

난반사 표면의 3D 스캐닝을 위한 정전분말코팅 연구

맹희영^{a*}, 이명상^a

A Study on Electrostatic Powder Coating for 3D Scanning of Diffused Surfaces

Heeyoung Maeng^{a*}, Myoung Sang Lee^a^a Mechanical Design and Automation, Seoul National University of Science and Technology,
232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received	19	January	2015
Revised	29	January	2015
Accepted	30	January	2015

Keywords:

Reverse engineering
Developer
Electrostatic powder coating
3D scanner
Accuracy evaluation

ABSTRACT

Using an optical 3D scanning device to collect data from a diffused reflection surface is very difficult. To solve this problem, there are many applications including a spray-type developer and silicon molds. However, using a developer can cause chemical reactions between objects and particles of the developer and uneven surfaces on the object. To overcome these problems, we suggest an electrostatic powder coating method for even coating of particles onto surfaces for collecting 3D shape data. We have developed an automatic, electrostatic powder-coating machine and performed three different experiments to compare this system with a laser interferometer and a T-scan 3D scanner. As a result, we could ascertain the various characteristics of this new method, including good sensitivity for the various surface states of the bare surface, developer, and electrostatic powder coating. Finally, we verified the outstanding scanning performance and were able to demonstrate that this method achieves quality than traditional methods.

1. 서론

최근 CT 산업의 발달과 더불어 3차원 디지털 정보의 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 이들 디지털 정보를 구축하는 데에는 비접촉식 3D 스캐너가 널리 사용되고 있다. 백색광 또는 레이저를 이용하는 비접촉식 3D 스캐너는 프로브를 이용하는 접촉식 스캐너와는 달리 금속, 크리스털, 도자기 등 피사체 표면에서 빛이 난반사를 일으키거나 빛을 흡수하는 경우에는 스캐닝 데이터의 일부가 손실되는 현상이 발생한다^{1,2)}.

이의 해결 방안으로는 전통적으로 현상액을 사용해오고 있다. 피사체 표면에 광택이 적은 현상액을 얇게 도포한 후 스캐닝하며, 작업을 마친 후 다시 용해제를 이용하여 제거한다^{3,4)}.

그러나, 현상액 도포 방법은 코팅제와 용해제 등 소모품 비용이 많이 들고 작업 시간도 길고 까다로운 단점들이 있다. 그리고 사용상 화학적 부식을 일으키거나 인체에 해롭기도 하다.

또한 액체의 특성상 현상액은 코팅 두께를 균일하게 입히기가 어려우며, 표면 굴곡이 심하거나 예리한 홈이 있는 부위에는 액체가 스며들게 되어 본래의 형상정밀도를 떨어트리게 될 뿐만 아니라 스캐닝 작업 후 홈에 배어들어 굳어진 이들 피박을 용해제로 제거하는 데에도 상당한 어려움이 있다⁵⁾.

따라서 본 연구에서는 이들 문제점을 해소하기 위한 방안으로 현상액 도포 방식을 대신하여 정전분말코팅을 이용하는 방안을 제안하였다³⁻⁶⁾. 환경친화적인 미세한 분말을 미리 (+)극의 정전기로 대전시켜 놓고 이를 (-)극의 피사체에 분사시켜 정전기 힘으로 분

* Corresponding author. Tel.: +82-2-970-6363

Fax: +82-2-974-8270

E-mail address: maeng@seoultech.ac.kr (Heeyoung Maeng).

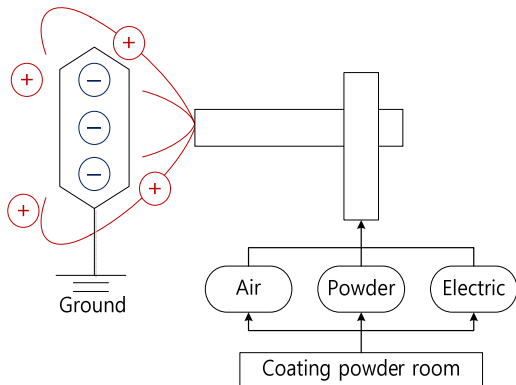
말이 피사체 표면에 순식간에 달라붙도록 하는 방법이다. 이 방법을 사용하게 되면, 미세 분말을 피사체 표면에 얹으면서도 균일하게 코팅할 수 있는 장점이 있으며 작업이 순식간에 이뤄져 작업시간도 단축된다. 뿐만 아니라 좀체로 빛이 반사되거나 산란되는 일이 없어서 감도도 우수하고 스캐닝 작업을 완료한 후에 분말입자의 제거도 용이하다⁷⁾.

