량 예비품으로 교체 2. Upper Pad 뒷면부 Liner 밑에 계산량 만큼의 Shim을 삽입하여 내경면을 설계 치수로 가공 * Pad의 Babbitt 부분 정비는 현장에서 불가능함
		전후의 간극 차이 ➡ 관리치 : $0.0002 \times L_{mm}$ 이내 (L_{mm} = 베어링 유효폭)		1. 베어링 간극이 관리치 이하이면 내경을 수정 가공 2. Journal Taper도가 관리치인 $0.025mm$ 초과시 저널 기계 가공 ➡ 저널 기계 가공 후에는 High Speed Balancing이 필요함

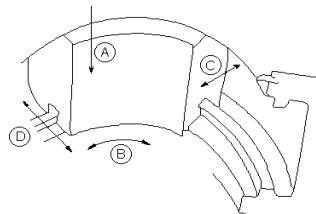
점검항목	점검주기	판정기준	사유	부적합에 대한 표준적 조치
저널 베어링 간극 (Oil Gap)	2년 또는 분해시마다	경년 마모량 ➡ 관리치: 최초 사용시 간극+0.08mm 이내	유막유지 진동방지	1. 베어링 간극이 관리치 이하이면 내경을 수정 가공 2. 저널 조도 : 6.3S를 초과할 때는 Sand Paper로 사상가공 3. 저널의 마찰손상: 0.10mm 이상 깊이의 상처 합계 폭이 베어링 유효폭의 4%를 초과 할 때에는 저널을 기계가공
Metal 평행도 (Twist)	조립시	타원 베어링 ➡ 관리치 1 : 같은 두께의 Gap Gauge 삽입 전후 차이는 5mm 이내 ➡ 관리치 2 : Side 간격 (GL-GR+TR-TL)÷2가 ±0.3×D÷1000mm이내	부분접촉 방지	하부 베어링 위치조정 : Oil Jack 등으로 베어링을 이동하여 수정.
		Tilting Pad 베어링 ➡ 관리치 : Seal Ring 삽입 간극의 전후 차이는 0.10mm 이내	진동방지	
추력 베어링 간극	2년 또는 분해시마다	➡설계치: 도면참조 ➡ 관리치: 설계치의 125% 이내가 목표	노즐, 다이아프램과 동익 간격확보	Thrust Liner 교체로 두께 조정 ⇨ Thrust 이동량은 상부부품을 완전히 조립한 후에 측정하고 간격이 크면 Plate 접촉면이 커지는 원인이 되므로 철저히 점검할 것
		구성부품들의 총두께 측정치와 Rotor 이동량 측정치 간의 차이는 0.05mm이내	부품 변형량 파악 및 정확한 간극 확인	1. 추력 베어링과 Thrust Collar의 간극치수 측정 및 평행도 측정. 2. Pad 뒷면 Contact 점검 및 두께 다시 측정

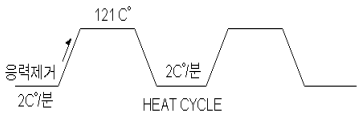
점검항목	점검주기	판정기준		사유	부적합에 대한 표준적 조치	
저널 베어링 접촉폭	4년 또는 분해시마다	▶관리치: 전, 중앙, 후부의 평균치가 $0.3 \times D \sim 0.5 \times D$ 이내 ☞ 접촉면의 기록은 베어링 중심선에 대하여 좌우 최소 6개소를 측정.		유막유지	1. 베어링 간극(Oil Gap): 경년마모량이 심해 접촉폭이 커지면 베어링을 교체 (단 저널면의 조도, Turning 운전시간, 급유온도, Alignment의 변화, 윤활유의 청정도 등을 조사하고 결과에 따라 판단할 필요가 있다). 2. 손질: Scraper나 #320, #400의 광택 연마지로 연마.	
		▶ 베어링 메탈면의 검은색 접촉폭이 $0.50 \times Dmm$ 를 초과할 경우		진동방지 손상방지	운전중 이상진동 발생시 베어링을 교체	
추력 베어링 접촉폭	4년 또는 분해시마다	▶설계치 : ① 접촉폭 설계치 의함 ② 각 Flat Land와 Taper Land의 접촉 면적비 $= 1 : 9$ 또는 $2 : 8$ Taper도: $0.06 - 0.18$ ▶관리치 : ① 설계치 폭의 2배 이내 ② 각 Flat Land와 Taper Land의 면적비 $= 1 : 3$ 이내		온도 상승 및 손상 방지. 특히 열박음 Thrust Collar 채용 기종은 열박음부 풀림 및 Rotor 절단 방지	1. Thrust Plate 뒷면의 접촉상태, 두께, Taper Land부의 Taper도 점검 및 수정 2. 조정 Liner, Thrust Casing 변형 점검 및 수정 3. Ball Seat 체결 Torque의 점검 및 조정 4. Thrust Pedestal의 축방향 Slide 상태 점검 ☞ Thrust 구성품의 두께를 수정 가공시에는 조정 Liner를 새로 교체하고 두께를 기록후 가공할 것	
Babbitt 박리. 가장자리 P.T	4년	저널 베어링		추력 베어링		주급유펌 프베어링 Babbitt U.T: 밀착도 검사 시 80% 이상 확보되면 그대로 사용하고 80%미만은 Rebabbitting (추력베어링은 새로 교체)
		원주방향	축방향	원주방향	축방향	
		원주의 1/3이하	베어링 길이의 1/4 이하	원주의 1/3 이하	베어링 길이의 1/4이하	
					원주 10% 미만의 박리 합계가 50% 미만	

