

Carbon Brush

1. 개요
2. 요구특성
3. 재질의 분류 및 용도
4. 재질의 선정 요령
5. 치수와 허용공차
6. Carbon Brush의 압력 기준
7. 정류자와의 접촉 상태
8. Spring과의 접촉부위 상태
9. Carbon Flexes의 손상 형태
10. Carbon Brush Position
11. Brush의 접촉면 상태별 원인
12. Brush 불량
13. Brush의 형상과 호칭
14. Brush Lead선
15. Brush의 형태

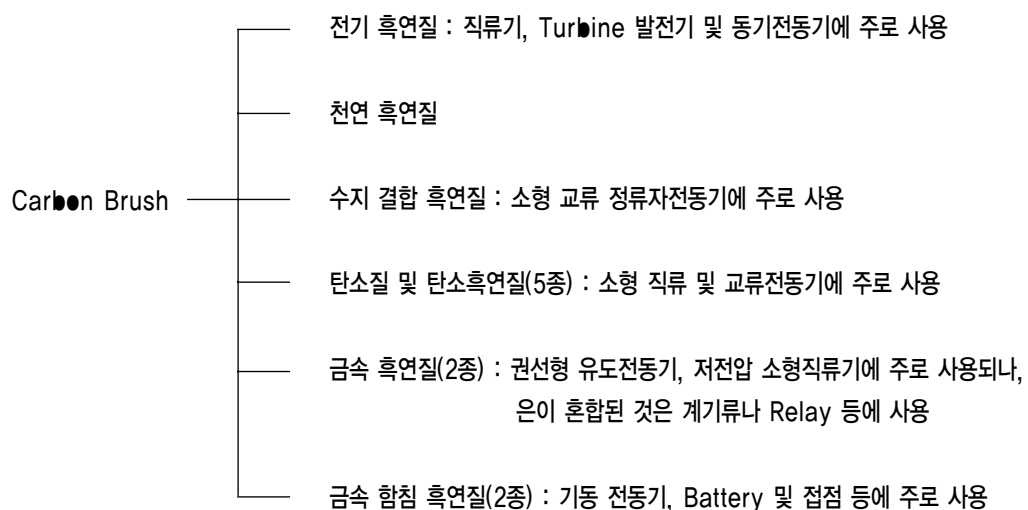
1. 개요

Carbon Brush는 전기기계용, 직·교류기 및 각종 회전기기의 정류자 또는 Slip Ring의 표면에 접촉되어 통전 역할과 정류 역할을 하는 중요한 부품으로써 흑연(Graphite)을 주성분으로 한 세라믹 계통의 재질로 만든다. 오늘날 전류의 집전 조건은 다양화하고 있으며, 이는 현재 사용되는 전기기기들의 형태나 크기들이 다양하고, 사용되는 환경과 부하조건 등이 다르기 때문이다. 따라서, 최적의 성능을 갖는 Carbon Brush를 선정하려면 여러 가지 요소를 고려하여 그 재질과 형태를 결정하여야 한다. 특히 Carbon Brush의 재질은 다양하여 각 재질들이 갖는 특성을 이해하여야 한다.

2. Carbon Brush의 요구 특성

- 윤활성이 풍부할 것.
- 도전성이 높을 것.
- 내열성이 높을 것.
- 내 Arc성이 클 것.
- 마찰 특성이 낮을 것.
- 열 팽창이 낮을 것.
- 불용성이 낮을 것.

3. 재질의 분류 및 용도



3.1. 전기 흑연질

Carbon을 2500℃ 전후로 가열하여 흑연화 시킨 것으로 전기와 열의 전도성이 우수하여 소손(Burning) 현상에 매우 강하다.

따라서, 큰 부하조건에 적합한 재질이며, 고온에서 열처리되었기 때문에 불순물이 적어 상대 재질의 마모가 적고, 다공성으로 만들어진 재질은 높은 주변속도에서의 정류능력과 집전성이 우수하다.

3.2. 천연 흑연질

천연 흑연을 사용하여 만들어진 것으로 현재 사용되는 재질 중 가장 높은 주변속도에서 사용이 가능하고, 천연 흑연중에 포함된 흑연 이외의 잔류성분은 높은 주변속도에서 집전능력에 도움을 주지만, 전기 흑연질보다 상대 재질(정류자)의 마모를 촉진시키는 경우도 있다.

3.3. 수지 결합 흑연질

흑연에 점 결제로 수지를 사용하여 만들어진 것으로 재질의 비저항이 크므로, 정류 특성이 요구되는 경우의 재질로 적합하며 허용 전류밀도는 제한을 받는다.

3.4. 탄소질 및 탄소 흑연질

내마모성이 우수하나 도전 및 열전도성이 낮아 저속, 낮은 전류밀도의 범용 전동기용에 국한하여 사용되며 5가지의 재질로 재분류된다.