이에 본 연구에서는 정전분말코팅 작업을 자동으로 실시할 수 있는 고유의 장치를 개발하였으며, 이 장치를 이용하여 코팅된 피사체 표면에 대해 3D 스캐닝 감도와 형상정밀도가 실제로 좋아지는지를 평가하고자 하였다. 이를 위해 여러 코팅 방식에 의한 시험편들을 대상으로 수집된 3D 데이터에 대해 비교 실험을 실시하고자 하였으며, 그 결과를 통해 정전분말코팅 방식의 우수한 특성들을 파악함과 아울러 실용적으로 활용할 수 있는 기술 데이터를 축적하고자 하였다.

2. 정전분말코팅 원리와 장치

2.1 정전분말코팅의 원리와 특징

정전분말코팅은 분사 건을 통해 분말가루를 공기압으로 분사시켜 표면에 입자들이 정전기 원리로 부착되는 방법이다. Fig. 1과 같이 분말 탱크 안에 (+)극의 고전압을 가하게 되면, 미세분말이 (+)극 특성을 띄게 되며, 분사될 때도 분사 건의 끝단에 설치된 날



(a) Schematic principle



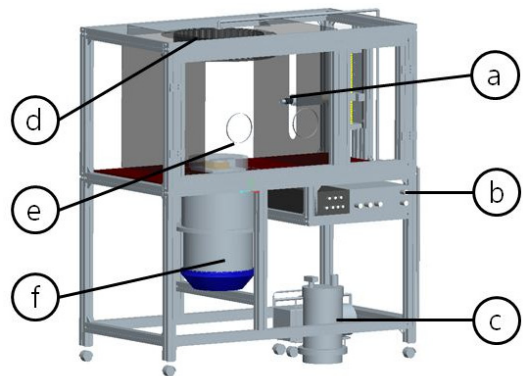
(b) Operation view

Fig. 1 Principle of electrostatic powder coating

카로운 침에 의해 코로나 방전을 일으키면서 더 많은 (+)전하를 발생하도록 도와주게 된다⁸⁾.

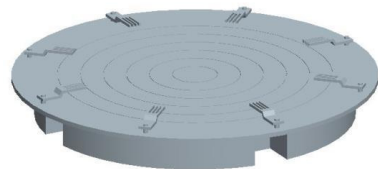
코팅할 피사체에는 전류가 빠져나갈 수 있도록 접지시켜 놓아 가급적 (-)전하만 남을 수 있도록 하며, 이 같은 준비가 완료되면 고압의 압축공기와 미세분말을 분사 건을 이용하여 분사시킨다. 이때 분사한 분말이 일정 한계치 이상으로 과대하게 코팅될 경우에는 표면 입자들끼리 반발력을 일으켜 코팅 두께가 일정 이상 두꺼워지지 않는 좋은 성질을 갖기도 한다^{9,10)}.

일반적인 조건에서는 전압이 평균 70~80 kV일 때 코팅 효율성이 가장 좋으며, 분말입자의 크기, 거리, 공기 압력, 시간 등에 따라 다소 차이를 보이기도 한다.

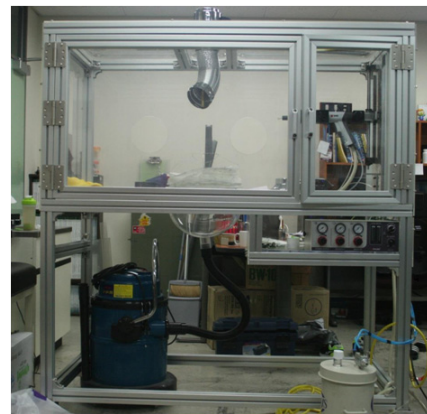


a : air gun feeding device b : control panel
c : charge tank of powder d : shut cover
e : subject setting table f : vacuum chamber

