

숫트의 특성과 부라스팅작업

安斗植

본 학회에서 1981.5.26. 한국기계공업진흥회관에서 실시한 춘계기술세미나에서 발표한 「숫트의 특성과 부라스팅작업」에 관한 강연내용 중 제1부를 발췌 게재합니다. 자세한 내용을 원하시는 분은 학회 또는 저자에게 연락바랍니다.

(편집자註)

1. 부라스팅크리닝에서 숫트의 기능

주물을 포함한 모든금속은 그 제조과정에서 모래 스케일 및 불순물로 그 표면이 덮혀있다. 절삭가공을 위해서는 소착모래를 제거하여야 하며 그 금속을 도금 및 페인팅을 함에는 철저히 표면이 크리닝되어야 할 뿐 아니라 미려한 표면은 상품적 가치를 높혀준다.

오늘날 금속표면의 크리닝방법에는 가장 경제적이며 일정한 크리닝표면을 얻고 대량 처리를 할수 있는 부라스팅 크리닝이 행하여지고 있다. 부라스팅 크리닝작업을 충분히 이해하고 효과적으로 수행하려면 투사제 (Abrasive Blast Media) 인 숫트나 그릿트 (Shot or Grit)의 기능과 특성을 알아야 하는것이 중요하다.

숫트부라스팅기의 휠 (Wheel)이나 혹은 공압부라스팅의 노즐 압축공기는 숫트를 속도와 중량을 갖고 금속표면에 투사하여 그충돌되는 힘에 의하여 깨끗이 크리닝을 한다. 이때 투사되는 숫트는 그의 사이즈와 투사속도에 따라 일정량의 운동에너지 (Kinetic Energy)를 달리 갖고 금속표면에 충돌하고 있다. 이 운동에너지는 주물 또는 모든 금속표면의 모래와 스케일을 제거하게 되는 에너지의 총량이 되는 것이다.

즉 숫트가 작업물 (주물, 금속물)에 충돌할때, 그의 운동에너지는 탈사와 탈스케일을 하며 이때 숫트의 사이즈 (입자의 크기)와 입자수는 매우 중요한 운동에너지의 인자가 된다.

오늘날의 숫트부라스팅기의 휠회전속도는 1,800 ~ 2,800 R.P.M. 으로 에어부라스팅의 공압투사와 공히 숫트를 대략 40~90 m/sec속도로 작업

물 (주물, 금속물)에 투사시키고 있는바 이때 숫트입자가 갖고 있는 운동에너지는 $E = \frac{1}{2} MV^2$ 또는 질량 M를 같이 할때는 $E = aD^3 V^2$ 로 계산된다. (E=운동에너지 V=숫트투사속도 D=숫트의 경) 금속표면의 크리닝일은 숫트가 금속표면에 주는 충격도 (Impact Intensity)를 좌우하는 2개의 기본인자에 따른다.

㉑ 속도 (Velocity) -2,250 R.P.M을 갖고있는 표준형의 휠은 약 60 m/sec로서 숫트를 투사하고 있으나 그 회전속도의 크기에 따라 투사제의 속도는 변한다.

㉒ 숫트의 사이즈-부라스팅기에서 투사속도가 일정하면 사이즈가 클수록 충격도는 커진다.

표1은 사이즈별 스틸숫트의 kg당 입자수와 충격도를 표시하고 표2는 사이즈별 카트와이어의 kg당 입자수를 나타낸다.

< 표1 > 사이즈별 스틸숫트의 입자수와 충격도

SAE 규격	싸 이 즈		# 110사이즈 대비 충격도
	평균입도 (%)	kg 당 입 자 수	
780	2.4	26,400	185
660	2.0	44,000	110
550	1.7	72,600	64
460	1.4	121,000	36
390	1.2	209,000	
330	1.0	341,000	16
280	0.8	550,000	
230	0.7	924,000	6
170	0.6	3,300,000	2
110	0.4	7,700,000	1
70	0.3	26,400,000	

〈 표 2 〉 사이즈별 카트와이어의 입자수

사 이 즈		kg 당 입 자 수
SAE 규 격	입 도 (%)	
CW 62	1.6	41,700
54	1.4	62,500
47	1.2	94,300
41	1.0	143,000
35	0.9	227,000
32	0.8	312,500
28	0.7	455,000
23	0.6	833,000
19	0.5	1,100,000

표1에서 평균입도 2.0% 슷트는 1.0% 슷트보다 그 직경에 있어 2배를 갖고 있으나 충격도 (Impact Intensity)는 약 7배 (6.87배)에 도달하고 있다.

즉 표1은 슷트의 사이즈 크기에 비례하여 슷트의 입자가 작고 충격도는 기하급수적으로 커짐과 동시에 스케일, 모래를 제거하는 힘도 충격도만큼 강함을 표시하고 있다. 그러나 반대로 같은 중량에서 그 입자수는 기하급수적으로 적어짐도 동시에 알 수 있다.

2. 카바레지 (Coverage)와 충격도 (Impact Intensity)

카바레지와 충격도를 이해하기 위해 2.0%와 1.0% 두가지 슷트의 작업기능을 설명하기로 한다. 분당 200kg을 투사하는 휠 (Wheel)은 평균 입도 2.0%의 슷트를 투사제로 사용할때 8,800,000개를 분당 금속표면에 충돌시키며 1.0%의 슷트는 68,200,000개의 입자를 충돌시킨다.

