

“고무 보강재로서의 카본 블랙”에 대하여

표 1. ASTM고무용 카본블랙 목표치(D1765-91)

명 번호	칭 TYPE	요오드	DBP	압축	CTAB	질소	착색력	겉보기밀도 (kg/m ₃ (1b/ft ₃))	300% 인장응력(MPa)	
		흡착량 g/kg	흡유량 cm ² /100g	DBP 표면적 m ₂ /g	표면적 m ₂ /g	표면적 m ₂ /g			흡착비 표면적 m ₂ /g	145°C	30분
N-110	SAF	145	113	98	126	143	124	335 (21.0)	0	
N-115		160	113	96	128	145	123	345 (21.5)	-0.2	
N-121		121	132	112	121	132	121	320 (20.0)	+3.3	
N-125		117	104	8	126	132	123	370 (23.0)	+0.6	
N-134		142	127	102	124	145	132	320 (20.0)	+2.5	
S-212	ISAF LS-SC	...	85	82	119	117	115	400 (25.0)	-3.3	
N-220	ISAF HM	121	114	100	111	119	115	345 (21.5)	+0.9	
N-231	ISAF LM	121	92	86	108	117	117	390 (24.5)	-1.4	
N-234		120	125	100	119	126	124	320 (20.0)	+2.3	
N-242	ISAF HS	121	121	100	110	115	115	330 (20.5)	+2.7	
N-293	CF	145	100	92	114	130	117	375 (23.5)	-1.6	
N-299		108	124	105	104	108	113	335 (21.0)	+3.3	
S-315	HAF-LS-SC	...	79	75	95	88	...	450 (28.0)	-3.2	
N-326	HAF-LS	82	72	69	83	84	112	465 (29.0)	-1.7	
N-330	HAF	82	102	88	82	83	103	375 (23.5)	+1.7	
N-332		85	101	91	90	90	115	375 (23.4)	+2.5	
N-335		92	110	94	88	88	110	345 (21.5)	+3.3	
N-339		90	120	101	93	96	110	345 (21.5)	+3.4	
N-343		92	130	104	95	97	114	336 (21.0)	+5.2	
N-347	HAF-HS	90	124	100	87	90	103	335 (21.0)	+3.1	
N-351		68	120	97	73	73	100	345 (21.5)	+3.7	
N-358	HAF VHS	84	150	112	88	87	99	290 (18.0)	+5.4	
N-375		90	114	97	96	100	115	345 (21.5)	+2.9	
N-472	XCF	250	178	114	145	270	...	255 (16.0)	-1.8	
N-539	FEF LS	43	111	84	41	41	...	385 (24.0)	+1.4	
N-550	FEF	43	121	88	42	42	...	360 (22.5)	+1.7	
N-582		100	180	114	76	80	67	190 (12.0)	+1.3	
N-630	GPF LS	36	78	62	35	38	...	465 (29.0)	-1.2	
N-642	GPF LS	36	64	62	34	37	...	513 (32.0)	-2.3	
N-650	GPF HS	36	122	87	38	38	...	370 (23.0)	+1.7	
N-660	GPF	36	90	75	36	35	...	425 (26.5)	-0.1	
N-683		35	133	...	39	37	...	335 (21.0)	+2.3	
N-754		24	58	57	29	...	...	495 (31.0)	-3.5	
N-762	SRFLM-NS	27	65	57	29	28	...	505 (31.5)	-2.6	
N-765	SRF HS	31	115	86	33	31	...	375 (23.5)	+1.2	
N-772		30	65	58	33	32	...	505 (31.5)	-2.6	
N-774	SRF HM-NS	29	72	62	29	29	...	495 (31.0)	-1.4	
N-787		30	80	74	31	30	...	450 (28.0)	-1.0	
N-907	MT NS	...	34	...	...	11	...	...	-6.2	
N-908		...	34	...	...	...	...	...	-7.0	
N-990	MT	...	43	40	9	9	...	...	-5.5	
N-991		...	35	38	8	7	...	...	-7.0	

카본블랙 배합 가류 고무의 300% Modulus는 TEST BLACK에서 IRB#6의 차

2.2 제법에 따른 분류

(1) Furnace Black(퍼네스 블랙): Gas, 기름 또는 그 혼합물을 적당량의 공기와 함께 반응로에서 연속적으로 불완전 연소 또는 열분해시켜 제조된 카본 블랙으로, 사용 원료에 따라 Gas Furnace Black, Oil Furnace Black으로 분류한다.

(2) Channel Black(채널 블랙): Gas상 탄화수소를 특수하게 설계된 火口에서 불완전 연소시켜, 불꽃을 강철 Channel의 표면에 충돌시킴으로 발생된 카본 블랙을 말한다.

HPC, MPC, EPC, CC 등 고무용외에도 많은 종류의 칼라용이 있다.

(3) Thermal Black(써멀 블랙): 통상 천연 Gas를 반응로에서 열분해시켜 제조한 카본 블랙을 말하며, MT, FT가 있다.

(4) Lamp Black(램프 블랙): 접시 모양의 용기에 담긴 원료를 직접 연소 방식으로 불완전 연소시켜, 배출되는 그으름을 자연 침강 등의 방법으로 포집하는 고대부터 사용된 제법에 의한 카본 블랙을 말하며, 특

수한 용도로 이용된다.

2.3 사용 원료에 따른 분류

(1) Gas Black: 천연 Gas를 원료로 하는 Channel Black 등

(2) Oil Furnace Black: 중유, Cresote Oil, Ethylene Bottom Oil 등을 원료로 하는 Furnace Black