(a) Disposition of system elements



(b) Rotating table for setting subject



(c) Overall view of system

Fig. 2 Electro-static powder coating apparatus

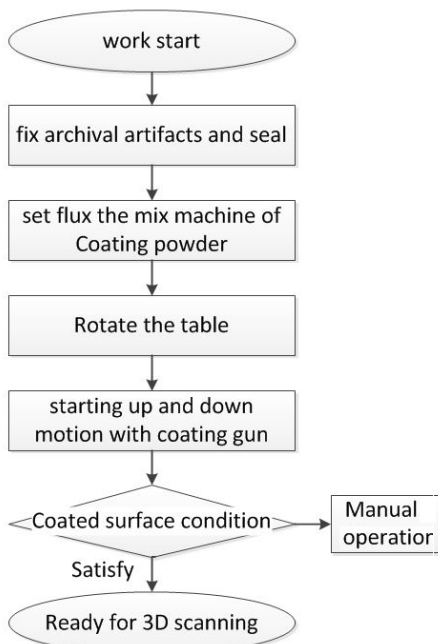


Fig. 3 Process of electro-static powder coating work

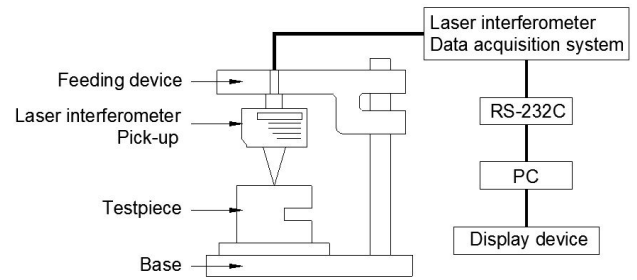
2.2 정전분말코팅 장치의 설계 및 제작

정전분말코팅 원리를 응용하여 자동으로 코팅할 수 있는 장치는 Fig. 2와 같이 설계·제작되었다. 이 장치는 크게 정전분말 분사부와 제거부, 피사체 고정부, 분말 회수부 등으로 구성되어 있으며, 피사체 고정부 테이블은 Fig. 2(b)와 같이 클리퍼(clipper)와 와이어(wire)로 피사체를 단단하게 고정하고 회전할 수 있도록 하였다. 그리고 정전분말 분사부는 분사 건이 직동기구를 통해 일정 행정만큼 상하 운동을 하면서 분사할 수 있도록 설계하였다.

이때 정전분말코팅 작업 과정은 Fig. 3과 같이 먼저 피사체를 회전 테이블에 고정시키고, 코팅용 분말이 완전히 대전된 이후 테이블을 회전시키면서 분사 건이 상하 운동을 일으키고 동시에 분말을 분사시켜 순식간에 코팅되도록 하였다. 이때 작업 조건 설정과 운전은 제어 패넌을 통하여 설정될 수 있도록 하였다.

3. 정밀도 평가 실험 장치 및 방법

본 연구에서는 피사체 표면 상태에 따른 스캔 데이터의 정밀도를 평가하기 위해 Fig. 4와 같이 평면도 0.3 μm 급 측정용 게이지블록(gauge block)을 시험편으로 하였고 그 측정면을 0.1 μm 분해능의 레이저 인터페로미터(laser interferometer)로 측정하여 비교 평가할 수 있도록 하였다. 실험의 종류는 크게 3가지 유형으로 실시하였는데, 첫 번째 실험은 게이지블록 시험편을 횡방향으로 1 mm씩 이송을 주면서 스캔 데이터가 피사체 표면 상태에 따라 어떻게 오차를 발생하는지를 비교하는 실험(이하 “평면도 측정 실험”이라 명명함)이었고, 두 번째 실험은 레이저 인터페로미터를 측



(a) Experimental apparatus



(b) Photo of experimental setup

Fig. 4 Experiment equipment for precision evaluation



Fig. 5 Experiment equipment of 3D scan point data

정범위 이내의 높이방향으로 2 mm씩 높여 갈 때(0.5 μm 급 이송정밀도의 하이트마스터 사용) 스캔 데이터가 피사체의 표면 상태와 초점 거리에 따라 어떤 관계를 보이는가를 비교하는 실험(이하 “거리오차 측정 실험”이라 명명함)이었다. 아울러 세 번째 실험에서는 3D 스캐너에서 획득하는 데이터의 형상 오차를 확인하는 실험(이하 “형상정밀도 측정 실험”이라 명명함)이었으며, Fig. 5와 같이 LED백색광 광원을 사용하는 (주)태산솔루션사의 Tscan TU-240 스캐너를 사용하였다(사양은 Table 1과 같음).