이때 금속표면에 맞는 슷트의 입자수와 그 맞은 면적이 카바레지 (Coverage)의 척도가 된다.

카바레지 (Coverage)는 금속표면을 크리닝할때 투사된 슷트입자가 표면에 맞아 크리닝한 면적을 전체면적에 대한 백분율 면적으로 계산된 것이다.

여기에서 1.0% 슷트는 2.0% 슷트보다 약 8배 입자수를 충돌시키고 있으나 과연 1.0% 슷트 68,200,000개중에 모래를 떨어뜨리는데 공헌하는 입자수는 얼마냐가 문제이다. 모든 입자의 충격도가 충분하면 전충돌입자수는 카바레지에 공헌하나 실제로 강한 소착모래에 충돌한 입자는 소착

모래를 충격도 미달로 제거못하는 것도 많다. 이 경우 2.0% 슷트는 입자당 충격도가 1.0%보다 약 7배가 크기때문에 전입자는 카바레지에 공헌할 수 있다.

2.0% 슷트와 1.0% 슷트를 같은 중량으로 투사하면 입자수비는 1:7.75 (1.0%가 7.75배 큼)이고 각입자의 충격도비는 6.87:1 (2.0%가 6.87배 큼)로 된다고 할 수 있다.

금속표면을 크리닝 하는일은 충격도와 카바레지의 복합기능에 의한다는 것을 명심하지 않으면 안 된다. 구조된 주물은 구조조건에 따라 다르지만 그표면이 m^2 당 수백만개에서 수천만개의 일반모래, 소착모래, 용착모래가 붙어있다. 1개의 모래입자를 제거하는데 1개의 슷트입자가 충돌되어야 된다고 생각될때 투사돼서 맞는 슷트입자역시 같은 입자수가 요구된다. 실제로 슷트브라스 할 때 0.6%의 슷트를 투사하면 같은 사이즈의 모래의 2배 중량으로서 일반모래조건은 1번충돌로 제거되지만 심한 소착모래면 반복충돌을 하여야한다. 깨끗하고 미려한 주물표면을 얻기 위해서는 무한히 많은 충돌입자수의 증가로 카바레지가 90% 이상 도달시키는데 있다.

주물표면의 소착모래를 제거함에는 소착모래가 클수록, 소착상태가 심할수록 투사슷트가 내는 충격도 (Impact Intensity)가 커야한다. 충격도를 크게하려면 사이즈가 커야하며 투사하는 사이즈를 큰 것으로 할때 입자수는 적어져 카바레지 달성이 어렵다. 즉 소착모래를 갖은 주물표면을 완전크리닝하는데 소착모래를 떨어뜨리는 큰 사이즈의 충격입자수는 10~20%의 충돌수량이면 되나 뒤이어 밝고 미려한 표면을 만드는데 필요한 작은사이즈의 충돌입자수는 5~8배인 80~90%의 카바레지가 필요하다.

따라서 이러한 경우 효율높은 크리닝의 사이즈는 20~30%의 큰사이즈와 70~80% 중간 및 작은사이즈로 혼합시키는 오퍼레이트믹스를 부라스트기계내에서 만들어 투사하는 것이다. 또한 산화스케일은 얇은 휘름막이나 코팅상태로 금속표면에 붙어있는바 단단하고 취깁하다.

이를 제거하는데는 소요충격도에 의한 충돌입자수를 무한히 크게 이르게 카바레지를 얻는데 있다.