- (1) A 및 B 재질 : 탄소에 윤활성을 위해 흑연을 소량 첨가한 것.
- (2) C 재질 : 탄소만으로 제작된 것.
- (3) H 재질 : 대부분 흑연으로 구성되어 마찰계수가 적게 제작된 것.
- (4) PM 재질 : 다른 재질에 비해 접촉 전압강하가 크도록 만들어진 것으로, Spark나 과부하로 인한 영향을 적게 받으며, 정류자 편간의 전압이 크고 소형전동기에서 정류작용이 나쁜 경우 등에 적합한 재질이다.

3.5. 금속 흑연질

금속과 흑연, 탄소 등을 임의의 비율로 혼합하여 만들어진 것으로 흑연과 금속의 혼합비에 따라 허용 전류밀도와 마모 특성 등이 달라지며, 2가지의 재질로 재분류된다.

- (1) CM 재질 : 구리와 흑연의 혼합재질로 제작된 것.
- (2) SM 재질 : 은과 흑연의 혼합재질로 제작된 것이며, 장시간에 걸쳐 낮은 안정된 접촉저항이 필요한 경우 즉 계기류나 Relay 등에 사용된다.

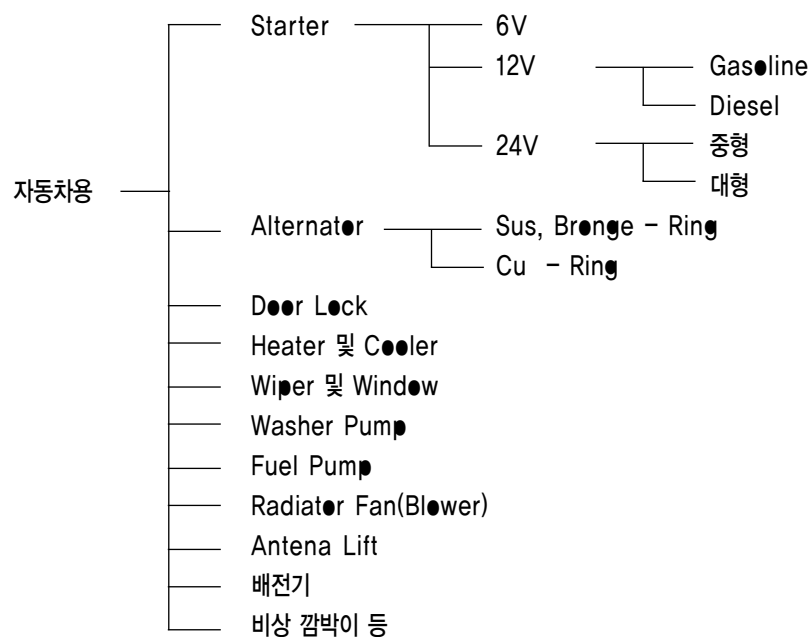
3.6. 금속 함침 흑연질

다공성 흑연이나 탄소의 소지에 금속을 함침시켜 금속이 연결된 상으로 존재하도록 제작된 것으로 단시간 과부하가 필요한 기동 전동기, Battery 차량 및 접점 등에 사용된다.

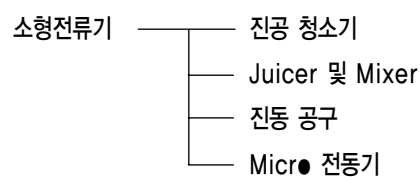
4. 재질 선정 요령

Carbon Brush의 재질 선정은 사용되는 환경, 부하조건, 기기의 크기나 형태 및 용도에 따라 선정되어야 하며, 기기제작사의 추천을 받을 것을 권장하며, 용도에 따라 구분하면 다음과 같다.