여기서 시험편은 Table 2와 같이 게이지블록 사용면 표면을 코팅하지 않은 샘플 1개와, 게이지블록 사용면을 각각 2회, 4회씩 PMM 2407 현상액으로 도포한 샘플 2가지, 그리고 게이지블록 사용면을 각각 2회, 4회씩 epoxy polymer 소재의 분말로 정전 코팅한 샘플 2가지 등 총 5가지의 샘플을 사용하였으며, 데이터는

Table 1 Used 3D scanner specification (Unit: mm)

Model name	TU-240	Measure distance	360
Light Source	LED white light	Measure time (sec)	9 ~ 36
Measure area	240 × 180	Point interval	Min 0.12

Table 2 Kinds of testpieces and coating conditions

Surface type	Coating width	Coating pressure	Coating material	Coating time
Rear surface	no applied			
Developer 2 times	100 mm	none	PMM 2407 (gray)	5 min/time
Developer 4 times				
Electrostatic powder coating 2 times		2 psi	Epoxy-polyester (gray)	2 sec/time
Electrostatic powder coating 4 times				

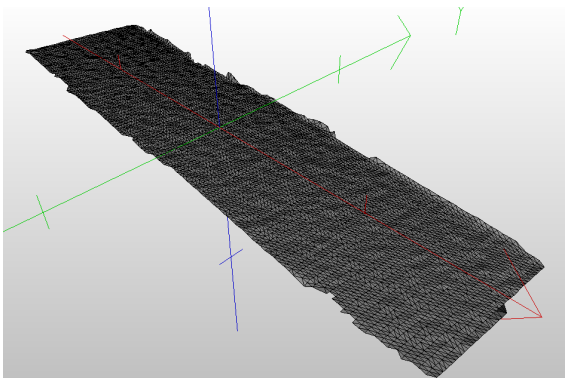


Fig. 6 Surface mesh data of sample expressed by STL data

3회 반복 측정값의 평균으로 하였다.

한편 형상정밀도 측정 실험은 5개 블록게이지 표본의 표면을 3D 스캐너로 3회 반복 측정하여 측정 균을 추출해 낸 다음, (주) 아이너스기술의 Rapidform XOR 소프트웨어를 이용하여 소팅하고 평균화 하였다. 이때 정리된 STL파일은 Fig. 6과 같은 3D 스캐닝 데이터의 형상정밀도 그래프로 표현하였으며, 이들 Z방향 오차는 그 최대값과 최소값과의 편차로 표현하여 비교 평가할 수 있도록 하였다. 여기서 빛의 난반사로 인해 발생하는 과도한 오차는 제외하면서 약 5,000~7,000개의 데이터를 추출하여 평가하는 것으로 하였다.

아울러 이들 기초 실험이 끝난 다음에는 난반사가 생기기 쉬운 도자기 컵 모형을 대상으로 코팅하지 않은 경우와 정전분말코팅을

실시한 경우의 표면 상태에 대해서 Tscan 백색광 스캐너로 측정된 데이터를 Rapidform XOR 소프트웨어에서 형상 모델링한 결과를 비교 평가하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 평면도 측정 실험 결과 및 분석

평면도 0.3 μm급 게이지블록의 5가지 표면 상태에 대해 레이저 인터페로미터로 평면도를 측정된 실험 결과는 Fig. 7과 같이 나타났다. 여기서 레이저 인터페로미터는 게이지 블록의 표면에서 82 mm 떨어진 곳을 기준 초점 거리로 잡아 0점으로 설정하였으며, 0~20 mm사이를 1 mm씩 이송하면서 그 때마다의 편차값을 오차 선도로 나타내어 비교한 것이다.

먼저 코팅하지 않은 금속 표면의 경우에는 코팅한 표면보다 상당히 큰 오차가 발생함을 알 수 있는데, -0.017 ~ +0.022 mm의 범위에서 최대 0.040 mm 정도의 편차를 보이고 있다. 이는 게이지블록 사용면 표면이 광택이 날 정도로 표면거칠기가 좋아서 난반사가 심하게 생기기 때문으로 판단된다.