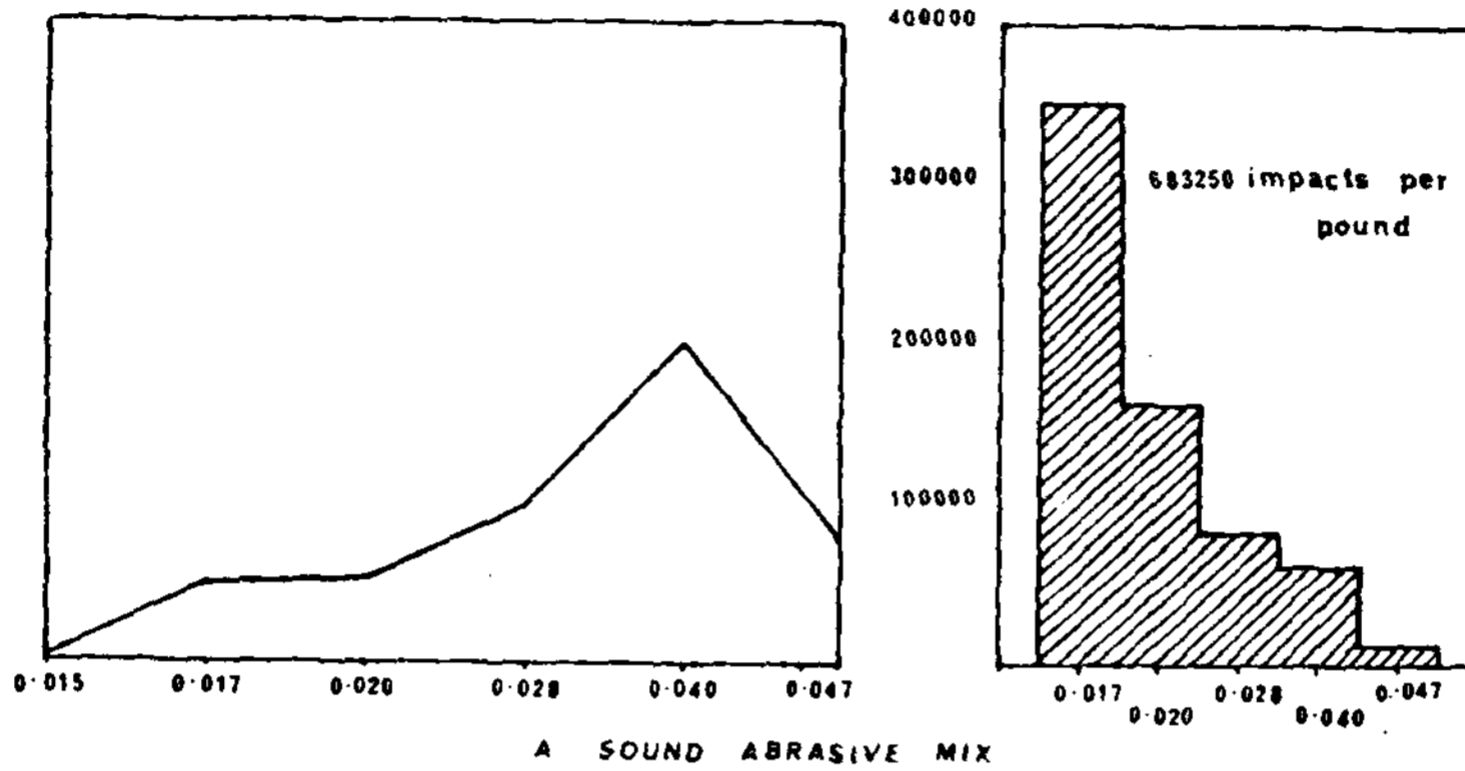
이때 숫트의 사이즈는 모래제거용보다 적은 것으로 숫트의 입자수는 많은 것으로 한다.

다. 소모량만큼 다시 신숫트를 보충하는 동안 기계내에는 작은사이즈에서 큰사이즈의 각종 입도로, 혼합되어지고 있다.

3. 오퍼레이트믹스 (Operate Mix)

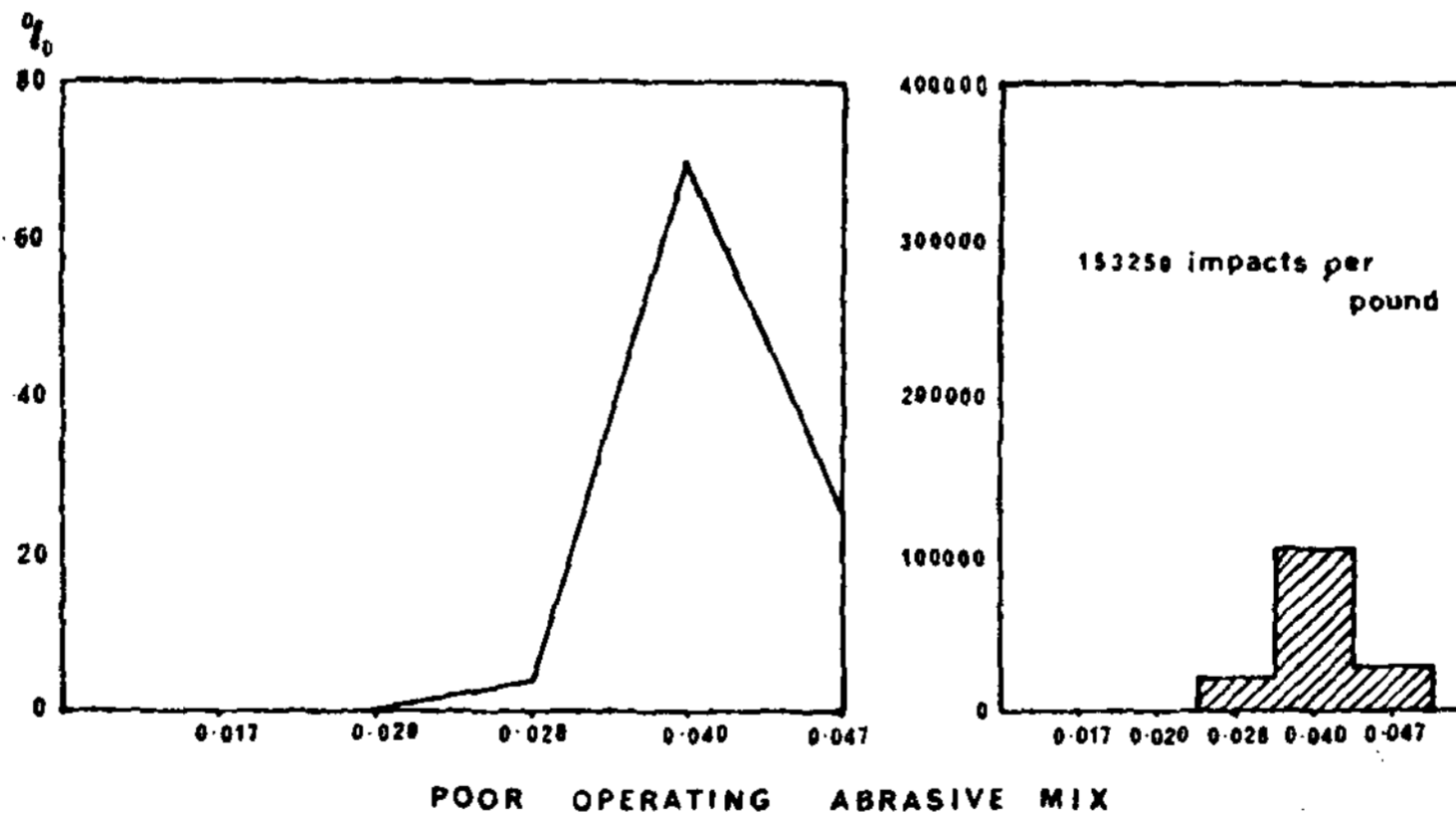
숫트부라스트기내에 투입된 신숫트는 반복 투사 사용하면서 사이즈는 마모로 작아지며 소모가된