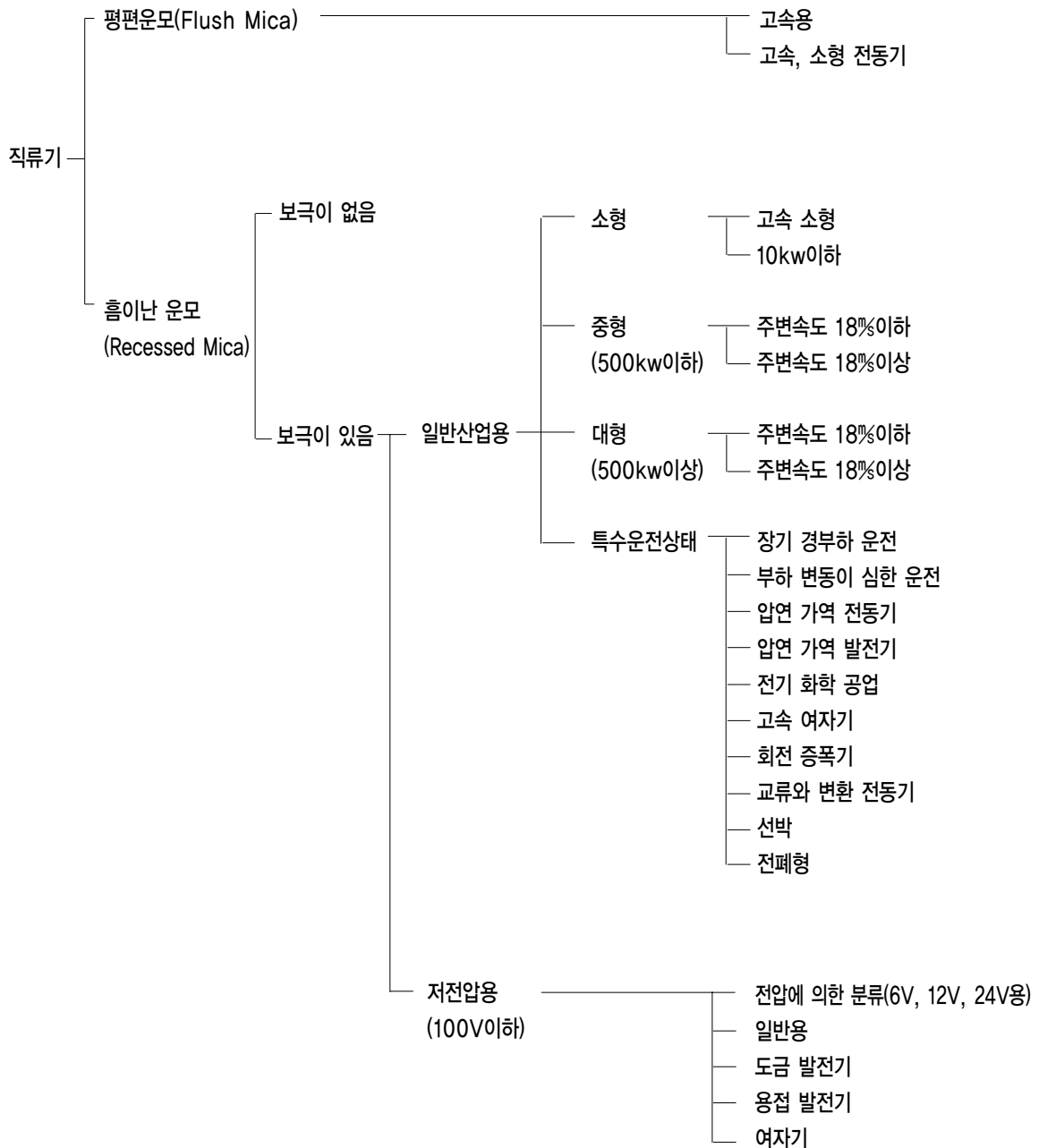
4.1. 자동차용



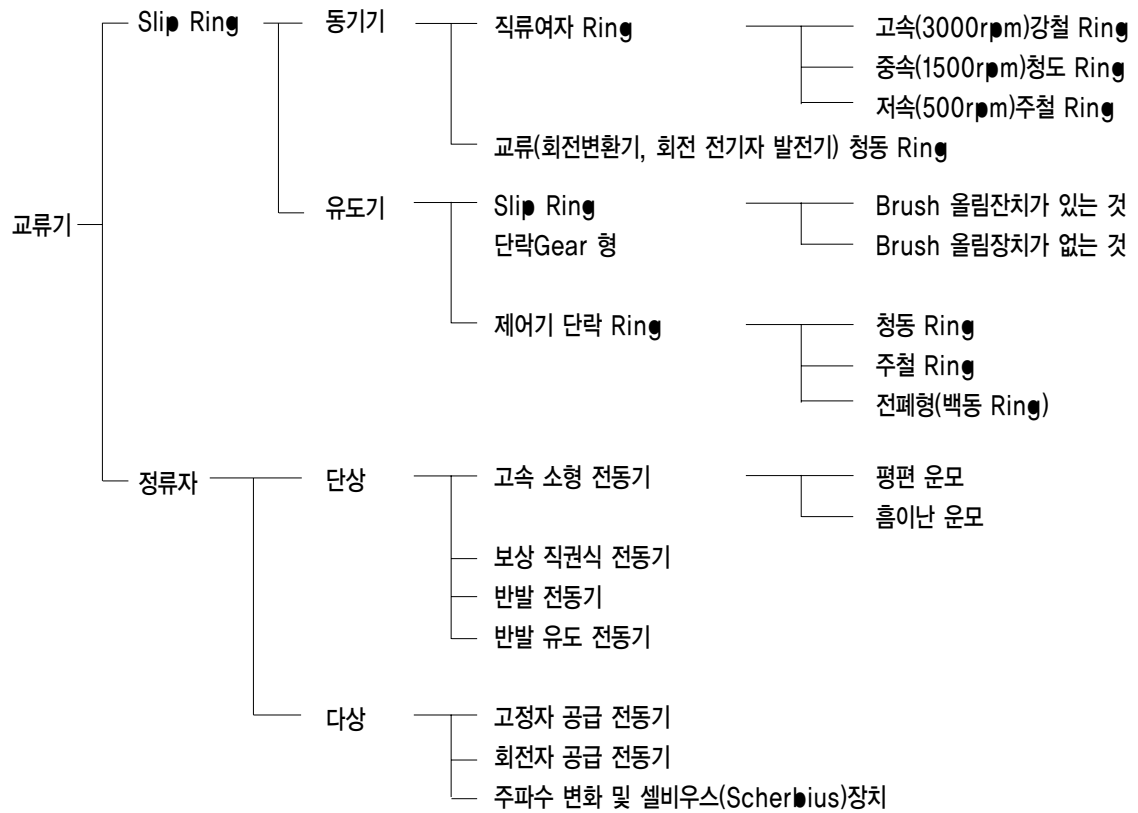
4.2. 소형 정류자용(가전 및 전동공구용)