(3) Acetylene Black: Acetylene Gas

(4) 기타: Naphthalene, Antracene

2.4 물성 또는 성질에 따른 분류

3. 제조방법

3.1 Furnace Black

3.2 Thermal Black

3.3 Thermal Black

3.4 Acetylene Black

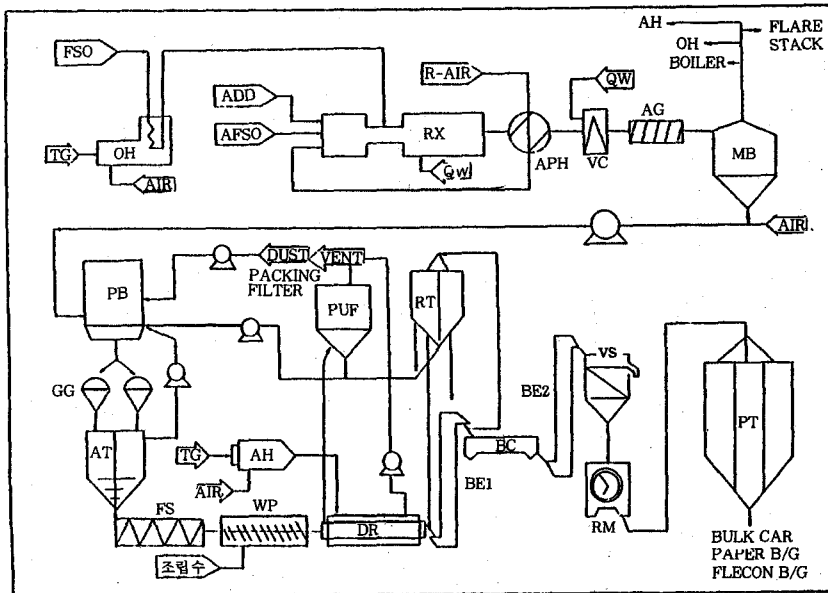


그림 1. 카본블랙제조 공정도

“고무 보강재로서의 카본 블랙”에 대하여

Manufacture of Carbon Black

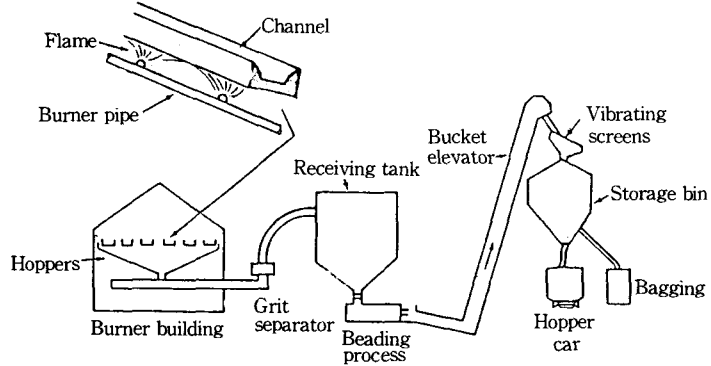


그림 2. Channel black 제조공정도

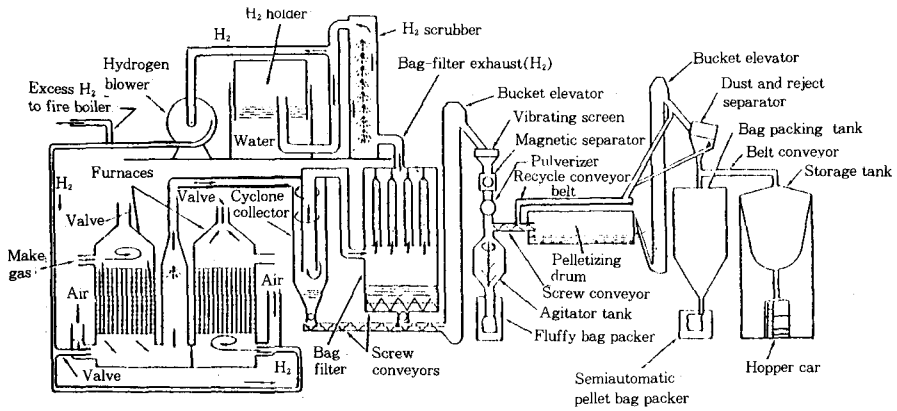


그림 3. Thermal black 제조공정도

Manufacture of Carbon Black Acetylene

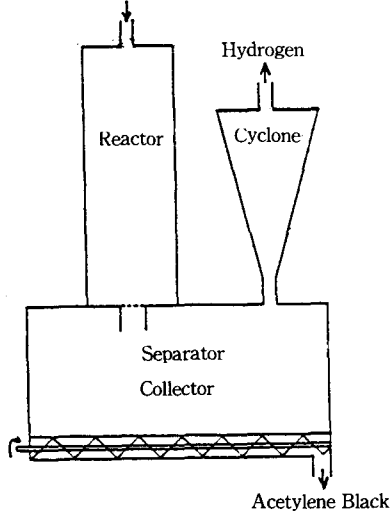


그림 4. Acetylene black 제조공정도

4. 카본 블랙의 구성

카본 블랙의 3대 요소: 입자경, Structure, 표면 상태

4.1 입자경

4.2 비표면적

4.3 Structure(Aggregate, Agglomerate)

4.4 표면상태

5. 카본블랙의 현미경 사진과 특성 해설

5.1 대표 품종과 입자경

① 입자경(Particle Size)

카본 블랙 입자의 직경은 품종에 따라 10-500nm정도까지 존재한다. 측정법은 전자 현미경에 의한 직접 관찰외에 비표면적에서 산출하는 방법 등이 있다.

② 비표면적(Surface Area)

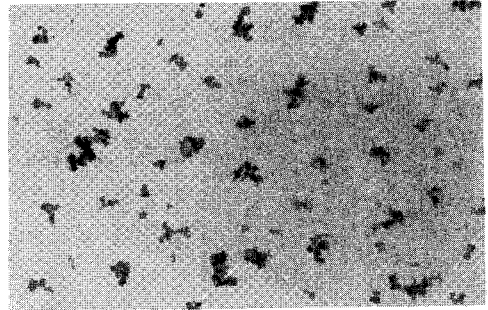
요오도(I_2), 질소(N_2), CTAB(Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide) 등 여러가지 분자를 카본 블랙의 표면에 흡착시켜, 그 소비량에 따라 카본 블랙의 입자경 또는 비표면적을 측정한다. 또 위의 각 분자에 의한 측정치가 다른 것을 이용하여 카본 블랙의 표면 활성화도 또는 다공도를 측정한다.

5.2 입자 응집체(Structure)

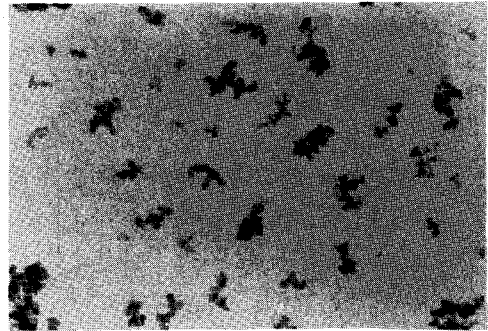
카본 블랙 각 입자간의 화학적, 물리적 결합에 의한 복잡한 응집정도를 표시하는 것으로, 실용적으로는 흡유량, 공극율로 측정한다.