이때 혼합된 사이즈의 기계내 숫트를 오퍼레이트믹스 (Operate Mix)라 하며 오퍼레이트믹스판리는 부라스팅의 일량과 그 효과를 얻는데 매우 중요하다.



(a) 양호한 오퍼레이트믹스 (Sound Operate mix)

파운드당 683,250 충격치를 발휘



(b) 불량 오퍼레이트믹스 (Poor Operate mix)

파운드당 153,250 충격치를 발휘

그림 1. 오퍼레이트믹스의 비교

오퍼레이트믹스에서 큰사이즈는 큰 충격도를 갖고 소착물이나 큰 스케일층을 파괴제거하는 일을 하고 작은사이즈는 많은 입자로 크리닝속도를 빨리함과 동시에 고운표면을 만들고 있음으로 좋은 오퍼레이트믹스는 큰사이즈, 중간사이즈, 작은사이즈가 골고루 분포되어야 크리닝기능을 발휘한다. 즉 부라스트기계내의 분당투사능력은 무게 (kg) 카 일정함으로 예를들어 2.0% 솏트를 투사할때 비하여 1.0% 솏트를 투사하는 경우엔 입자수 (Pellet)가 8배임으로 금속표면에 8배의 개소에 충돌함으로 연소밀도가 높아 가공시간이 단축되며 가공면도 고와지나 금속표면에 스케일층이 크면 스케일층 파괴가 어려워짐으로 솏트입자를 큰것을 섞어 넣으면 크리닝속도와 스케일층제거의 효과를 동시에 얻을 수 있다.

그림 1은 같은 한파운드의 솏트를 피 가공금속표면에 투사할때 오퍼레이트믹스의 분포가 도표와같이 고루 분포된 믹스는 사이즈가 한두가지로만 집중 분포된 믹스보다 4배 (683250 Impact / 153250 Impacts) 이상 충격힘을 갖이고 크리닝일을 신속히할 수 있는 능력을 표시하고 있다.

따라서 좋은 오퍼레이트믹스관리는 좋은 금속표면을 얻고 일을 신속히하며 부라스팅비용을 절감한다할 수 있다.

오퍼레이트믹스를 관리하려면 매일 부라스트기계내의 솏트분포도를 그리고 그 평균입도를 알아야 하며 표준입도분포도를 완성하여 작업표준을 만들어야 한다.

분포도가 작은사이즈로 치우치면 큰사이즈로 보충하고 큰사이즈로 집중도를 나타내면 작은사이즈로 보충하여 나가야할 것이 중요하다.

4. 솏트의 종류 (투사제의 종류)

인류가 부라스트크리닝방법에 의하여 금속제품의 표면 크리닝을 처음한 것은 1870년 영국의 B.C. Tilghman이 샌드부라스트기계를 고안 특허화하여 사용한 것으로 투사제는 모래를 썼다. 현재도 모래를 사용하는 에어부라스팅은 많으나

분진공해 및 투사제량의 과다소모로 철강그릿으로 투사제가 바뀌어지는 경향이 많다. 철 및 강의 투사제가 개발되면서 원심부라스트 (휠부라스트)는 급격히 보급되어 오늘날 금속표면을 크리닝을 위한 부라스팅방법의 대종을 이르고 있다. 지금까지 투사제 종류는 하기와 같다.

- Almond shell,
- * Aluminous oxide
- Coconut shell.
- Corn cobs (crushed)
- Glass beads
- Iron slag
- Nylon pearls
- Olive kerrels
- Polystyene beads
- Rubber slugs
- Sillicon carbid grit
- * Steel shot & grit
- * Steel wire pellets
- * Bronze shut
- * Chilled iron shot & grit
- * Copper slag
- Garnet
- Hardwood saw dust.
- * Nail clipping
- Oat husks
- Peach pits
- Rice nulls
- * Sand
- * Stainless steel shot
- Wallrut shell
- Zinc wire pellets

한국에서 사용되는 투사제 종류

4-1 청동솏트 (Bronz shot)

비철주물용으로 미국코네티컷주 Mitchell Nmeeting and Retining Co.가 개발제조한 것으로 사용장점은 청소할 가공물에 철분말을 남기지않고 경도가 적어 장시간 사용하지만 철강금속 표면의 크리닝일을 못하고 가격이 고가임으로 아

주회박하게 사용된다.