이에 반해 현상액을 도포한 경우(-0.005 ~ +0.009 mm의 범위로 최대 0.014 mm의 편차)와 정전분말 코팅한 경우(-0.003 ~ +0.005 mm의 범위로 최대 0.008 mm의 편차)는 코팅하지 않은 표면의 경우보다 상당히 적은 오차를 보이고 있음을 확인할 수 있으며, 이 중 정전분말 코팅의 경우가 가장 편차가 적음을 알 수 있다.

한편 현상액을 2회 도포한 것과 4회 도포한 것을 비교하여 보면, 2회 도포한 것에 비해 4회 도포한 경우가 확실히 오차가 커지는 현상을 볼 수 있다. 그렇지만 정전분말코팅을 2회 실시한 것과 4회 실시한 것을 비교할 때에는 2가지가 거의 차이가 없는 특징을 보이고 있다. 이는 정전분말코팅의 경우에 코팅 두께가 일정 이상 두꺼워지면 표면 입자들끼리 반발력을 일으켜 더 이상 두꺼워지지 않는 좋은 특성을 검증해 주는 결과라 사료된다. 이에 비해 현상액 도포 방식은 코팅을 반복하면 할수록 적층되는 현상이 생기는 것이라 할 수 있다.

4.2 거리오차 측정 실험 결과 및 분석

광학적 특성상 피사체의 일정 지점을 측정한다고 할 때 스캐너의 측정거리(또는 초점거리)에 따라 측정 데이터는 약간씩 오차를 나타내기 마련이다. 일반적으로 스캐너 제작자는 이를 보정 소프트웨어를 통해 없애려 노력한다.

이러한 특성을 확인하기 위해, 본 연구에서는 피사체 표면 상태와 초점거리에 따라 발생하는 오차를 0~64 mm 측정거리 구간에 대해 높이방향으로 2 mm씩 높여 가면서 측정하였는데, 그 결과는

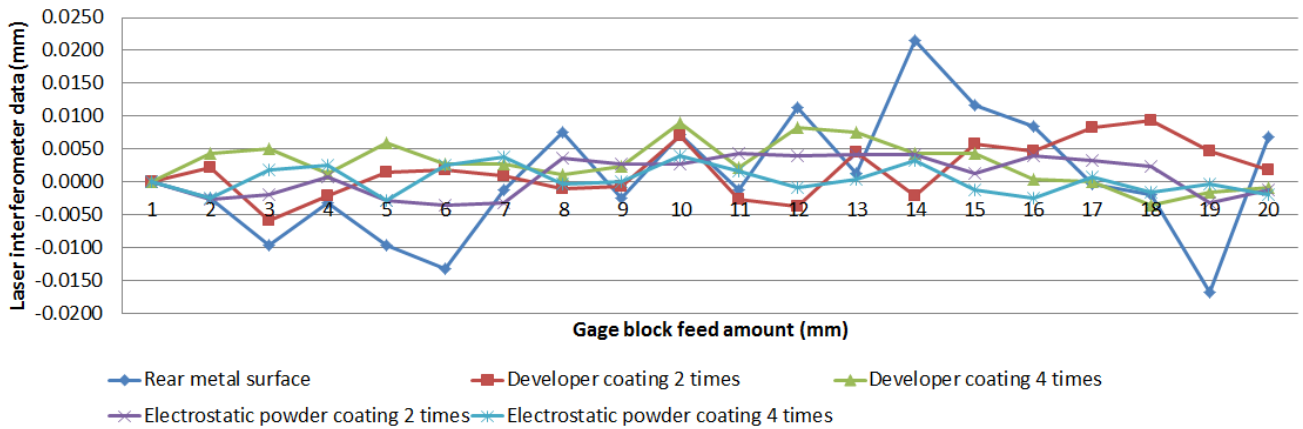


Fig. 7 Experimental results of surface measuring uniformity for the various coating conditions