5.3 입자의 일차응집체(Structure, aggregate)

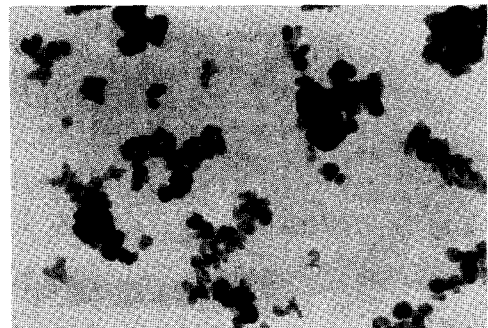
Aggregate는 1개나 그 이상의 핵을 중심으로서 입자를 생성시키는 동안 각 입자의 응착에 의해 형



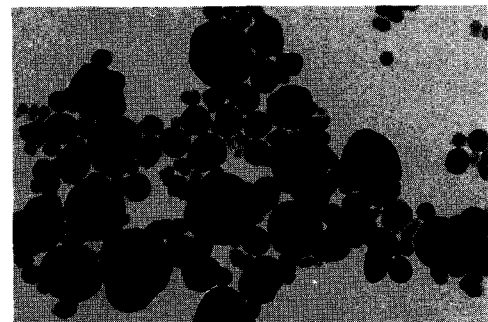
POSBLACK-9 N-110



POSBLACK-3 N-330

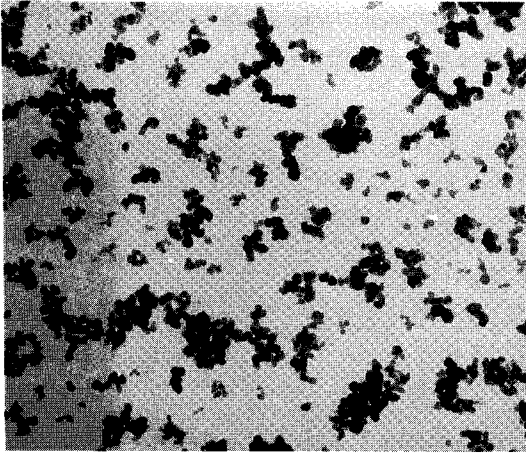


POSBLACK-S N-774



THERMAL BLACK

그림 5. 대표적 품종과 입자경(60,000배)



POSBLACK-300(N-326)

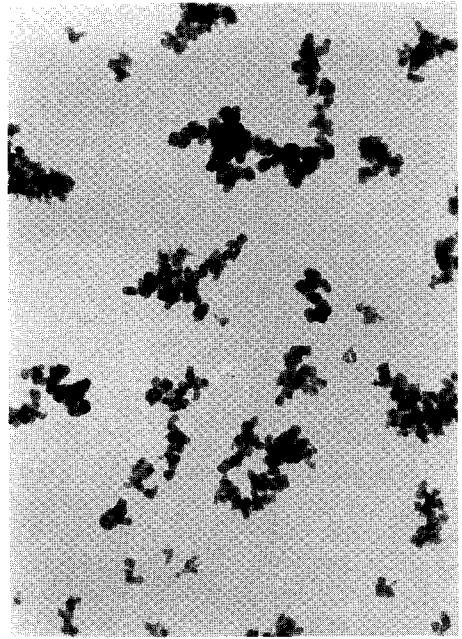
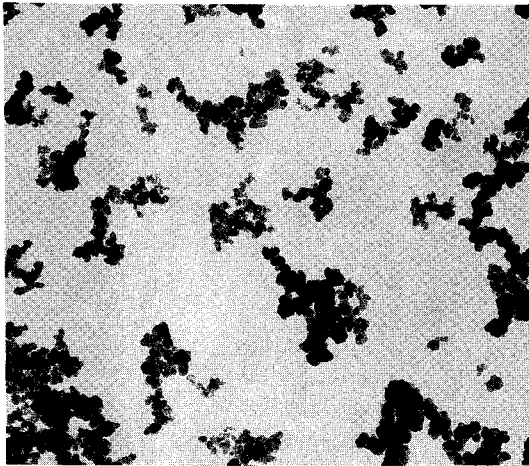


그림 7. N-351의 Aggregate



POSBLACK-3H(N-347)

그림 6. 대표적 품종과 구조(60,000배)

성된 최소의 UNIT(일차응집체)로 정의된다.

평가법으로서 카본블랙을 분산액에 분산시켜, 원심침강시켜서 Aggregate경을 Stocks경으로 간주하여 그 크기를 산출하는 원심 침강법과 전자현미경으로 관찰하여 그 크기, 형태 등을 분류하는 것으로 정성적 평가하는 EM투영화상분석법이 있다.

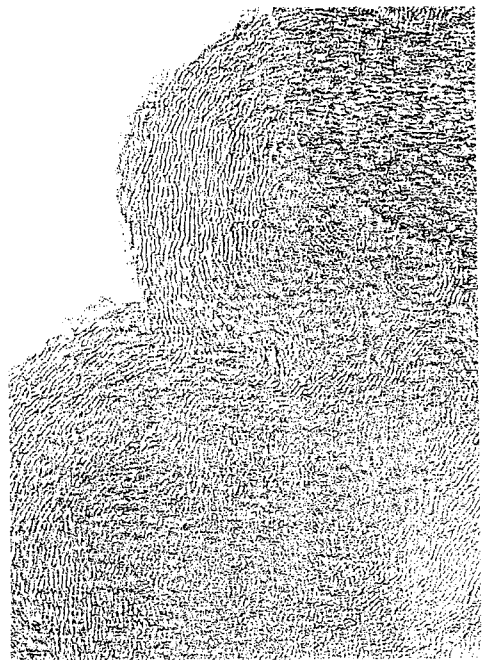
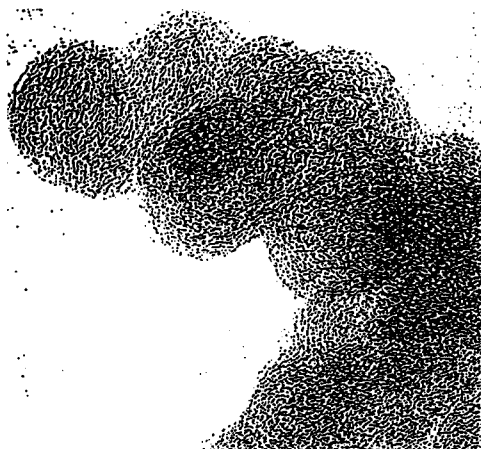
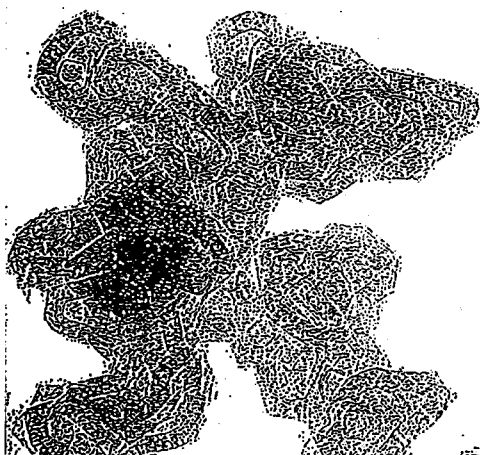


그림 8. 입자 내부의 흑연미세결정 구조

(2,400,000배)



(1,000,000배)



열처리 후 TOKABLACK #5500 (1,000,000배)

그림 9. 열처리전후의 입자 내부의 흑연미세결정 구조

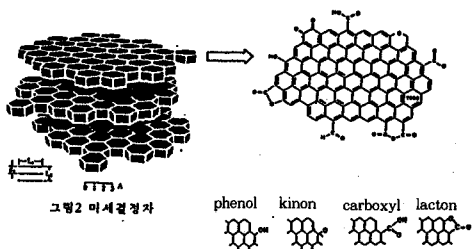


그림 10. 흑연미세결정자의 모델

5.4 입자표면의 화학적성질

① 카본블랙의 화학적 조성은 탄소 90-99%, 수소 0.1-1.0%, 산소 0.2-2.0%, 유황 및 회분 소량 등으로 구성되어 있다.