4-2 카트와이어 (Cut Wire Pellets)

카트와이어의 처음제조는 역시 1872년 B.C. Telghman에 의하여 특허함이 효시가 된다. 카트와이어는 0.7~0.8% C의 강선을 0.5%~2.0% 경으로 드러잉 (Drawing)하여 직경길이대로 카팅하여 만든것이다. 카트와이어는 원통형으로 끝이 뾰족한 형태의 입자로 처음상태는 부라스팅에 효과를 주지못한다. 곧 125 싸이클 사용한후 구형으로 되어 정상적인 크리닝을 한다. 카트와이어의 내구수명은 원재료인 강선을 구입하는데 따르지만 우수한 강선을 사용하여 800~920 C에서 퀘칭 (Quench)하고 480~520 C에서 템퍼 (Tempering) 함으로 5000싸이클의 긴수명을 가질 수 있으나 생산가격이 고가이고 량산제조가 어려워 세계적으로 사용량이 극소수화되고 있다.

카트와이어의 규격

미국의 S.A.E (Society of Automotives Engineers)는 부라스트크리닝장치에 사용하는 카트와이어 규격을 정하고 있다. SAE 규격은 세계적으로 카트와이어 사용규격으로 제일 존중되고 있다. 이 규격은 카트와이어를 제조하는데 와이어를 원통형 (Cylindrical form)으로 잘르되 와이어경과 같은 길이로 잘라야하며 잘른끝단부를 제거하여 입자를 원형으로 할 것으로 명시하고 있다. 다음은 SAE 카트와이어 규격을 요약한 것이다.

A. 인장강도 (Tensile Strength)

숫트사이즈	평균 직경 inch	인 장 강 도 lb/in ²
CW 62	0.0625	237,000 - 272,000
CW 54	0.054	243,000 - 279,000
CW 47	0.047	248,000 - 286,000
CW 41	0.041	255,000 - 293,000
CW 35	0.035	261,000 - 301,000
CW 32	0.032	265,000 - 305,000
CW 28	0.028	271,000 - 311,000
CW 23	0.023	345,000 - 380,000
CW 19	0.019	349,000 - 384,000

B. 화학성분

C	Si	Mn	P	S
0.47-0.75	0.1~0.3	0.6~1.20	<0.45	<0.05

C. 경 도

숫트 사이즈	최소경도	숫트 사이즈	최소경도
CW 62 (1.6%)	36 Rc	CW 32 (0.8%)	45 Rc
CW 54 (1.4%)	39 Rc	CW 28 (0.7%)	46 Rc
CW 47 (1.2%)	41 Rc	CW 23 (0.6%)	48 Rc
CW 41 (1.0%)	42 Rc	CW 19 (0.5%)	48 Rc
CW 35 (0.9%)	44 Rc		

D. 품 질

카트와이어는 크랙이나 이발이가 없어야하며 찌른 자리나 줄기가 없어야 한다.

E. 입도검사

램돔샘프링한 카트와이어 입자시편을 마운팅한후 원통세로 방향중심선의 단면으로 포리싱을 한 열개 입자의 합계길이가 하기의 공차내 합격하여야 한다. 또는 50개의 램돔샘프링 입자의 중량이 하기의 한계내에 들어가야 한다.

숫트사이즈	10 개의 길이	50 개의 중량
CW 62	0.620±0.040 inch	0.09 to 1.33 g
CW 54	0.540±0.040	0.72 to 0.88
CW 47	0.470±0.040	0.48 to 0.58
CW 41	0.410±0.040	0.31 to 0.39
CW 35	0.350±0.030	0.20 to 0.24
CW 32	0.320±0.030	0.14 to 0.18
CW 28	0.280±0.030	0.10 to 0.12
CW 23	0.230±0.020	0.05 to 0.07
CW 19	0.190±0.020	0.03 to 0.04

4-3 스틸숫트 및 그리트 (Steel Shot & Grit)

주철숫트는 부라스팅방법이 대량보급되면서 과거 값싸게 공급되어 많이 사용된 숫트로 이역시 1872년 B.C Tilghman이 특허화하면서 본격적으로 세

계각국이 제조하였다. 주철샷트는 큐포라에 용해한 용탕 (Molten Stream) 을 높은 압력의 물줄기 (Jet of Water Stream) 에 부어 분사되어 얻어지는 백선의 구형입자로서 이를 분쇄밀에 넣고 부수어서 삼각 ~ 많은각의 편을 만드는 것을 그릿트 (Grit) 라고 한다. 샷트 및 그릿트는 스크린하여 12개의 사이즈로 분류규격화시키고 있다. 주철샷트와 그릿트는 화학성분을 탄소 (C) 를 2.5-3.0%로, 인 (P) 을 0.3~1.0% 범위로 제조하며 그 현미경조직은 철탄화물기지에 오스테나이트 (Austenite) 에서 아시큐라마르텐사이트 (Acicular Martensite) 조직을 포함하고 있다. 그 경도는 Rc 55~66을 유지하는 것이 일반적이라 할 수 있다.