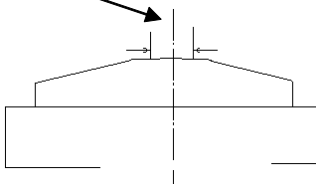
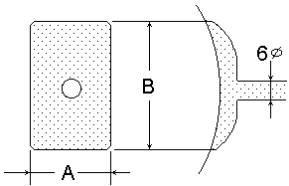
점검항목	점검 주기	관 정 기 준	사 유	부적합에 대한 표준적 조치
Babbitt 박리 (UT)	P.T 불량시	▶ 관리치: 박리 면적이 전체 면적의 20% 이하 1개소의 박리면적은 25×25mm이하	부풀어 오름 손상방지	저널 베어링과 추력 베어링은 Rebab-bitting으로 정비하고 Tilting Pad 베어링은 새로 교체
B a l l S e a t Gap (Pinch)	분해시 조립시	▶ 목표치 1. 추력 베어링 조임치는 0.03~간격+0.05mm(단 Ball Seat부 축방향 이동량은 0.127 mm이하로 관리) 2. 저널 베어링(최종단 동익 26" 이상의 저압터빈 베어링)=(0.000033~0.000055)×Ball Seat Dia±0.02. 단 하한치를 목표치로 한다. 3. 상기 이외는 베어링 단독 상태로 +0.04~+0.08mm 4. 한국표준형 500MW 화력 터빈 #1~#6 베어링: 0~-0.05mm 발전기 #7-#8 베어링: -0.05~-0.075mm 추력 베어링: +0.05~+0.127mm 5. 한국표준형 1000MW 원자력 터빈 #1~#8 베어링: 0~-0.05mm 발전기 #9~#10 베어링: -0.025~-0.075mm 추력 베어링: +0.05~+0.127mm	이상진동 발생방지 부분접촉 방지	1. 간격조정 2. Ball Seat면 가공 최종단 동익 25" 이상의 저압터빈 베어링은 Torque 보다도 Ball Seat 간극치를 최우선 관리. Ball Seat 간극은 운전중 HIP부는 증가(베어링 페테스탈측 고온)하고, LP부는 감소(베어링쪽이 고온)하는 경향이 있다. ☞ Ball Seat Torque 측정을 실시하지 못한 경우 최근의 간극치로 관리한다.