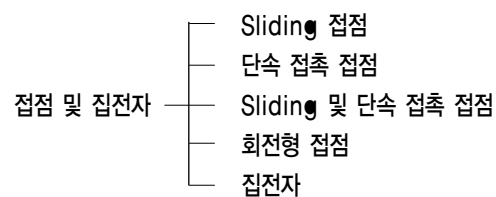
4.3. 직류기용



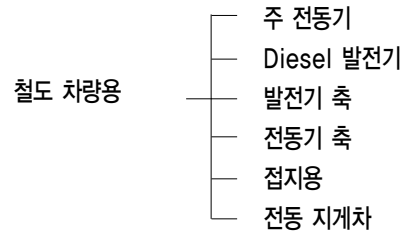
4.4. 교류기용



4.5. 접전 및 집전자(Contact 및 Current Collector)용



4.6. 철도 차량용



4.7. 산업용



4.8. 기계 구조용

(1) Carbon Seal, Bearing 및 Vane

Carbon 제품은 높은 기밀성, 내마모성 및 윤활성 등을 활용한 제품으로 기밀성을 필요로 하는 Compressor, 증기터빈, 수차, Rotary Joint 등의 회전부나, 윤활유를 사용하지 않거나 윤활유 사용이 곤란한 경우에 사용되며, 이러한 기기들이 고성능화 할수록 우수한 품질의 습동부품이 필요하게 된다.

고온, 고속 및 극저온이거나 부식성이 큰 액체를 사용하는 경우도 성능이 우수한 Carbon Seal이나 Carbon Ring이 요구된다.

Carbon으로 만들어진 Seal 또는 Bearing 등은 자기 윤활성이 있으므로 Oil의 사용이 필요하지 않을 뿐 아니라, 고온에서 강하고 내 마모성·내부식성 등은 어떠한 금속제품보다도 우수하다.

(2) 연속 주조용 Nozzle

환원성 분위기인 경우 3000℃에서도 사용이 가능하고, 열 충격에 강할 뿐 아니라 고온강도가 크며, 열팽창율이 적어 고온에서 치수변화가 적고 이러한 특성을 활용한 흑연 연속주조용 Nozzle은 동합금의 연속주조에 널리 활용된다.

(3) 고온 발열체

흑연의 전기저항에 의한 발열을 이용한 Carbon 발열체는 금속처럼 용융되는 일이 없으므로 금속발열체로는 불가능한 1500℃이상에서 사용하는 전기로에 널리 사용된다. 발열체의 형태는 판상, 봉상, 관상 등의 여러 형태가 있다.

(4) Hot Press Mold 및 소결용 Die

인장강도가 크고 균일한 조직을 가진 등방성 흑연은 사용회수가 길어 생산효율을 향상시킨다.

(5) Aluminium 증착용 도가니

흑연 소재에 특수처리하여 알루미늄 증착 금속과의 친화성을 개선시켜 증착용 도가니로 사용된다.

(6) 야금용 치구(Metallurgical Jig)

단결정 제조용 도가니, Pot, 가스분석 및 금속환원용 도가니, 유리용 Mold, 알루미늄 압출용 Slider 등에 사용된다.

(7) 방전 가공용 전극

전극의 소모가 적고, 방전이 안정되고, 가공속도가 빠르며, 사상면이 미려한 특징 등으로 방전 가공용 전극에 사용된다.

상기의 여러 가지 사용 용도에 따라 구분하여 재질 선정을 권장합니다.

5. Carbon Brush의 치수와 허용공차

각 제작사의 Brush 치수 및 재질에 따라 다르므로 Carbon Brush 제작사의 자료를 참조하십시오

6. Carbon Brush의 압력 기준

6.1. 국내 제작사의 기준

(1) A사의 기준

단위 : g/cm²

용도별	전기흑연질	천연흑연질	금속흑연질
일반공업용 직류기	120~200	100~150	
고속도 직류기	150~250	150~200	
차량용 주전동기	400~600		
차량용 보조전동기	250~400		
미소마력용	250~500	200~250	250~500
저속 Slip Ring			
평편 운모	150~250	150~250	200~300
흠이 난 운모	120~180	120~150	130~200
고속 Slip Ring			
평편 운모	150~250	150~250	250~350
흠이 난 운모	120~180	120~150	150~250
저압직류기			
자동차용	250~400		650~850
항공기용	250~600		400~600

