

Spraying 기술 (II)

김 형 준

Spraying Technology (II)

Hyung-Jun Kim

지난 강좌에서는 spray 코팅의 기본적인 구조와 특성, 그리고 평가시의 주의사항 등을 논의하였다. 본 강좌에서는 spray 코팅시의 전후 처리 방법과 용사 코팅 공정의 종류에 대하여 논의하고, 다음 강좌에서는 고상 상태 공정인 cold spray 기술에 대하여 논의하고자 한다.

1. 용사코팅 전처리¹⁾

제품에 용사코팅 적용시는 우선 먼저 기름 등의 오염 물질을 제거 후 표면 조도를 주기 전에 마스킹(masking)을 한다. 용사코팅의 기판과의 결합력은 기본적으로 기계적 결합이므로 소위 그리트 브레스팅(grit blasting) 공정을 통하여 기판에 조도를 부여한다. 그리트 소재는 기판의 강도에 따라 스틸, 주철, 알루미늄 등을 주로 사용하고, 크기는 대개 0.18 ~ 2 mm 정도를 사용하는데 보통 3 단계 정도로 크기를 분류한다. 작은 그리트를 사용할수록 코팅 표면은 매끈하지만, 접착력이 저하하므로 얇은 코팅의 경우 많이 사용하고, 두꺼운 코팅은 조대한 그리트를 주로 사용한다. 표면 조도 부여 후에는 용사 코팅 전에 다시 필요한 부분을 마스킹을 하고 약 100℃ 정도로 예열한다.

2. 용사코팅 종류²⁻⁵⁾

(1) 화염 용사 (Flame spray)

화염 용사는 말 그대로 산소와 아세틸렌과 같은 연료와의 화염으로 코팅 소재를 용융하여 압축 공기의 고압으로 분사시켜 코팅하는 공정이다. 코팅 소재는 분말과 선재가 모두 가능하고, 단지 선재 사용시는 선재 가공이 가능한 무른 재질만이 가능하다. 화염 온도와 용융 입자 속도가 낮기 때문에 세라믹이나 탄화물 코팅에는 불가능하거나 특성이 저하하여 잘 사용되지 않는다. 표 1에서 각 코팅의 특성을 정리하여 보이고 있는데, self-fluxing 합금은 소위 자용성 합금으로서 Ni이나

Co계 합금에 B과 Si을 첨가하여 용점을 낮추어서 재용융이 용이하게 하고, 재용융시 표면에 보로-실리케이트를 형성시켜 더 이상의 산화 현상을 방지할 수 있는 합금이다. 이 경우는 재용융을 통하여 기판과 금속 결합을 형성시켜 두꺼운 코팅을 가능하게 할 뿐만 아니라, 코팅층 내의 기공과 결합 조직을 없애는 작용을 하게 된다. 전체적으로 화염용사 코팅은 다른 용사코팅에 비하여 기공도도 높고 접착력도 낮으나, 용사 건 등의 비용이 저렴하여 Al, Zn 등의 내부식용이나 보수용으로 널리 사용된다.

(2) 아크 용사 (Arc spray)

아크 용사는 두개의 선재 끝 부위에 전기 아크를 발생시켜 선재를 용융시키고, 압축 공기의 고압으로 분사시켜 기판에 코팅하는 공정이다. 두개의 선재를 사용하므로 twin-wire arc spray로 불리우고, 역시 선재 가공이 가능한 무른 재질만이 가능하다. 화염 용사 코팅에 비하여 상대적으로 높은 온도와 입자 속도를 지니므로 낮은 기공도와 높은 접착력을 보인다. 용사 코팅 공정 중 생산성이 가장 높은 용사 공정으로 이동성이 용이하여 현장 용사코팅 보수에 가장 적합한 용사 공정이다.

(3) 플라즈마 용사 (Plasma spray)

플라즈마를 형성하는 가스 (일반적으로 아르곤이나 질소)를 열원과 가속원으로 하여 코팅소재를 용융시키고 가속시켜 기판에 코팅하는 공정이다. 플라즈마 열원의 온도는 다른 용사 공정 중 가장 높아서 (약 15,000℃) 세라믹 소재를 코팅하기에 가장 적합한 용사코팅 공정이다. 너무 온도가 높으므로 금속이나 탄화물 코팅시는 상변태나 산화가 문제가 되고 있다. 따라서 진공 챔버(chamber)나 챔버 내의 공기를 제어한 코팅공정은 따로 VPS (Vacuum Plasma Spray)나 LPPS (Low Pressure Plasma Spray) 혹은 CAPS (Controlled

Atmosphere Plasma Spray)로 정의하고 있다. VPS 등은 우수한 코팅 특성을 얻을 수 있으나, 장비가 고가이므로 코팅 비용이 높아서 항공기 부품 등의 특수 용도에 주로 사용된다.