② 수소흡착량

카본블랙은 고온에서 제조되기 때문에 탈수소반응이 일어난다. 따라서, 카본블랙 표면의 수소량은 제조시의 온도와 시간의 영향을 받는다. 일반적으로 furance black의 수소량은 0.2-0.35%이다. 완전한 탈수반응이 일어난 카본블랙은 완전한 흑연구조로 되며, 고무와의 반응성이 현저하게 떨어진다.

③ 표면산소함유율(Surface oxygen containing group)

카본블랙 입자표면에 존재하는 산소화합물로, 반응로 내에서 입자 생성직후 산화성분위기 혹은 부가적인 공기산화 등에 의해 형성된다. 주로 카르복실기, 하이드록실기, 키논기 등이고, 표면기능기(Surface functional group) 등으로 불린다. pH값, 휘발분, 진공열 분해법 등에 의해 측정한다.

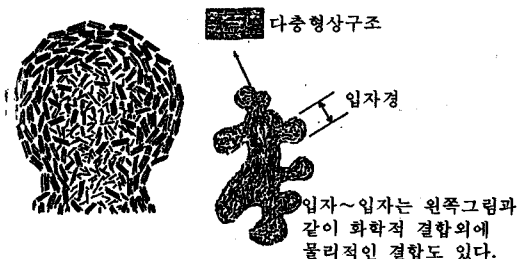


그림 11. 입자~입자의 결합 모델

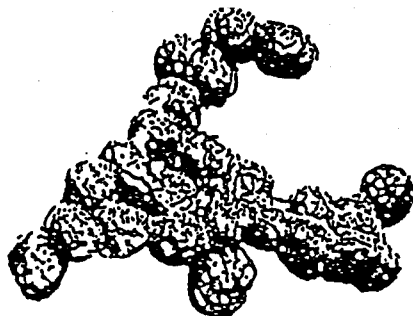
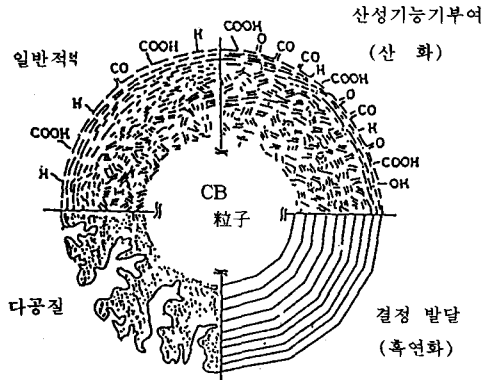


그림 12. Structure 모델



CARBON BLACK연감(1989년판)

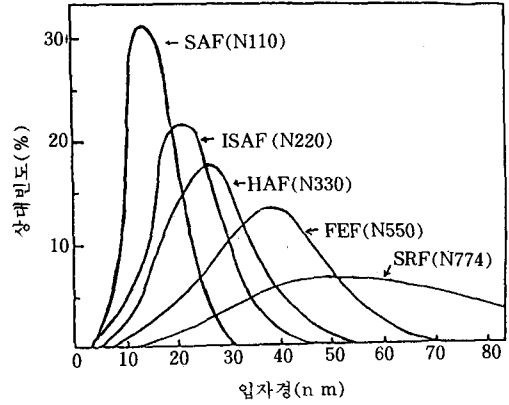


그림 14. 대표품종의 입자경 Hystogram

그림 13. 표면의 화학적 형태 모델

7. 카본블랙의 기본특성

7.1 기본입자형태와 평가방법

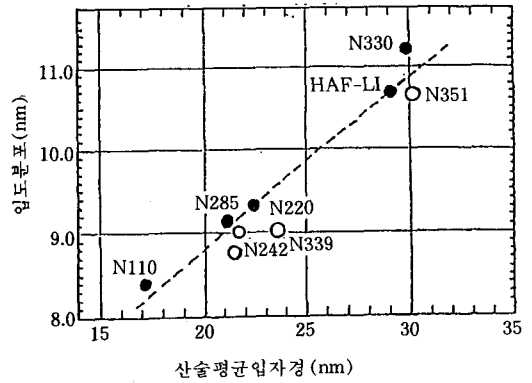
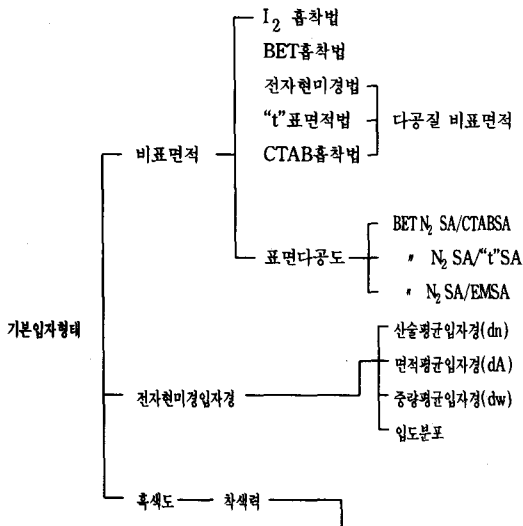


그림 15. 단일 입자경과 입도 분포

- * 대표품종의 입자경 hystogram
- * 단일입자경과 입도분포
- * 카본블랙표면의 분자흡착상황
- * CTAB흡착비표면적과 표면다공도
- * 질소흡착비표면적과 CTAB흡착비표면적