점검항목	점검 주기	판 정 기 준	사 유	부적합에 대한 표준적 조치
Bearing Ball S e a t 접 촉 상태	4년 마다	1. Loose Type으로 조립하 는 베어링(+) ▶ 관리치 ☞ 하부 중심에서 45범위: 95%이상 ☞ 하부 잔여부분: 80%이상 ☞ 상부 중심에서 45범위: Contact이 없거나 가벼 운 접촉도 허용 ☞ Upper 좌·우 : 가벼운 접촉도 허용 2. Tight Type으로 조립하는 베어링(-) ▶ 관리치: 전체적으로 80% 이상 균일한 접촉	급 배 유 Leak 방지. 이상진동 발생방지 부 분 접 촉 방지	1. 간극조정 2. Ball Seat면 수정가공
B a l l Seat Torque	4년 마다	▶ 설계치 ○ 추력베어링:166~276kg-m ○ 저널 베어링: 최종단 동익 26" 이상의 저압 로타 베어링: 0.32×베어링자중×Ball Seat Dia÷2kg-m이하 (약 70~90 Kg-m) ○ 상기이외의 Torque(kgm)	부분접촉 방지	Torque 조정: 수평 Flange부 Shim량 에 따라 조정, 조정이 불가능한 경우 Ball Seat 수정가공 (75MW 일체형 베어링 Torque는 추 력 베어링의 Torque치로 관리한다.) ϕ406 : 136~331 ϕ432 : 163~364 ϕ457 : 176~398 ϕ483 : 215~465 ϕ508 : 258~523 ϕ533 : 299~581 ϕ559 : 341~621 ϕ584 : 396~704 ϕ610 : 436~780 ϕ635 : 488~838 ϕ660 : 539~904 ϕ686 : 602~978 ϕ711 : 656~1061 ϕ737 : 713~1137 ϕ762 : 777~1219 ϕ914 : 1161~1717 ϕ1016 : 1443~2066 ϕ1118 : 1742~2427 ϕ1219 : 2041~2796 ϕ1321 : 2342~3185

점검항목	점검 주기	판 정 기 준				사 유	부적합에 대한 표준적 조치			
베어링 Shim Pad 접촉폭	4년 마다	▶관리치 ☞ 하부 중심에서 45범위 (0°, 30°, 45°)의 Pad: 95%이상 접촉. ☞ 좌·우 90°측 Pad: Ball Seat의 접촉상태에 따라 80% 정도 가볍게 접촉 (Pad 뒷면에 Gap Gauge 가 삽입되지 않는가 확인- 0.03mm의 부분삽입은 허용)				급 배 유 Leak 방지. 이상진동 발생방지	결합: 상·하 베어링 Ring을 조립하여 Pad 접촉상태를 점검하고 불량시 수정한다. 좌·우 Side Liner에서 0.30mm Shim을 빼내고 접촉상태를 확인하여 Liner와 페테스탈사이의 간격을 측정하여 그 양만큼의 Shim을 삽입. ☞ 좌·우 Side Liner의 상태에 따라 Ball Seat 접합에 나쁜 영향을 주므로 특히 주의할 것			
베어링 조정Ring 상부수평면 간극	조립시	▶ 관리치: 좌·우의 차이 0.50mm 이내				접촉중심 확보	하부 조정 Ring 조립시 좌·우 Level을 동일하게 조정. 간극이 큰 쪽의 체결Bolt를 1차로 임시 체결하고 간극조정 완료후 최종 체결			
Bearing Ring 체결Bolt Torque	조립시	볼트 크기	1 ¼	1 ½	1 ¾	2	2 ¼	2 ½	2 ¾	3
		저널 베어링	50~60	55~65	60~70	70~80	80~90	90~100	95~105	100~110
		추력 베어링	-	110	120	135	150	160	-	-
		BFP-T의 조정 Ring이 없는 베어링 Cover 수평 Bolt의 체결 Torque 단위: Kg/m								
		Bolt Size	3/4	7/8	1	1 ¼	1 ½	1 ¾		
		체결 Torque	14~17.5	22~27.5	33~41.2	66~82.3	114~142	180~226		
한국표준형 500, 1000MW 기종은 Dial Gage를 설치하여 +0.05mm까지 체결 (Torque 약 30Kg/m)					진동방지	☞ Torque 체결시 Rotor 침하량은 0.03mm이하, 관리치를 초과시에는 베어링 Ring 조정 Liner 접촉상태를 다시 점검 할 것				