주철샷트는 백선조직에서 오는 취성으로 사용중 깨어지면서 마모가 심하여 소모량이 많고 오퍼레이트믹스관리가 어려우며 금속분해에 의한 분진이 많은 단점이 있는 대신 값이싸고 급냉에 의한 백선 경도가 높아 크리닝속도를 빨리 가지고 있어야 직도 경제성을 찾아 많이 쓰여지고 있다.

4-4 스틸샷트 및 그릿트 (Steel Shot & Grit)

오늘날 세계각국에서 사용되는 투사제종류는 약 20여종으로 알려져있고 그중 가장 많이 사용되고 광범위한 용도로 쓰이는것은 스틸샷트 및 그릿트라고 할 수 있다. 모든 투사제는 100년 이상의 역사를 가지고 있으나 스틸샷트가 개발된것은 최근의 일로서 1956년 왕국의 Bladley & Fosters Work가 특허를 냈고 미국은 아크전기로 용해방식에 의해 전후 윌라브레이터사 등에서 급격히 발전시켜 오늘날 금속투사제 생산 및 사용량의 90%를 돌파하고 있다. 스틸샷트는 엄선된 강스 크랩을 가지고 아크전기로에서 저유항, 저인성분으로 용해한 용강을 일정온도의 고온주입으로 아토마이징 (Atomizing) 을 하여 얻어지는 하드샷트 (Hard Cast Shot) 를 퀘칭열처리 (Quench) 에 강경한 마르텐사이트 (Martensite) 조직을 얻고 템퍼 (Tempering) 에 의한 질긴전성을 만들어서 샷트가 갖어야 할 중요특성인 내마모성과 적절한 경도를 갖는 구형을 완성한 것이다.

스틸그릿트는 하드샷트 (Hard Cast Shot) 를 퀘칭열처리 (Quench) 를 하여 분쇄밀에서 분쇄하여 예각강편을 만들어 다시 템퍼링열처리를 한 것으로 모든 스틸그릿트와 샷트는 스크린을 하여 11가지 사이즈로 규격에 의해 분류하고 있다. 스틸샷트는 강이가지고 있는 열처리 특성에 의해 열처리를 통한 사용적절한 경도와 내마모 내구력 (Durability) 을 크게 갖고 있으며 휠부품등 부라스티기의 마모부품의 마모를 적게하고 있다. 또한 오퍼레이트믹스를 만드는데 양호함으로 인해 부라스트 투사제로 많이 사용하고 있으며 최근야금기술발전으로 량산공급이 되어 세계각국 사용투사제의 주종을 이루고 있다. 그러나 스틸샷트는 주조 및 아토마이징 (Atomizing) 에서 오는 블로우홀을 수반하고 있어 세계 각국규격은 10% 이내 제한할 것을 규정하고 있다.

스틸샷트의 규격

스틸샷트를 규정하는 규격으로는 미국의 자동차기술자협회규격 (SAE) · 주강협회규격 (SSFA) 영국의 주조기술협회규격 (BSCRA) 등이 있으며 그중 SAE는 세계적으로 공인하여 무역거래 규격으로 통용되고 있다.

SAE는 J 827 과 J 444 로 규정하고 있는 바 중 요내용은

A. 화학성분 (Chemical Composition)

C	Si	Mn	P	S
0.85-1.20	> 0.04	0.60~1.20	< 0.050	< 0.050

B. 경 도 (Hardness)

경도 : Rc 40 ~ 50

경도측정치의 90%이상이 Rc 40~50의 범위내 합격하여야 하며 그 평균치는 Rc 40~50 범위내 있어야 한다.

C. 현미경조직 (Micro Structure)

스틸샷트의 현미경조직은 균일하고 미세한 템퍼드마르텐사이트 (Tempered Marten Site With Fine) 조직이어야 하며 카바이드는 고루분포되어야 한다.

D. 밀 도 (Density)

밀도는 7 gr/cc 이상이거나 혹은 중공샷트(Hollows)가 10%이내이어야 한다. 검사방법은 마운팅 포리싱한 시편에서 중공 숫자를 직접 계산한다.

E. 외 관 (General Appearance)

스틸샷트는 구형 또는 구형에 가까운 형이어야 하며 중공표면불순물, 꼬리 깨진조각 스라구 먼지등은 최소한 적게하여 상품으로 받아드려져야 한다.

F. 기계적시험

샷트시험기(수명시험기)에 의한 시험을 제조자와 수요가에 합의로써 행할수 있다.

5. 샷트의 특징

가장 경제적으로 만족할 금속표면을 얻기 위한 부라스팅크리닝작업을 하기 위해서는 샷트의 특성과 기능을 알아야 한다. 샷트는 다음의 5가지 특성기능에 의하여 금속표면의 크리닝완성도, 크리닝작업시간, 샷트의 소모량을 좌우하고 궁극적으로 부라스팅의 경제성이되는 요소가 된다.

- ① 경도 (Hardness)
- ② 현미경조직 (Micro Structure)
- ③ 물리적 결함 (Physical Defects)
- ④ 피로수명 (Fatigue Life)
- ⑤ 화학성분 (Chemical Analysis)

상기특성은 샷트의 사용수명을 증감시키며 부라스팅크리닝비용을 결정하게 된다.