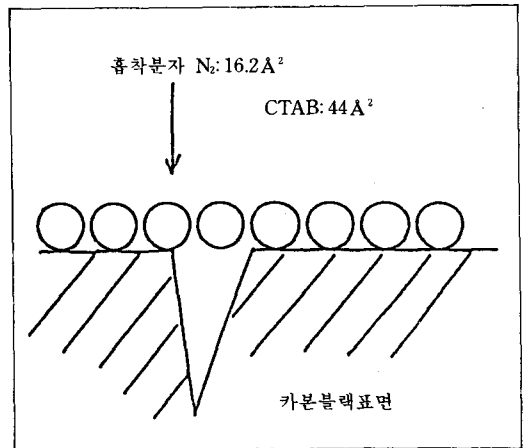


그림 16. 카본블랙표면의 분자흡착상태

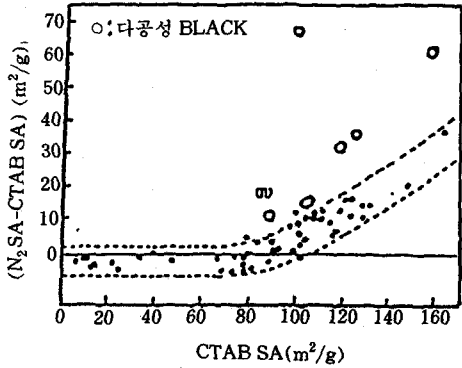


그림 17. CTAB흡착비표면적과 표면다공도

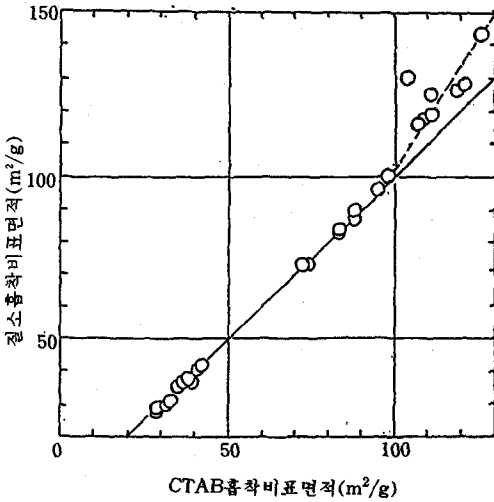


그림 18. 질소흡착비표면적과 CTAB흡착비표면적

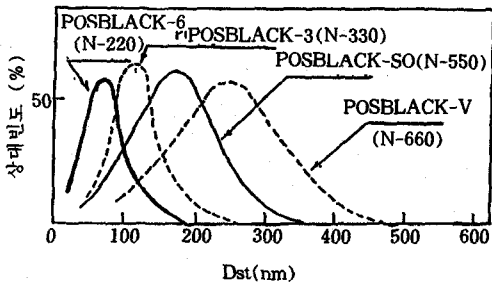
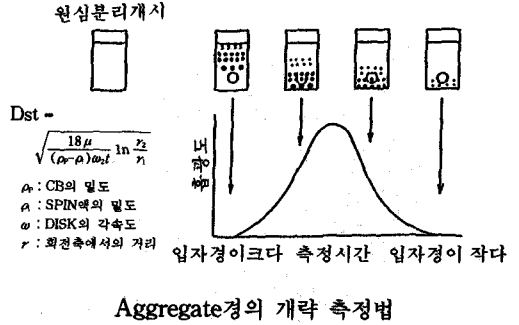
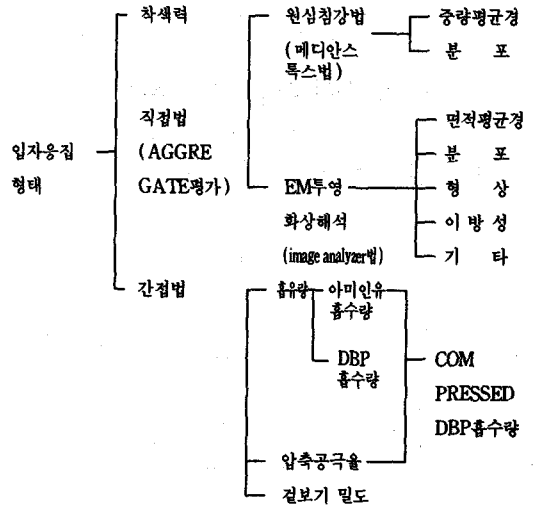


그림 19. 대표 품종의 Aggregate경 : Histogram



Aggregate경의 개략 측정법

7.2 입자응집형태와 평가방법



* 원심침강법에 의한 대표품종의 aggregate경 hystogram

(aggregate경의 개략측정법을 포함)

* 질소흡착비표면적과 aggregate경

* DBP흡유량과 흑색도, 비착색력

* 압축회수와 DBP흡유량

(측정장치의 개략도 포함)

* DBP흡유량과 compressed-DBP흡유량

* EM투영화상분석법

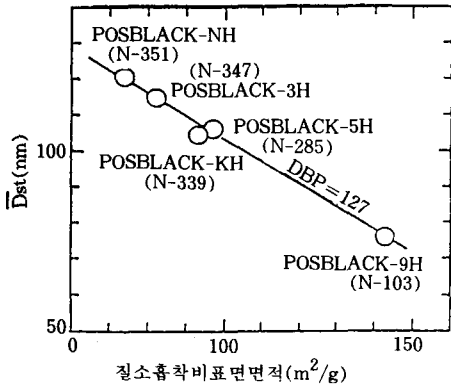


그림 20. 질소 흡착비표면적과 Aggregate경

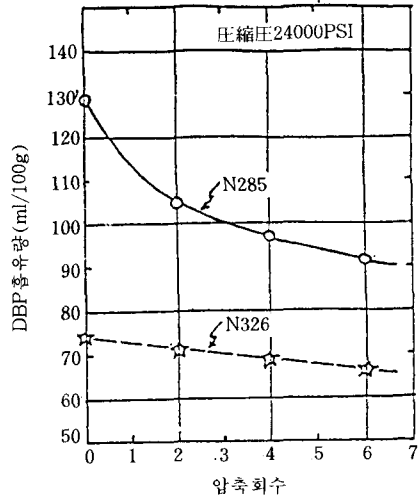


그림 22. 압축 회수와 Compressed-DBP 흡유량

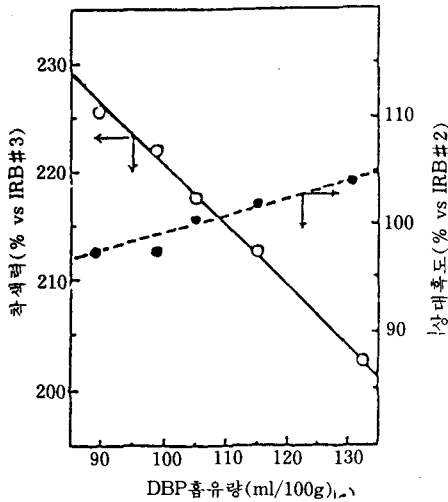


그림 21. DBP 흡유량과 경도, 비착색력

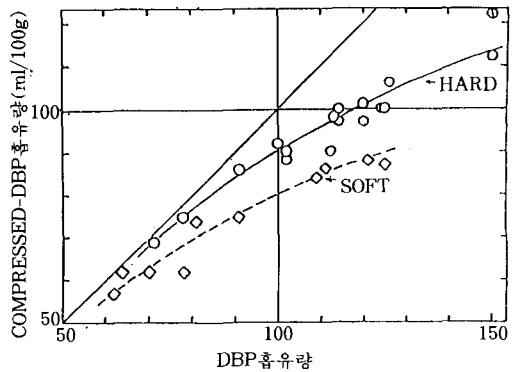
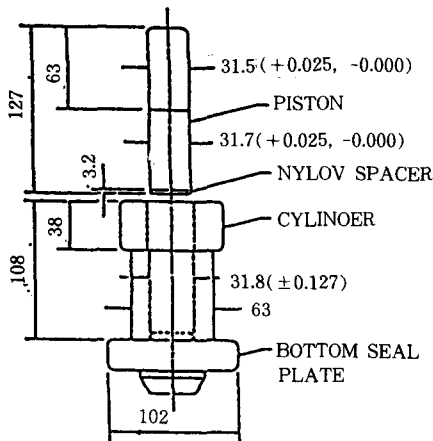


그림 23. DBP 흡유량과 Compressed-DBP 흡유량

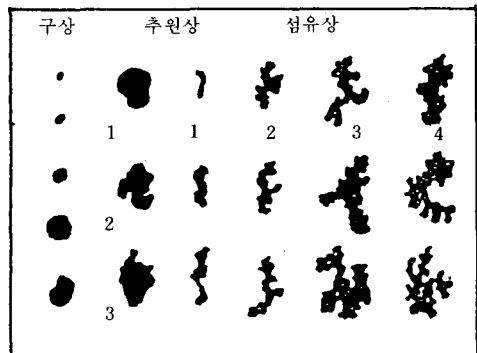


NOTE-Dimensions in millimeters.