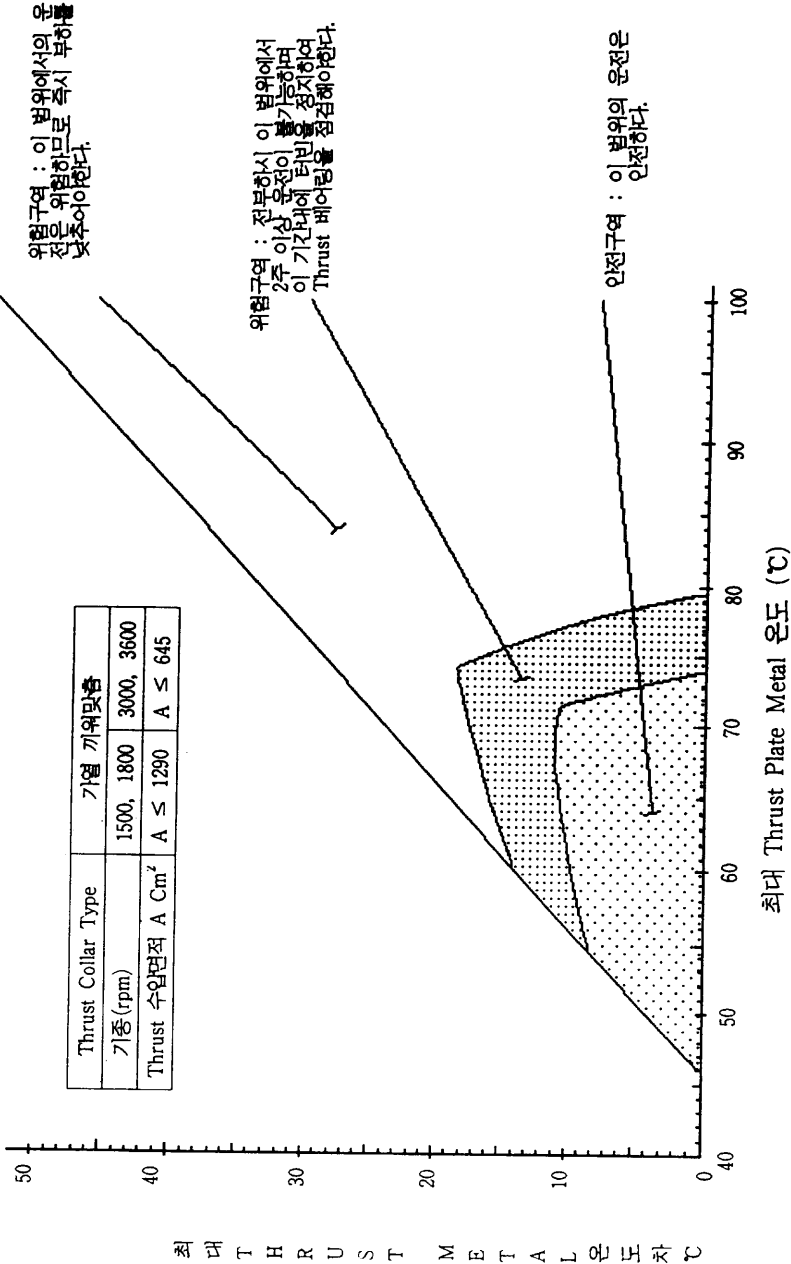
점검항목	점검 주기	판 정 기 준	사 유	부적합에 대한 표준적 조치
Tilting Pad 뒷면 접촉	분해시	Double Tilting : 중앙부에 원형 혹은 타원형의 접촉. Single Tilting : 중앙부에 축 방향으로 늘어진 띠모양의 접촉.	진동방지	Pad 교체
Tilting Pad 이동량	교체시	❑ 관리치 : 축방향 ① $1.5 \pm 0.5\text{mm}$ 좌우(원주)방향 ② $3 \pm 1.0\text{mm}$ 상하 방향 ③ 1.5mm 이상 ④ 0.8mm 이상	진동방지	부적합 개소 수정 
P a d Bearing S e a l Ring	조립시	직경 간극 ❑ 설계치 : $0.15 \sim 0.30\text{mm}$ ❑ 관리치 : 0.45mm 이내 경방향 움직임 : 설계치 반경 : 1.5mm 관리치 반경 : 1.0mm 이상	급유량 유지	1. Ring 교체 2. 움직이는 량이 부족할 때에는 Ring 외경 및 두께 수정
P a d Bearing O i l S t o p Fin	조립시	Fin 간격 ❑ 설계치 상부 : 베어링 설계 간격의 최소치 하부 : 0.15mm 좌 · 우 : 상하 합계의 $1/2$ ❑ 관리치 : 하부 : $0.15 \sim 0.25\text{mm}$ 상부 및 좌 · 우는 설계치 이상으로 하고 실제 상하 좌우 간극치 합계가 설계 최소 베어링 간극 $\times 2 + 0.8\text{mm}$ 이내	진동방지 베어링 급 유 량 유지	간격 조정 : Fin 선단을 Scraper나 줄 로 예각으로 사상가공 간격이 초과 될 경우에는 Fin 교체