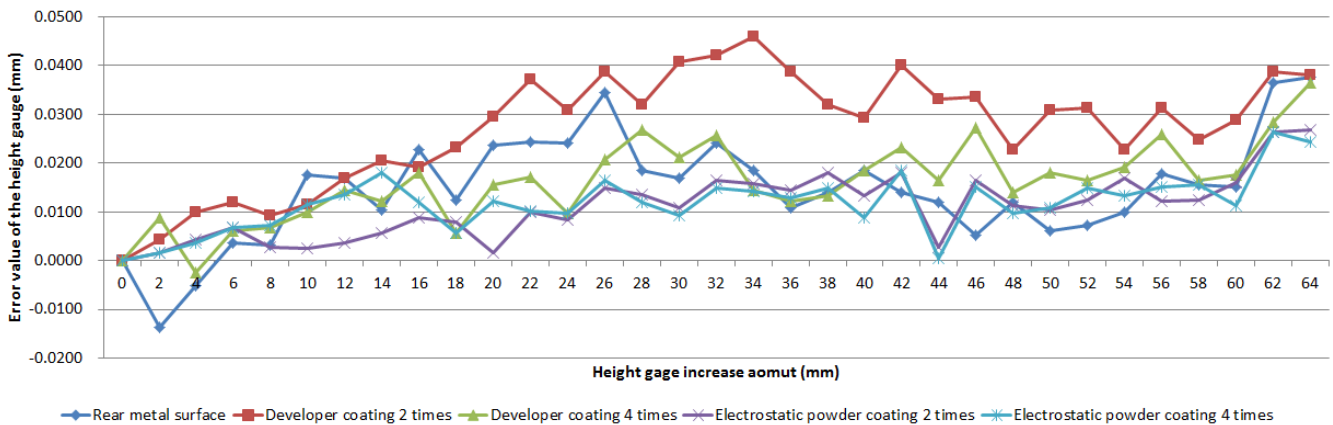


Fig. 8 Experimental results of distance measuring error for the various coating conditions

Fig. 8과 같은 오차 선도로 나타났다.

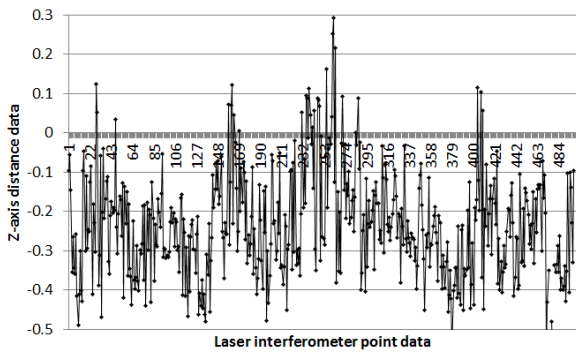
모든 종류의 표면 상태에 대해 측정거리가 0~32 mm까지 멀어 질수록 측정값은 실제 측정값보다 점진적으로 커지는 현상을 볼 수 있다 그러나 측정거리가 32 mm 이상으로 멀어지는 경우에는 더 이상 커지지 않으면서 정체되는 현상을 보인다.

오차값에 있어서는 코팅하지 않은 금속 표면의 경우가 코팅한 표면보다 상당히 그 값이 크고(최대 0.045 mm) 증가율도 빠름을 보이고 있으며, 현상액을 도포한 경우(최대 0.028 mm)와 정전분말코팅을 실시한 경우(최대 0.017 mm)는 상대적으로 적은 오차값을 보이고 있으며, 이 중 정전분말코팅의 경우가 가장 안정적임을 알 수 있다. 또 정전분말 코팅된 표면에서는 측정거리 범위가 0~20 mm 이내일 경우 오차값이 0.005 mm 이내로 밖에는 생기지 않고 있는바, 이는 정전분말코팅의 경우 측정거리(또는 可視거리)의 변화가 심한 피사체를 스캐닝하는 데에도 안정적임을 보여주는 것이라 할 수 있다. 또한 현상액 도포 또는 정전분말코팅을 2회 실시한 것과 4회 실시한 것을 비교해 볼 때 큰 차이를 보이고 있지 않는데, 이는 측정거리에 따른 오차값이 코팅 두께보다는 표면 매질의 상태나 반사 특성에 더 큰 영향을 받는다는 것을 보여주는 것이다.