Compressed-DBP 흡유량 측정 장치의 개략도

표 2. EM투영화상분석

(1) Aggregate의 형태 분류





(Image analyzer QTM-B)

(2) 분류 평가 예 (Image analyzer QTM-B)

	구 상	추 원 상			섭 유 상			
		1	2	3	1	2	3	4
HAF-HS	1.4	1.6	14.2	11.3	5.5	33.4	12.2	19.8
HAF	8.6	5.8	23.4	8.4	5.3	26.5	7.5	14.5
HAF-LS	15.4	7.5	40.7	11.1	8.2	14.0	0.7	1.9
CONDUCTIVE	2.5	1.5	16.1	3.4	30.7	21.2	4.7	19.7
MT	85.5	10.3	3.8	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0

(3) Aggregate의 형태 측정 항목

a) A: Aggregate 투영면적
b) B: " 의 주변장
c) C: " 의 최장 full경
d) D: " 의 폭
e) E: " 의 현장
형상계수
f) $C. F = P_2 / 4\pi A$ (요철의 경우; 원형도)
g) $F = L/W$ (종횡비)
h) $S. F = P_2 / 6\pi_2 A$ (구형도)

7-3. 화학적 표면 형상과 평가법

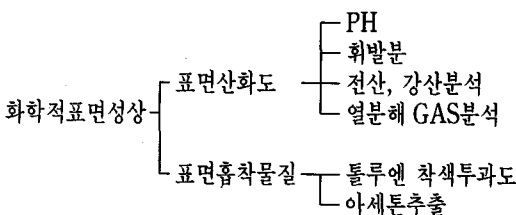


표 3. 카본블랙의 원소분석

품 종	탄소 %	수소 %	산소 %	유황 %	회분 %
ISEF	97.4	0.4	1.1	0.6	0.5
HAF	97.9	0.4	0.7	0.5	0.4
SRF	99.2	0.4	0.2	0.1	0.2
Acetylene	99.7	0.1	0.2	0.02	0.0
MT	99.3	0.3	0.1	0.01	0.3

8. 카본 블랙의 부가적 특성

8-1. 가열감량

대부분의 카본 블랙에 흡착된 수분이다. 가열감량은 비표면적 및 DBP흡유량에 영향을 준다.

8-2. 체잔분

체잔분의 대부분은 카본블랙 발생시 생성되는 cokes이고, 설비에서 발생하는 철녹 및 brick등도 카본 블랙중에 적은량 포함되어 있다.

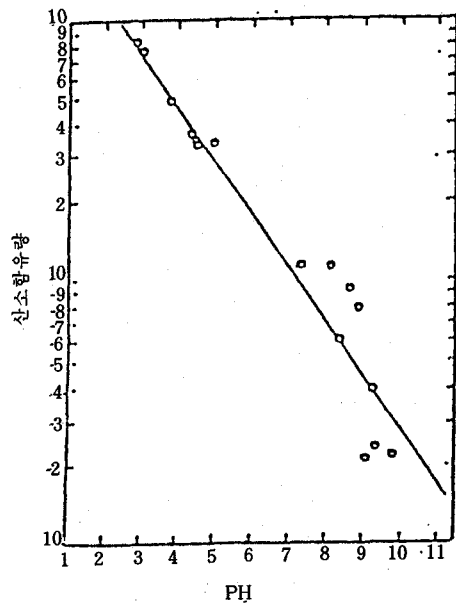


그림 24. PH와 산소 함유량

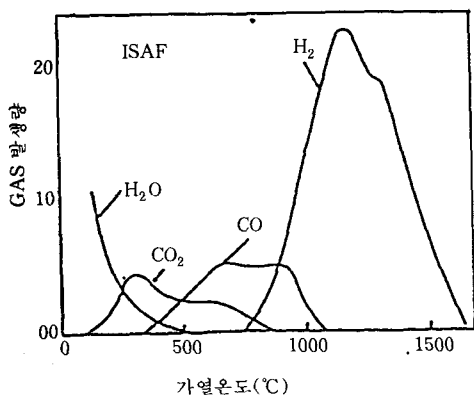


그림 25. 가열온도와 GAS발생량

8-3. 조립특성

카본 블랙 발생시는 분말이나 고무에 혼합 및 취급 용이성 때문에 0.5~1.0mm ϕ 정도의 pellet를 만든다. 그 결과, 파생되는 특성으로서 다음 항목이 있고, 각각 ASTM규격에 측정법이 규정되어 있다.

- ① 조립입자 크기의 분포, ② 조립입자의 경도, ③ 미분량

9. 카본 블랙 특성이 고무 배합물성에 미치는 영향

9.1. 카본블랙 배합량의 영향

고무 물성	카본블랙 배합량을 증가시키면
점도	증가한다
scorch	짧아진다
Die-swell	작아진다
경도	높아진다
300% modulus	높아진다
인장강도	증가하다 낮아진다
인열강도	"
내마모성	"
반발탄성	낮아진다
발열성	높아진다
전기 전도성	커진다

9 2. 카본블랙의 미가황 및 가황고무 물성에 대한 영향

	비표면적이 커지면	structure를 크게 하면	
미가황 고무	혼입시간	길어진다	길어진다
	분산성	나빠진다	좋아진다
	mixing	증가한다	증가한다
	접도	증가한다	증가한다
	scorch	짧아진다	짧아진다
	DIE-swell	커진다	작아진다
	압출작업성	나빠진다	좋아진다
	경도	높아진다	높아진다
가 황 고무	300% modulus	최대치가 있다	높아진다
	인장강도	높아진다	-
	신도	최대치가 있다	감소한다
	인열강도	높아진다	낮아진다
	내마모성	높아진다	높아진다
	반발탄성	낮아진다	-
	발열성	높아진다	작아졌다 높아진다

(평가예)

- (1) Mastication시간, 분산에 대한 영향
Compressed-DBP흡유량과 mixing시간
입자경, Structure와 분산성
Compressed-DBP흡유량과 분산성
조립 입자 경도와 분산성
- (2) 미가황고무특성에 대한 영향 : DBP흡유량과 DIE SWELL
- (3) 가황고무에 대한 영향
DBP, compressed-DBP흡유량과 300% modulus
DTAB흡착비표면적, compressed-DBP흡유량과 내마모성
질소흡착비표면적과 $\tan \delta$