(2) B사의 기준

단위 : g/cm²

재질 \ 용도	정류자	Ring	소형기	트랙손
전기 흑연질	180	200	350	350
천연 흑연질	150	180	200	
금속 흑연질		200	350	

6.2. 외국 전동기 제작사의 기준

(1) Brush Spring 압력 : 140~180g/cm²

(2) Brush 크기별

Brush크기(mm)	9.5×4.5	13.5×44.5	16×44.5
Spring 압력(kg)	0.95~0.73	0.81~1.0	1.0~1.2

(3) 기기별

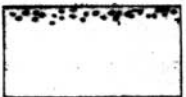
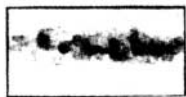
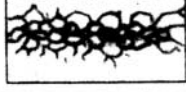
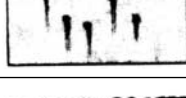
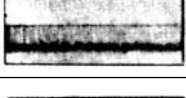
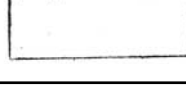
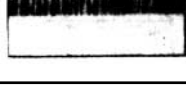
- 1) 산업용 직류 전동기 : 2~2.5 psi
- 2) 고속 여자기 : 2.5~3 psi
- 3) Diesel 발전기 : 4.5~6.5 psi
- 4) Traction 전동기 축에 취부시 : 6~12 psi
- 5) Traction 전동기 Spring 시 : 5psi
- 6) 예비용 Diesel 발전기 : 2.5~5.5 psi

※Brush의 Spring 압력※

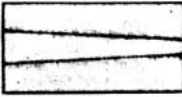
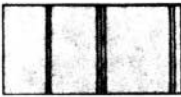
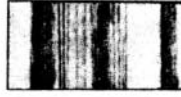
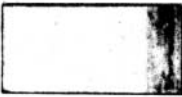
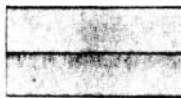
Carbon Brush의 재질과 취부되는 전동기의 종류 및 취부면, 기기의 회전속도, 사용장소, 용도 등 여러 가지 조건에 따라 압력이 다르기 때문에 어느 일정 압력에 무조건적으로 맞춘다는 것은 잘못된 것이다.

7. Carbon Brush가 정류자와의 접촉면 상태

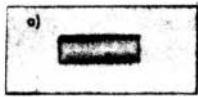
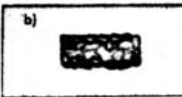
7.1. 전기적 원인에 의한 것

외관	현상	외관	현상
	회전 시작부위 또는 끝부위의 Arc 반점들		회전 시작 또는 끝 부위에 강한 불꽃에 의해 회색 빛깔로 소손된 흠
	중앙부분에 구름 모양의 흠집		분화구 모양의 흠
	그을리거나 볼에 데이고 금이 발생됨		회전 끝부위에 정류자의 불꽃에 의한 소손된 줄무늬
	2~3개의 매트모양의 기공 (氣孔)줄무늬 흠		회전시작 또는 끝부위에 부식 또는 침식에 의한 흠
	유성(流星)처럼의 흠		간격을 둔 Segment 모양의 반짝거리거나 반사되는 면
	시작 또는 끝부위에서 강하게 소손된 흠		날카롭게 잘린 모양의 소손된 줄무늬

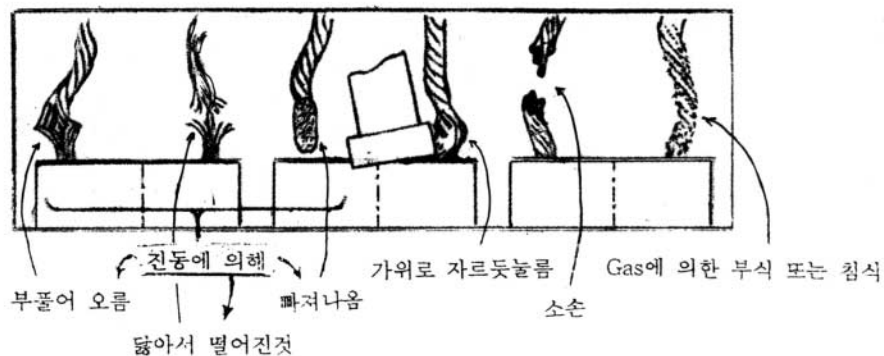
7.2. 기계적 원인에 의한 것

외관	현상	외관	현상
	완전한 면		여러 개의 침대 모양 흠
	머리카락 같은 흠들		회전시작 또는 끝 부위에 찢겨 나간 것
	도랑 또는 깊은 흠의 흔적들		구리반점(동편이 묻어 있음)
	머리카락과 같은 흠이 얇게 여러 개 있는 흠		Oil이 떨어진 것처럼 약간 반짝거리고 더러운 줄무늬
	2개의 침대 모양 흠		

8. Carbon Brush 윗면의 Spring 접촉면 상태

외관	현상	외관	현상
	부드럽고 깨끗한 정상적인 것		전류의 전도와 불꽃(Spark)발생에 의해 그을리거나 불에 데인 것 같은 흔적

9. Carbon Brush Flexes의 손상 형태



10. Carbon Brush Position

10.1. Brush 위치

Brush 위치는 정류 및 속도특성과 밀접한 관계가 있다.