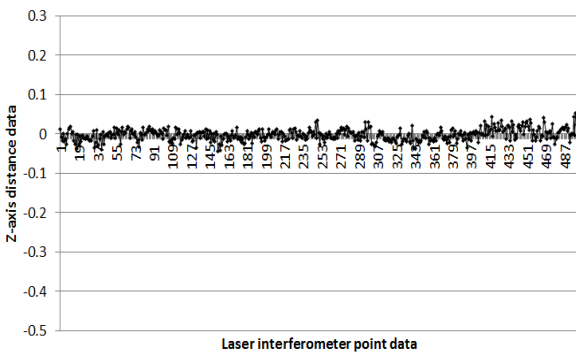
4.3 형상정밀도 측정 실험 결과 및 분석

각각의 표면 상태를 갖는 게이지블록 시험편에 대해 Tscan TU-240 3D 스캐너로 데이터를 획득한 뒤 필터링 없이 표면의 중앙 500개 포인트 데이터를 도식화하여 나타낸 결과는 Fig. 9와 같다. Fig. 9(a)와 같이 코팅하지 않는 금속 표면의 경우에는 난반사로 인해 인식 불가하여 손실되는 데이터도 많고 오차값도 최대 500 μm 까지 커지고 있음을 알 수 있으며, Fig. 9(b) 및 9(c)와 같이 현상액을 도포한 경우(20 μm 이내)와 정전분말 코팅한 경우(15 μm 이내)는 오차값이 대폭 줄어들고 있음을 볼 수 있다. 그리고 오차값의 분포에 있어서 Fig. 9(a) 및 (c)의 경우는 Fig. 9(b)의 현상액을 도포한 경우와는 달리 오차값이 아래(-)로 치우치는 경향을 보이고 있는데, 이는 대부분의 스캐너가 현상액을 사용하는 회색(gray) 매질을 기준으로 보정되어 있는 특성의 결과로 생각된다.

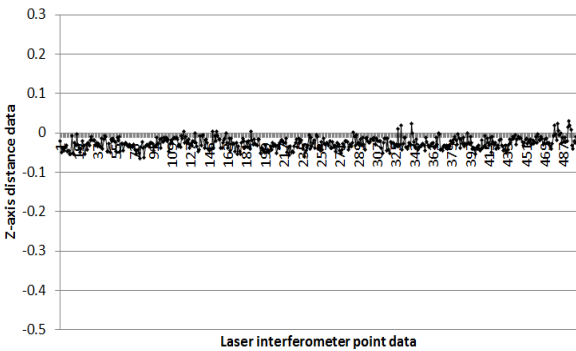
이때 각각의 표면 상태를 갖는 동일한 게이지블록 시험편 영역에 대한 획득 데이터 포인트의 개수는 Table 3과 같다. 이는 2회에 걸쳐 3D 스캐너로 획득한 포인트 개수를 평균으로 구한 것이다. 여기서 정전분말코팅의 경우가 가장 데이터 획득량이 많았으며, 현상액 도포의 경우가 그 다음 순이다. 이에 비해 코팅하지 않은 금속



(a) Bare surface (unit: mm)



(b) Developer coating (unit: mm)



(c) Electrostatic powder coating (unit: mm)

Fig. 9 Scanned 3D point data linearity for each coating state

표면의 경우에는 정전분말코팅에 비해 포인트 데이터가 889개(약 16%)나 적게 수집되고 있는데 이는 난반사로 인한 손실된 일부의 데이터로 볼 수 있다.

결과적으로 스캐닝 감도의 측면에서도 정전분말코팅의 경우가 가장 이상적인 데이터 수집 방법임을 확인할 수 있다.

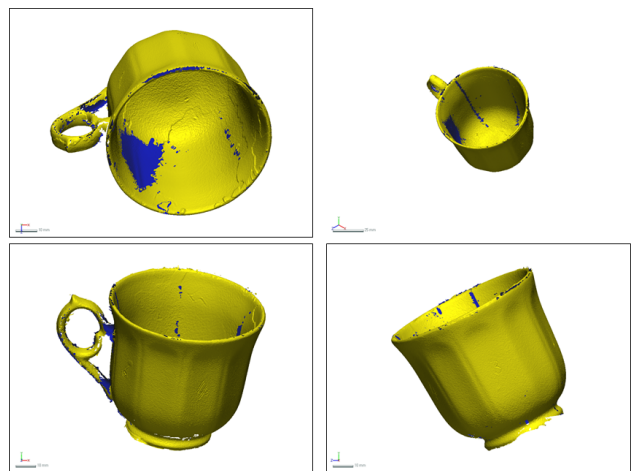
4.3 실물 형상의 스캐닝 데이터 비교 실험 분석

난반사가 생기기 쉬운 도자기 컵 모형을 대상으로 코팅하지 않은 경우와 정전분말코팅을 실시한 경우의 표면 상태에 대해 스캐닝한 데이터를 비교 실험한 결과는 Fig. 10과 같다.