점검항목	점검 주기	관 정 기 준	사 유	부적합에 대한 표준적 조치
P a d Bearing Oil Fin선단	조 립 시 마다	☑ 관리치 : 선단이 0.50mm이하가 되도록 Sharp Edge로 가공	Rubbing 방지	Scraper나 줄로 사상가공
Bearing Pad 지지볼트	분 해시	☑ 관리치 : Pad에 삽입되는 원주부(14.5φ)에 손상이 없을 것	기능유지	Bolt 교체 (절단이 자주 발생하면 Bolt의 재질 변경을 검토) 보령 #3~#6호기 경우 SCM440QT ⇒ B5F5 B31로 대체
Bearing Pad 지지볼트 삽입구멍	분 해시	☑ 관리치 : 17.5φ 구멍에 손상이 없을 것	기능유지	1. Plate형 : Pad를 공장에 반송하여 Back Plate 교체 2. Pad 뒷면 구멍형 : 손상 방지 경화 Bushing을 추가 삽입하거나 구조를 개조
Thrust Housing 면의 어긋남	Pad 접촉 불량시	☑ 관리치: 차이 0.03이내	부분 접촉 방지	1. 상·하 접촉부 Dowel Pin 새로 교체 2. Dowel Pin Hole 재가공, Reamer 수정
Thrust Plate의 경년변화	Pad 접촉 불량시	Pad 뒷면 접촉: 70%이상 평행도 편차 관리치: 0.025이내 두께 편차 관리치: 0.05mm이내 ☐ Pad수량은 6~12개로 구성	부분 접촉 방지	1. Pad 뒷면 수정후 Taper Land 수정 가공. 변형의 상태에 따라 본 수정 가 공 전에 저온 응력제거 열처리.  2. 예비품과 교체
Thrust Collar	분 해시	두께 편차 ☑ 관리치 : 0.013mm이내	부 분 접촉 방지	새로 제작

점검항목	점검 주기	판 정 기 준		사 유	부적합에 대한 표준적 조치		
추력 베어링 Pad Pivot 의 마모	분해시	Kingsbury Thrust Bearing 마모허용치(Kingsbury사 기준)		한쪽 접촉 방지	새로 교체 ϕA (마모된 Flat면의 직경)mm 		
		베어링 형식	ϕA 치수 (mm)			베어링 형식	ϕA 치수 (mm)
		J or JJ-5"	3.5			J or JJ-12"	9.5
		-6"	4.0			-13.5"	10.0
		-7"	5.0			-15"	12.0
		-8"	5.5			-17"	13.0
		-9"	6.5			-19"	14.0
		-10.5"	8.0			-21"	15.0
		Thrust Collar와 Casing의 평행도	P a d Contact 불량시			❑ 관리치: $0.05 \div D_0$ mm이내 (D_0 : Thrust Collar 외경)	
J O P 용 Metal Pot	분해시	Pot 형상 A : 24~35mm B : 28~47mm  상세한 형상은 도면에 의함		Lift량 확보	도면지시 치수 형상의 모양지를 작성하여 Scraper 가공 비고 : JOP Oil 구멍내부에 가공에 의한 이물질이 들어가지 않도록 주의 ☞ Pot 내부 Metal에 박혀있는 이물질은 전량 제거		
J O P Lifting 량	Turning 개시시	❑ 목표치 : 0.05mm 이상 ❑ 관리치 : 0.03mm 0.03mm이하는 운전불가		유막 유지	0.05mm 이하일 경우 하부 베어링의 위치를 제조정하거나 JOP의 압력을 점검		
J O P Oil의 Drain 량	J O P 운전 개시시	❑ 관리치 : 정격 토출 유량의 10%이하		Pump 기능유지	분해점검 : 제작자에 반송하여 점검		