직류기가 실제로 사용되는 상태에서는 가속, 감속, 정회전, 역회전 등이 빈번히 반복되고, 전동기가 발전기 상태로 되거나 발전기가 전동기 상태로 되거나 한다.

따라서 Brush가 중성점 위치에 없는 기계(전동기, 발전기 등)는 정류 및 특성의 어느 한쪽이 좋아도 반대 방향이 나쁜 결과가 되기도 한다.

Brush 위치를 회전방향으로 진행하면 전동기에서는 속도변동율이 커지고 발전기에서는 전압변동율이 커진다.

Brush 위치가 중성점에 없으면 주자속(主磁束)의 영향을 받음으로 Brush를 회전 방향으로 진행하면 전동기에서는 보크이 겹보기에 약하게 되고 발전기에서는 강하게 되며, Brush를 회전방향과 반대방향으로 진행하면 이 관계가 반대로 된다.

따라서, 시험시 Brush가 특성 및 정류가 양호한 위치에 놓이게 조정되어야 한다.

10.2. Brush위치(중성점)를 찾는 방법

(1) Kick 법

회전체(전동기나 발전기)가 정지된 상태에서 서로 이웃하는 Brush Stud에 직류 밀리볼트(mV)전압계를 접속하고, 계자 개폐기를 통해 계자전류(정격전류의 약20%정도)를 흘려 전압을 측정한다.

이때 Brush Holder의 지지 Locker를 좌·우로 움직여서 전압계의 전압이 최소가 되는 점을 구하면 이곳이 중성점이 된다.

정류자면과 Brush면의 접촉(닿기)이 불완전하면 오차가 생기므로 주의해야 한다.

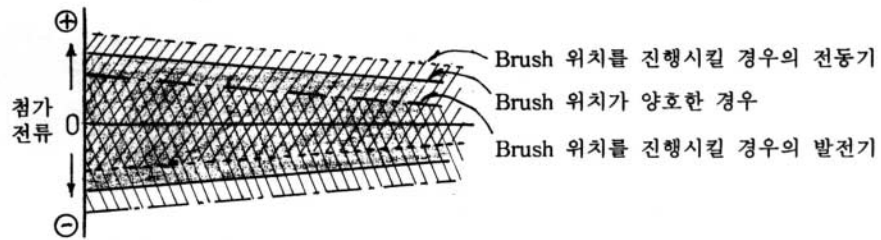
(2) 양회전법

양회전의 기계는 계자전류와 단자전압을 일정하게 하여 부하를 걸고, 정·역 양방향의 회전속도 및 속도 변동율이 같게 되도록 Brush Holder지지 Locker를 움직여서 조정한다.

Brush가 정류자면에 충분히 닿지 않으면 오차가 생기므로 양회전 방향마다 Brush 닿기가 충분한지를 확인후 시험해야 한다.

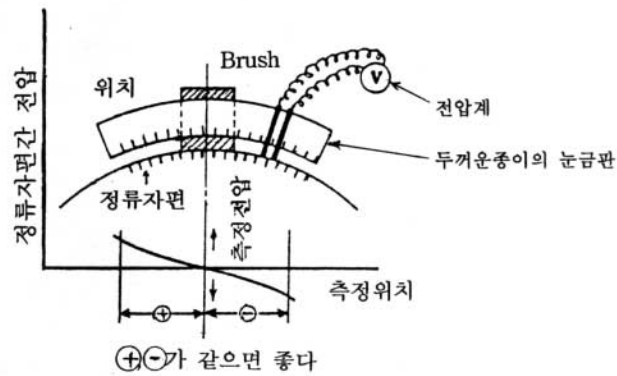
(3) 첨가 여자법

편회전(片回轉)의 기계로는 피시험기를 전동기 및 발전기로서 운전하고, 각각 무부하 상태로 첨가 여자시험을 행하여 양자가 같으면 Brush의 위치는 중성점이 된다.