10. 카본블랙 시험방법

10-1. 기본특성

- (1) 요오드 흡착량 (2) 흡유량(A법) (3) 비착색력

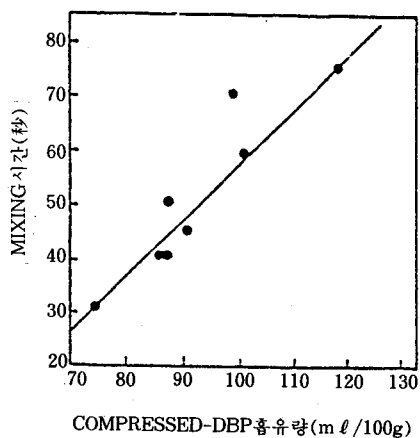


그림 26. Compressed-DBP 흡유량과 MIXING 시간

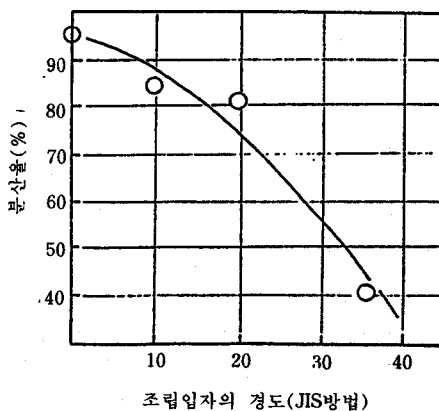


그림 29. 조립 입자경도와 분산율

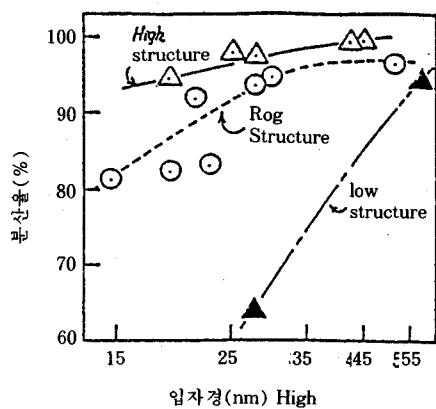


그림 27. 입자경, Structure와 분산율

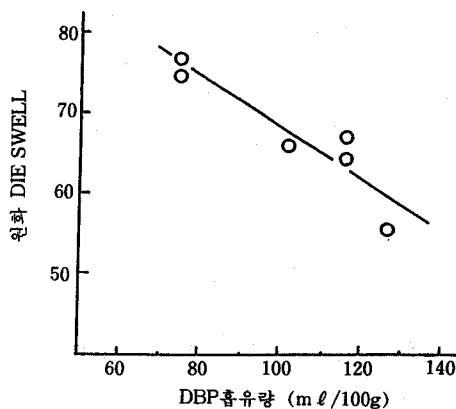


그림 30. DBP 흡유량과 die swell

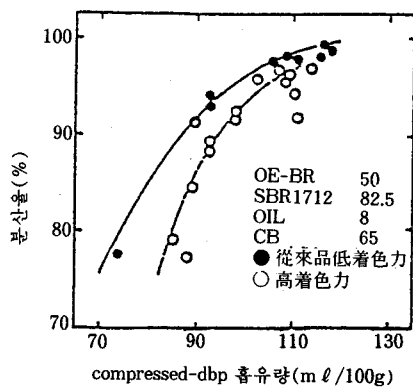


그림 28. Compressed-DBP 흡유량과 분산율

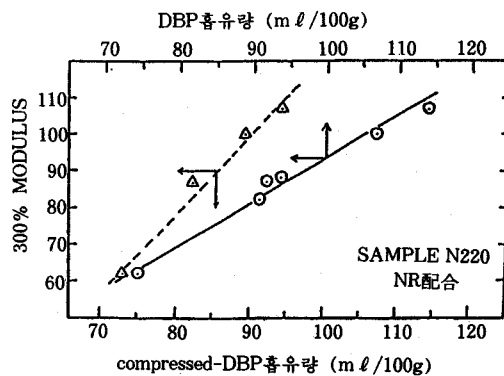
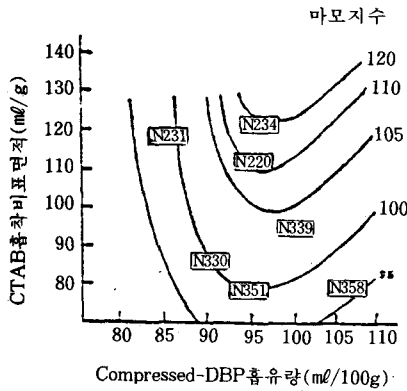


그림 31. DBP, Compressed-DBP 흡유량과 300% modulus



High-severity

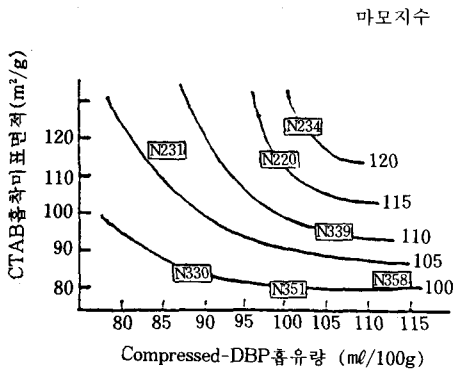


그림 32. CTAB흡착비표면적, Compressed흡유량과 내마모성

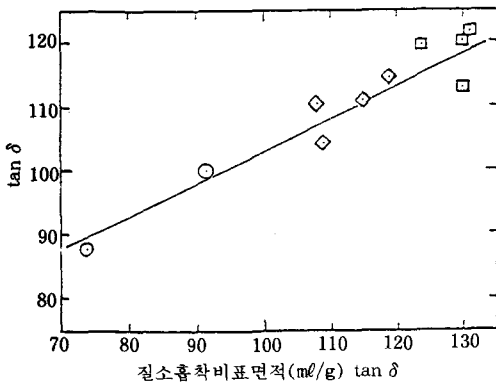


그림 33. 질소흡착비표면적과 tan δ

10-2. 부수적 성질

(1) 가열감량 (2)체잔분 (3)회분 (4)톨루엔 착색투과도

10-3. 조립특성

(1) 미분량 (2) 조립입자경도 (3) 조립카본블랙의 겔보기비중

10-4. 보조적 성질

(1) 휘발분 (2) PH (3) 조립입자크기분포

10-5. 기타

기타 현행 ASTM에 제정되어 있고, 자주 이용되는 질소흡착비표면적, CTAB흡착비표면적, compressed-DBP흡유량등이 있다.

11. 카본블랙의 용도

(1) 고무보강제(인장강도, modulus, 신도, 내마모성, 반발탄성, 발열특성 등), 충전제 및 착색제로서 사용된다.