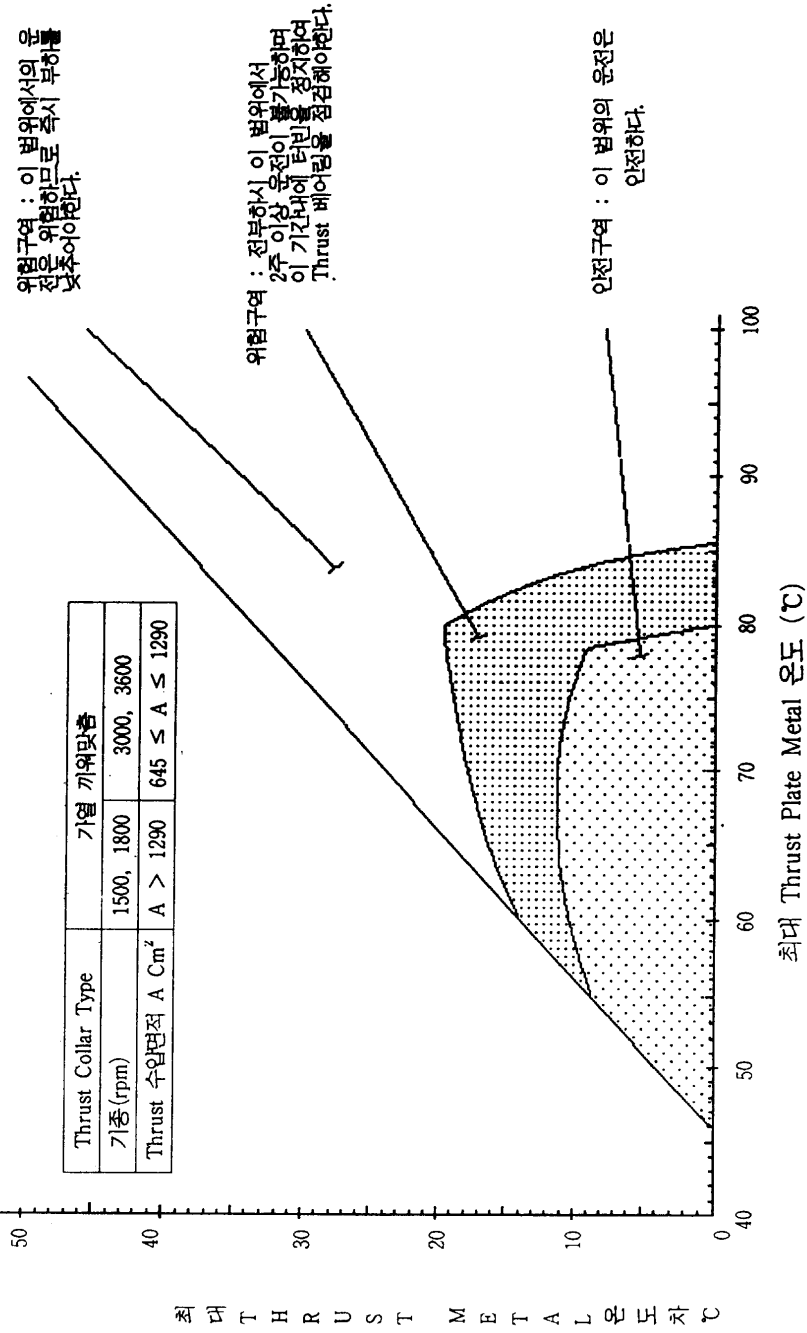
Thrust Plate Metal 온도차의 제한곡선 : No.1

이 제한곡선은 동합금 Thrust Plate인 동시에 급유온도 46℃의 경우로 Thrust Plate 각 Thermocouple간의 온도차 제한치를 표시한다.



Thrust Plate Metal 온도차의 제한곡선 : No.2

이 제한곡선은 통합금 Thrust Plate인 동시에 급유온도 46℃의 경우로 Thrust Plate 각 Thermocouple간의 온도차 제한치를 표시한다.



Thrust Plate Metal 온도차의 제한곡선 : No. 3

이 제한곡선은 동합금 Thrust Plate인 동시에 급유온도 46℃의 경우로 Thrust Plate 각 Thermocouple간의 온도차 제한치를 표시한다.