5-1 경 도 (Hardness)

만약 샷트가 너무 물르다면(경도가 적다면) 운동에너지의 많은 량이 금속표면을 크리닝하는데 쓰이지 못하고 샷트자체가 변형하는 것으로 흡수하고 만다. 즉 샷트의 경도가 적을수록 크리닝속도는 늦어지며 부라스팅 시간도 길어진다. 만약 샷트가 너무 단단하면(경도가 너무크면) 운동에너지의 많은 량이 샷트가 깨지는 일로 흡수되고 작은에너지만이 크리닝일에 쓰여진다. 또한 경도가 크면 클수록 크리닝속도는 빨라진다. (어느 한계선까지는 속도증가)고 할 수 있으나 반면 소모감량이 커지며 경도가 낮을수록 크리닝

속도는 떨어지나 마모감량은 적어진다. 따라서 적절한 경도는 매우 중요한 샷트의 특성기능이며 그 경도는 세계각국규격(SAE, BSCRA, SSFA 등)이 전부 Rc 40~50 으로 규정하고 있다.

5-2 현미경조직 (Micro Structure)

샷트의 금속현미경조직은 샷트가 금속표면에 충돌할 때 피로수명을 최대로 길게하며 에너지손실은 최소로 할 수 있는 조직으로 되어야 한다. 이러한 조직은 미국자동차기술협회 기술분과위원회(Technical Committee, Society Automotive Engineers)가 규정한 바로 미세한 템퍼드마르텐사이트(Tempered Martensite With Fine)이어야 한다. 템퍼드마르텐사이트조직은 오늘날 부라스팅크리닝에서 가장 내피로저항조직(Fatigue-Resistant Micro Structure)으로 알려졌다. 이때의 현미경조직에서 취경한 철탄화물(Iron Carbide)은 나타나면 안되고 이것은 샷트를 쉽게 깨지게하는 원인이 된다.

5-3 물리적결함 (Physical Defects)

샷트의 물리적 결함에는 중공(Hollow)클랙(Crack) 수축공(Shrinkage)등이 있으며 이러한 결함은 샷트를 쉽게 깨지게할 뿐 아니라 깨어지는데 에너지를 흡수케 한다. 물리적결함은 샷트와이어에는 별로없고 아토마이징샷트가 가지고 있으나 미국 자동차기술인협회나 영국주조기술협회는 공히 스틸샷트 중공결함을 10%이내로 할 것으로 하고 있으며 10%의 결함샷트는 전체샷트소모율에 0.8~1.6% 손실할 것으로 측정, 부라스팅에 큰 영향을 안주는 것으로 하고 있다.

5-4 피로수명 (Fatigue Life or Durability)

샷트부라스팅비용에 제일 큰 비용은 샷트의 소모량이고 샷트의 수명은 소모량에 직접 비례한다. 샷트의 피로수명은 경도, 현미경조직 및 물리적결함에 영향을 받고 있다. 우수

한 슛트라함은 적정경도 (Rc 40 ~ 50) 를 갖으면서 피로수명이 긴것임은 누구나 알 수 있다. 각종 슛트의 소모량을 산출하는 방법은 두가지가 있다.

하나는 시험실에서 슛트수명시험기 (S.A.E. Shot Break Down Tester or Ervin Test Machine) 에 의하여 정확히 수명산출을 하는 방법이고, 또하나는 현장에서 “휠시간당 kg” (미국에서는 Pounds-Per Wheel Hour 라함) 방법으로 산출하는 방식이다. “휠시간당 kg” 방법은 일정한 작업물의 표면완성기준에서 휠의작업시간당 신스�트소비량을 산출하는 것이다. 휠의작업시간 (가동시간) 을 자동적으로 기록하는 타임메타 (Time Meter) 의 설치가 요하는 바 이것이 없으면 수동관리를 일일이 하는 큰 노력이 필요하다. 정확한 소모량을 알려면 “휠시간당 kg” 이 산출되어도 작업조건에 따른 보정을 하는 기술이 숙련되어야 한다. 이것은 부라스트사이클시간, 작업물의 표면불순물 심층의 차이, 부라스트패턴의 초점의 문제등으로 각각 작업시간당 조건이 다르다는 점이다. 이에 비해 슛트수명기의 수명산출 조건은 일정함으로 각종 슛트의 수명 및 소모량산출에 제일 실행성있는 것이다.

5-5 화학성분 (Chemical Analysis)

스�트의 화학성분은 현미경조직에 절대적인 영향을 준다. 높은 탄소함유량을 가진 슛트는 철탄화물 (Iron Carbide) 형성의 원인이 되면서 유해하게 된다. 또한 너무 낮은 탄소를 갖으면 슛트는 변형성을 갖고 에너지를 충돌중 흡수한다.

일반적으로 0.6% 이하의 탄소와 1.2% 이상의 탄소는 유해한 것으로 규정하고 있다.

인 (P) 와 유황 (S) 은 가능한한 적어야하며 이 두원소는 슛트를 빨리 마모하게 하는 원인이 된다.

6. 슛트의 소비량관리 (Abrasive Consumption Control)

스�트의 소모는 슛트가 가지고 있는 ① 마모특성, ② 휠 및 노즐을 통한 투사량증감, ③ 집진기로 제

거되는 사이즈, ④ 슛트의 작업손실에 의하여 결정된다.