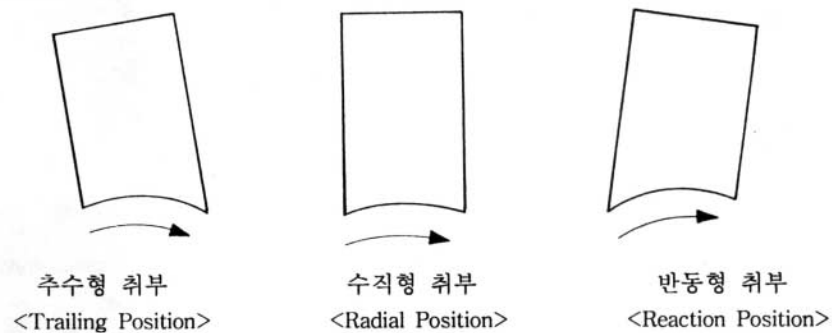


(4) Brush 전압 분포측정에 의하는 방법

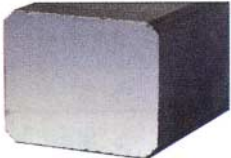
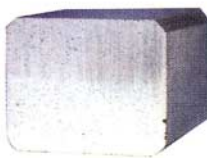
피 시험기를 무부하로 운전하여 정류대 부근의 전압 분포를 측정하고 이것이 "0"(Zero)이 되는 점을 구하면 그곳이 중성점이 된다.(그림 참조)



10.3. Brush 취부 형태



11. Brush의 접촉면 상태(형태)별 원인

Brush의 접촉면	접촉면 상태 (형태)	원인
	치밀하여 접촉면에 광택이 남	정상
	경미한(아주 작은)구멍이 전체 면에 고르게 분포되어 있는 상태	정상
	머리카락보다 더 가는 줄무늬	- 경미한 먼지의 영향이며 정상적인 작동상태
	머리카락 같은 가는 선의 줄무늬	- 먼지나 기름 또는 Grease에 의함
	가는 선 모양과 작은 숲 모양의 줄무늬혼적	- 먼지나 기름 또는 Grease에 의해 발생되며 상기보다 강한 상태
	약 1/2정도가 흐릿하게 접촉된 모양	- 정류가 잘 안됨 - 보극이 잘못됐거나 Brush의 중성점 위치가 부적당함
	Brush의 접촉면 전단부가 또는 후단부의 가장자리에 소손 흔적	- 정류가 잘 안됨 - Brush Spring 압력의 부적당 - 정류자의 편심으로 접촉면 불량 - 심한 Spark 등.

Brush의 접촉면	접촉면 상태 (형태)	원인
	부식 또는 침식된 접촉면	- 과부하 운전 - 정류자면과의 접촉 불량
	얇은 판을 적층해 놓은 것 같은 흔적의 접촉면	- 권선의 결점이 있거나 운전중 전압의 심한 변동(충격전압)에 의한
	한 쌍의 Brush에서 2중의 접촉면이 나타남	- Brush Holder내에서 Brush의 기울기가 잘못됨 (양회전 전동기에서 Brush가 Holder 내에 너무 헐거움)
	구리 반점이 있음	- 정류자편의 동(銅)편이 Brush 접촉면에 달라붙음
	가장자리가 모서리가 깨어짐	- High Bar - 정류자의 심한 편심 - 정류자면 또는 Spring 압력등의 이상으로 Brush의 상하 움직임이 큼

12. Brush 불량

Brush 자체이상(불량)인 경우와 다른 현상과 합쳐 나타나는 경우가 있다.

Brush 이상의 대표적인 것으로

- 이상마모
- 결손
- 절손
- Side Wear
- Pigtail 이상
- 제동기의 이상

등이 있다.

12.1. 이상마모

기계적 요인에 의한 것과 전기적 요인에 의한 것이 있다.

(1) 기계적 요인

Brush가 진동이나 Chartering에 의해 정류자면을 강하게 반복하여 때리면 흑연 입자간의 결속에 변화가 생겨 Brush의 마모량이 증대한다.

진동이나 Chartering의 원인은 Brush 재질, Brush Holder 및 정류자표면상태에 관계하여 정류자 표면이 거칠어지면 대체로 진동이 일어난다.

또 거울 면과 같이 너무 미끄러워도 마찰계수가 감소하여 Chartering을 일으키는 일이 있다.

너무 낮은 온도에서 정류자표면에 수막이 형성되지 않고 극히 심한 이상마모가 일어나는 일도 있는데 이것을 Dusting 마모라고 한다.

(2) 전기적 원인

과대한 불꽃으로 Brush 출입끝이 타거나 Brush 횡류(橫流)에 의하여 Brush가 과열되어 습동면이 거칠거칠 할 만큼 거칠어질 때가 있다.

이 밖에 Brush전류 불평형, Brush압력 과대, 부하에 의한 Brush 및 정류자 온도의 이상 등으로 마모량을 증대 한다.