(4) 고속용사 (High Velocity Oxygen Fuel, HVOF)

고속용사 코팅은 산소와 연료 가스의 혼합물의 폭발 (combustion)에 의하여 코팅소재를 용융하고 가속하는 코팅 공정이다. 높은 입자 속도 (약 500~800 m/sec)와 상대적으로 낮은 화염 온도로 인하여 금속 소재의 산화 현상을 상당히 완화할 수 있고, WC-Co와 같은 탄화물 코팅에 가장 널리 사용된다. 그러나, 코팅 소재의 부착율은 다른 용사 코팅 공정에 비하여 가장 낮은 부착율을 나타낸다. 코팅건의 제조 회사에 따른 상품명에 따라 Jet-Kote, D-Gun, JP 5000, Diamond-Jet 등 이름으로 불리우고, 따라서 화염온도 및 속도도 약간 상이하다. 표 1과 그림 1에서는 각각의 용사코팅 공정에 대한 특성을 정리하여 보이고 있다.

3. 용사코팅 후처리

일반적으로 용사코팅의 후처리로는 연마를 통한 제품 완성이 통상적이나, 열처리나 실링제 처리를 통하여 표

면 기공을 제어하고, 조직을 치밀화하여 내부식, 내마모성 등의 특성 향상을 도모한다. 열처리로는 열처리로나 고주파 코일, 레이저 혹은 HIP (Hot Isostatic Pressing) 등을 사용한다. 실링제 처리는 SiO₂, Cu와 같은 무기질, 혹은 우레탄과 에폭시와 같은 유기질이 모두 사용 가능하나, 상용으로는 유기물질 실링제가 널리 사용된다.

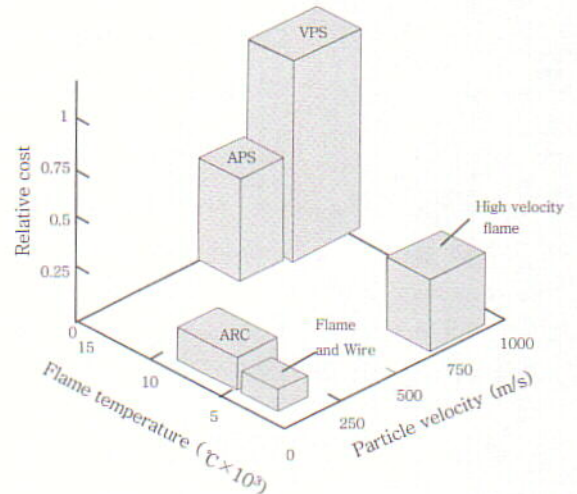


Fig. 1 Comparison of the flame temperature, particle velocities and costs of the major thermal spray processes⁴⁾.

Table 1 Comparison of major thermal-spray coating processes²⁾.

Property	Materials	Wire flame spray	Powder flame spray	Electric arc	Plasma spray	HVOF
Bond strength (MPa)	Ferrous metals	14	28	41	34+	62
	Nonferrous metals	21	21	41	34+	70
	Self-fluxing alloys	-	60	-	-	62
	Ceramics	-	14~34	-	21+	-
	Carbides	-	34~48	-	55~69	83+
Density (%)	Ferrous metals	90	90	90	95	98+
	Nonferrous metals	90	90	90	95	98+
	Self-fluxing alloys	-	100	-	-	100
	Ceramics	-	95	-	95+	-
	Carbides	-	90	-	95+	98+
Hardness (Rc)	Ferrous metals	35	35	40	40	50
	Nonferrous metals	40	20	25	40	55
	Self-fluxing alloys	-	30~60	-	-	50~60
	Ceramics	-	50~65	-	50~70	-
	Carbides	-	50~60	-	50~60	55~65
Thickness (limit, mm)	Ferrous metals	1.25~2.5	1.25~2.5	1.25~2.5	1.25~2.5	1.25~2.5
	Nonferrous metals	1.25~5	1.25~5	1.25~5	1.25~5	2.5~5
	Self-fluxing alloys	-	0.4	-	-	1.25
	Ceramics	-	2.5	-	0.4	-
	Carbides	-	0.4	-	0.4	0.6

참 고 문 헌

1. L. Pawlowski, *The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings*, John Wiley & Sons, 1995.
2. *Advanced Mater. & Processes*, 150 (1992), 58-60.
3. R. B. Heimann, *Plasma - Spray Coating*, VCH, 1996.
4. K.T. Scott and R. Kingswell, Thermal Spraying, in *Advanced Surface Coatings: A Handbook of Surface Engineering*, Edited by D.S. Rickerby and A. Matthews, Blackie, 1991, 217~243.
5. H. Herman and S. Sampath, Thermal spray coatings, in *Metallurgical and Ceramic Protective Coatings*, Edited by K. H. Stern, Chapman & Hall, 1996, 261~289.



- 김형준 (金亨駿)
- 1960년생
- 포항산업과학연구원
- 용사코팅, 육성용접, 표면개질
- e-mail: khyungi@rist.re.kr