(2) 수지착색용도

수지착색제로서 사용된다. 칠혹성, 고착색력, 얇은 청색 및 분산성

(3) 잉크, 도료용도

인쇄잉크의 안료로서 사용된다. 흑색도, 분산성, 유동성이 요구된다. 카본블랙은 다른 유기안료에 비교해서 가격이 싸고, 고착색력, 고내항성이 있다. 그러나, 비표면적이 크고, 더욱 structure를 갖고 있기 때문에, 그 입자 표면은 습윤되기 어렵고, 유동성에서 열세이므로, 표면처리등으로 이러한 결점을 조정할 필요가 있다.

(4) 도전성 용도, 정전지 방지

(5) 흑색제지

(6) record 고급 channel이 사용되고 있다.

(7) 직물 공업 원액 착색, 안료 print

(8) 화장품 channel이 사용되고 있다.

(9) 식품첨가 channel이 사용되고 있다. 안정성이 문제.

(10) 화재, (11) 연필, (12) toner, (13) 용설, 설펁, (14) 농업용, (15) 저항체, (16) 화약, (17) sement, (18) 이형제 (19) 주형의 붕괴성개량제.

12. 용어해설

1) Attrition: 입상의 카본블랙을 취급할때, 마찰 또는 충격에 의하여 미분이 발생하며, 이에 따른 양을 말함.

2) 안식각: 분체를 깔대기나 orifice로부터 연속적으로 수평면으로 낙하시켜 원추형으로 쌓을때 바닥면과 외곽선과의 사이각을 말함.

3) Carbon black gel: 고무에 카본블랙을 혼련시킬 경우에 생성하며 용매에 대하여 완전하게 용해되지 않는 결합체로서, bound rubber라고도 함.

4) 회분: 카본블랙을 소정의 온도로 가열하고 탄화시킨 잔분으로, 제조공정중의 물 또는 장치, 재료 등으로부터 유입된다. 양적으로 1%를 넘는 경우는 드물다.

5) 겉보기 비중: 일정용기 내에 일정조건으로 충전시킨 카본블랙이 나타내는 단위당 중량으로, 겉보기 비중이라함. 조립입자의 겉보기 비중에는 카본블랙의 입자경, structure, 조립 조건에 따라 변화하며, 수송, 저장상의 소요 용적에 관계가 있다.

6) 가열감량: 일정 조건하에서 가열시킨 후의 감소량을 말함. 가열감량의 대부분은 수분임.

7) Color master batch: plastics의 착색용으로 CB를 사용하는 경우 분산을 양호하게 하기위하여 사전에 혼련시킨것의 총칭을 말함. 다음의 형태로 말하는 방법도 있다.

- Master batch color pellet: resin과 카본블랙을 혼합시킨것.

- Paste상 tonner: 수지, 가소제와 카본블랙을

혼합시킨것.

수지분과 카본블랙을 균일하게 혼합시킨것.

8) 휘발분: 덮개가 있는 도가니(자거나 백금계)에 카본블랙을 규정량으로 넣어 950°C에서 7분간 가열시킨 경우의 감량을 말함.

성분은 카본입자의 표면에 결합되어 있는 CO, CO₂, H₂ 등이 있다.

9) 흡유량: 카본블랙 입자간의 화학적, 물리적 결합에 따라 복잡하게 응집된 structure의 정도를 알 수 있는 시험으로, 카본블랙 100g당에 흡유되는 기름의 부피(ml)를 말함.

기름은 아마인유, DBP등이 사용된다. 또한 흡유량은 카본블랙을 일정 조건하에서 압축시 입자간 공극의 용적 비율을 나타내며, 공극률과는 정상관계에 있다.

10) 공극률: 카본블랙을 일정 압력하에서 기계적 압축시 입자간 공극의 용적 비율을 말함(cd/g). structure가 높은 품종이 높은 수치를 나타내며, 흡유량과는 정상 관계에 있다.

11) 진비중: 카본블랙의 단위 용적당 중량으로 정확하게 측정하기에는 비교적 곤란하며, 측정에도 차이가 있지만 1.80~1.86g/cm의 측정예가 있다.

12) Structure: 카본블랙의 각입자간의 화학적, 물리적 결합에 따라 복잡한 응집의 정도를 표시하는데 흡유량, 공극률로 측정한다.

13) 저색: 카본블랙을 백색안료와 비이커에서 혼련시, 유리판등에 칠한후의 색생의 바탕으로 적·청·황색 등 유채색을 말함.

14) 탈기: 카본블랙입자 표면에 결합된 CO, CO₂, H₂ 등을 공기와 차단시키고 900°C이상으로 가열시켜 휘발시키는 조작을 말함.

15) 비착색력: 카본블랙을 백색안료와 비이커에서 혼련시, 유리판 등에 칠한 후의 색뱀기의 바탕으로 표준품과 비교시킨 지수로 표시함. 색이 진한것을 착색력이 높다고 말한다.

16) 미분량: 조립시킨 입자중에 함유하고 있는

일정입도(통상 $150\mu\text{m}$) 이하의 분상분의 량을 말함. fines 또는 dust라고함.

17) 조립입자 경도: 비교적 원형입자 20개 정도를 각각 파괴시킬 때의 힘을 평균치로 표시함. 통상은 $1,000\text{mm}\phi$ 입자를 측정하지만, 경우에 따라서는 특별히 큰 입자를 측정하기도 한다.

18) 표면조도: BET법으로 측정한 비표면적과 전자현미경으로 측정한 평균 입자경으로부터 구한 비표면적과의 비로서 다공도를 말함. 이 수치가 클 경우는 카본블랙 표면에 요철 또는 세공의 존재를 나타내며 channel black에 산화처리한 카본블랙은 비교적 수치가 크다.

19) 입자의 크기 분포: 체눈의 크기가 다른 수종의 체를 사용하여 입자의 크기를 측정한다. 통상은 $2,000\sim 1,000\sim 500\sim 250\sim 150\mu\text{m}$ 체를 사용한다.

20) 비표면적: 카본블랙의 단위 중량당 표면적

(m^2)으로 표시하며, 질소, 요드, CTAB등의 흡착량 또는 전자현미경에 의한 평균입자경 등으로부터 산출한다.

21) 체잔분: 카본블랙의 일정량을 흐르는 물로서 체를 통과시키고 체상에 잔유하는 GRIT를 말함. 벽돌, cokes, 철등이 함유되어 있다. 통상 $150\mu\text{m}$ 또는 $45\mu\text{m}$ 의 체망을 사용한다.

22) PH치: 카본블랙의 추출물이 나타내는 PH를 말함. color용 카본블랙에는 상등액의 PH를 측정한다. 주로 표면산소 함유기, 회분에 의하여 영향을 받는다. 일반적으로 channel black은 산성, furnace black은 중성~염기성을 나타낸다.

23) 톨루엔 착색투과도: 카본블랙에 함유된 미분해 유기물의 잔유정도를 나타내는 척도로 순 톨루엔 투과도를 100%라 할 경우 일정파장의 빛이 투과하는 정도를 나타낸다.