6-1 슛트의 소비량관리 (Abrasive Consumption Control)

각종 슛트는 재질에 따라, 제조과정에 따라, 열처리방법에 따라 각기 마모특성이 다르다. 또한 슛트의 경도와 사이즈는 마모량을 크게 좌우한다. 예로서 같은 제조과정을 갖은 스텔스�트에서 경도가 Rc 42 의 1.0% 슛트는 경도가 Rc 50 의 2.0% 슛트보다 그 마모량이 1.4% 가량 적다 (사용수명이 14% 길다) 일반적으로 사이즈가 적을수록, 경도가 낮을수록 마모량은 비례하여 적어진다. 철탄화물조직을 갖고있는 주철스�트는 템퍼드마르텐사이트조직의 강스�트보다 약 7배의 마모량이 크다. 같은 강스�트에서 열처리작업 (Quench + Tempering) 이 완전하여 미세한 템퍼드마르텐사이트조직의 슛트는 철탄화물과 조대마르텐사이트조직의 강스�트보다 마모량이 약 2배 적다. 따라서 피로수명이 큰 슛트를 사용함으로 소비량은 자연적어진다.

6-2 슛트의 투사량 속도비 (Abrasive Flow Rate)

스�트부라스트기의 투사장치 (Wheel, Orifice Nozzle) 는 슛트의 투사량을 조정할 수 있게 되어있다. 20 마력 휠을 사용하는 슛트부라스트기에서 휠모타의 암페어가 54 Amp 를 가르키면 분당 200 kg 을 투사하고 있으며 46 Amp 에서 분당 154 kg 을 투사하고 있음을 알 수 있다. 부라스트크리닝부하 (Maximun Cleaning Power) 에다 놓아서 투사량을 크게하여야 하며 이때 슛트소모량도 휠단위 가동시간 (Wheel Hour) 당 커진다. 부라스팅작업중 휠의 투사량을 확인하고 조정하는 것은 매우 중요하며 이 확인은 휠모타의 부하 암페어를 읽음으로 곧 알 수 있다.

휠의 효율 (투사량도) 은 하기와 같이 계산된다.

휠의 효율 (%)

$$= \frac{\text{지시부하 (Amp)} - \text{무부하 (Amp)}}{\text{최대부하 (Amp)} - \text{무부하 (Amp)}} \times 100$$

휠의 효율 : 투사러비 (% → kg)

최대부하 : 모타가 가지고 있는 최대부하
(Amp)

무 부 하 : 솟트가 투입되지 않는 상태
휠의 공회전 상태부하 (Amp)

지시부하 : 휠모타의 암메타에 지시되는 부
하치 (Amp)

6-3 솟트의 집진제거싸이즈 (Abrasive Re- movol Sige)

솟트는 투사반복사용에 따라서 마모하며 결국은 부라스팅크리닝에 효과를 못주는 미분싸이즈로 변한다. 미분솟트는 제거시켜 건전한 입자의 솟트입자만 투사되어야 한다. 쓸데없는 미분싸이즈는 부라스팅에 유해하기 때문에 집진기의 흡인압력과 분리기 (Seperator) 의 공압분류로 제거시키고 있는바 제거시키는 솟트미분싸이즈는 솟트소비량에 영향을 준다. 솟트의 제거싸이즈 (Take Out Size) 는 집진기의 흡인압력 크기에 따라 제거되는 싸이즈도 크기가 정하여지는바 제거시키는 싸이즈 크기는 솟트소비량에 영향을 준다. 세퍼레이타의 경우도 공압분류사 제거싸이즈 크기를 어떻게 갖느냐에 따라 솟트소비량을 좌우한다. 솟트의 제거싸이즈 (Take Out Sige) 를 크게 책정하여 관리하면 부라스팅시 분진이 없는 장점이 있는 반면 사용가능한 작은 솟트를 버리게 된다. 이때 작은 싸이즈일수록 크리닝일을 빨리할 수 있다는 점

을 감안하여야 할 것이다. 일반적으로 제거싸이즈 (Take Out hige) 를 결정함에는 사용신솟트가 작은 싸이즈 (1.0 % 이하) 이고 솟트부라스팅기의 성능과 집진기의 조정이 우수할 경우 # 80 스크린 (Screen Opening 0.177 %) 이하의 미분솟트로 함이 좋고 사용신솟트가 큰싸이즈 (1.0 % 이상) 이며 솟트부라스팅기 성능이 나쁠때는 # 50 스크린 (Screen Opening 0.297 %) 이하의 미분솟트를 제거싸이즈로 정함이 좋다.

6-4 솟트의 손실 (Abrasive Losses)

솟트는 그 특성상 바운싱 (Bouncing) 이 심하여 부라스팅중 부라스팅실 (Blasting Chamber) 의 틈만 있으면 튀어나온다.

또한 솟트부라스팅기 (Wheel Blast Machine) 는 솟트를 순환시스템 (Circuloting System) 에 의해 회수반복사용하는바 순환시스템의 각 부분은 자기독립적인 일을 하면서 솟트의 외부누출을 한다.

솟트는 상기와 같이 기계적관리소홀에 의한 손실도 있지만 터큰 손실은 집진기와 분리기에서 사용가능한 작은싸이즈솟트를 제거솟트 (Take Ovt Shot) 로 내버리는 경우다.

이상과 같이 솟트의 소비량은 구입사용하는 솟트의 품질과 싸이즈 기계적관리방법, 부라스팅작업 기술에 의한다는 것을 알아야 할 것이다.