12.2. 결손, 절손 및 Side Wear

(1) 결손이나 절손

- 1) Brush자체의 결함에 의한 것

- 2) 진동, Chattering에 의한 것
- 3) Brush의 장치상의 부주의에 의한 것

(2) Side Wear

Side Wear는 Brush의 측면이 마모되는 것을 말하는 것으로

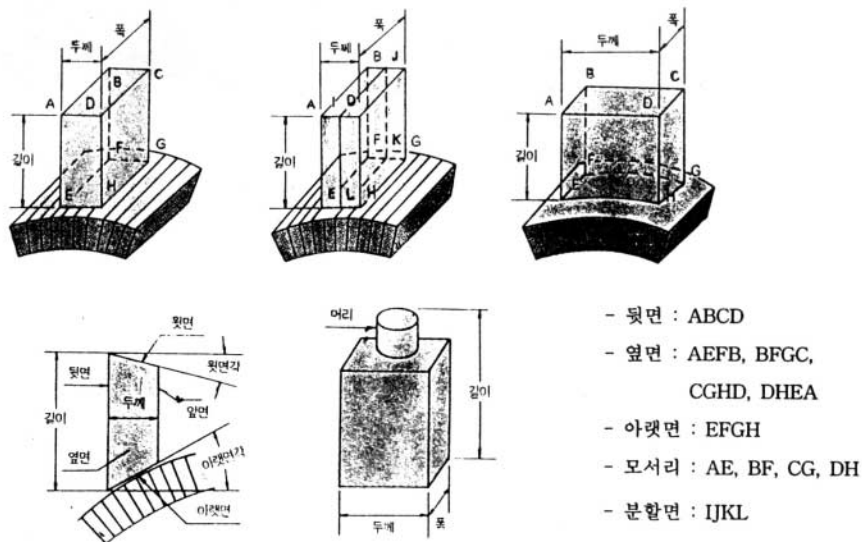
- 1) 진동, Brush Holder의 가압방향의 불량 등에 의해 Brush Holder 내벽과의 마찰에 의한 기계적 원인
- 2) Brush와 Brush Holder간에 전압이 흐름에 따라 접촉하는 경우에 발생되는데, 이때는 Brush Holder 내벽에도 이상형상이 나타난다.

(3) Pigtail 선, 제동기의 이상

전류불평형, 과부하 및 온도상승에 의해 Pigtail선 및 제동기가 변색되는 일이 있고, 극단의 경우는 Brush소손, Pigtail 선 및 제동기의 산화가 일어난다.

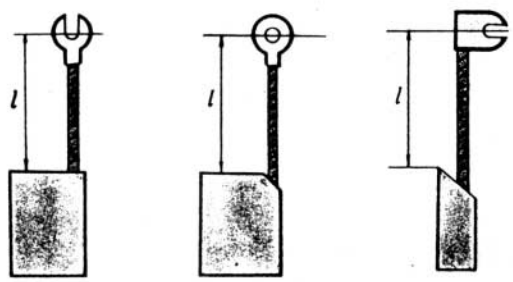
이 밖에 Cooking(위로 휘어 굽어지는 것)불량에 의한 Cooking저항의 증가, Cooking 과도에 의한 Brush분해, Chattering 등에 의한 Pigtail 선이 잘게 깨어짐과 단선 등이 있다.

13. Brush의 형상과 호칭



14. Brush Lead선

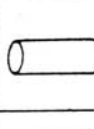
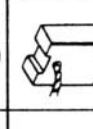
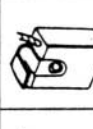
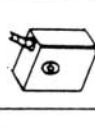
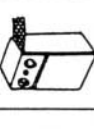
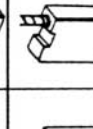
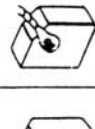
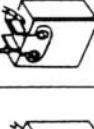
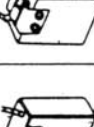
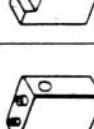
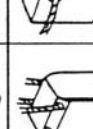
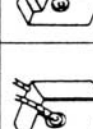
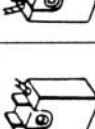
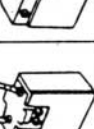
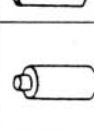
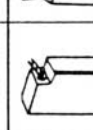
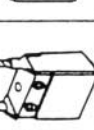
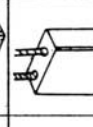
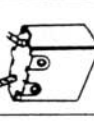
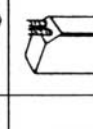
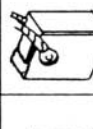
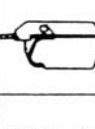
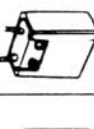
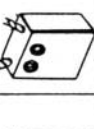
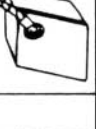
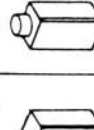
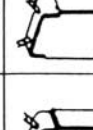
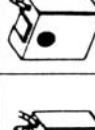
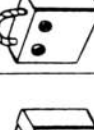
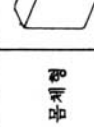
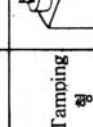
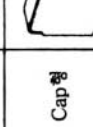
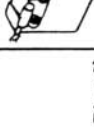
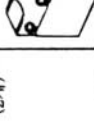
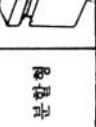
(단위 : mm)



Lead선 길이(l)	허 용 차
16 ~ 40	+3 0
50 ~ 100	+5 0
112 ~ 160	+8 0

15. Brush의 형태



							
							
							
							
							
							
							
							
							
몸체 형	Tamping 형	Cap 형	Rivet 형 (1개)		Rivet 형 (2개)		분할 형