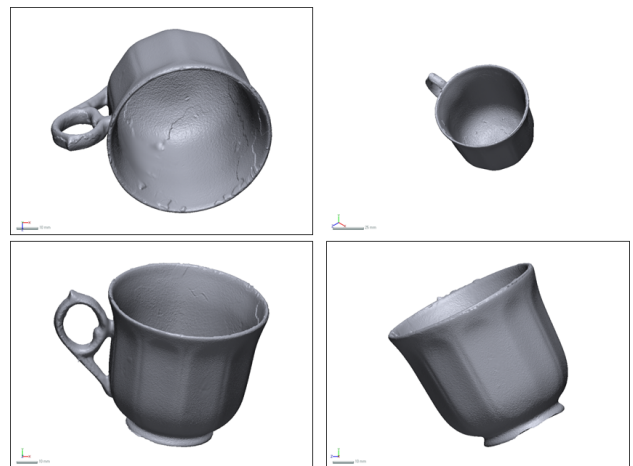
이는 Rapidform XOR로 후처리 없이 표현한 결과로서, Fig. 10(a)와 같이 코팅하지 않는 표면의 경우에는 난반사로 인한 데이

Table 3 Number of scanned point for each coating state

Surface type	First scanning	Second scanning	Average
Bare surface	4688	4732	4710
Developer 2 times	5285	5299	5292
Developer 4 times	5465	5462	5463
Electrostatic powder coating 2 times	5611	5588	5599
Electrostatic powder coating 4 times	5599	5591	5595



(a) Without coating



(b) Electro-static coating

Fig. 10 Comparison of surface between coating and bare state

터의 손실 부위(검은색으로 얼룩져 있거나 띠 모양으로 어둡게 이어지는 부위)가 육안으로도 비교할 수 있을 만큼 확연하게 나타나고 있다. 그러나 Fig. 10(b)와 같이 정전분말코팅을 실시하여 스캐닝한 데이터의 경우에는 거의 모든 면에 대하여 데이터의 손실없이 완전한 곡면들로 표현되고 있다. 그렇지만 Fig. 10(b)의 경우에도 컵의 내부에는 코팅 상태가 균일하지 못하여 약간의 흠이나 결이

보이기도 하는데, 이는 정전분말코팅을 실시함에 있어서 그 두께를 매끈하게 입히지 못해서 생긴 결과로 생각되며 난반사 또는 데이터의 결손과는 무관한 것으로 판단된다.

5. 결론

이상과 같이 본 연구에서는 정전분말코팅 작업을 자동으로 실시할 수 있는 고유의 장치를 개발하여 여기서 코팅된 피사체 표면을 대상으로 스캐닝 감도와 형상정밀도를 평가하였다. 코팅 방식에 따른 5가지의 상이한 표면 상태에 대한 평면도 측정 결과는 코팅하지 않은 금속 표면의 경우가 코팅한 표면보다 상당히 큰 오차를 보이는 바, 이를 통해 난반사에 의한 그 영향성을 검토해 볼 수 있었다. 그리고 현상액을 도포한 경우는 2회 도포한 것에 비해 4회 도포한 경우가 더 큰 오차를 보이나, 정전분말코팅을 실시한 경우는 2회와 4회 실시한 2가지 경우가 거의 차이가 없는 특징을 보이고 있었는데, 이를 통해 정전분말코팅의 경우에는 표면 입자들끼리 반발력을 일으켜 일정 한계값 이상으로는 더 이상 두꺼워지지 않는 특성이 있음을 밝힐 수 있었다.

아울러 스캐너의 측정거리에 따라 발생하는 거리오차를 실험한 결과에 있어서는 정전분말코팅을 실시한 경우가 가장 적은 오차를 보이고 있어서 측정거리 또는 가시거리의 변화가 심한 피사체를 스캐닝하는 데에도 매우 안정적임을 검토할 수 있었다. 또한 여러 코팅 상태에 따라 평가한 3D 스캔 데이터의 결과에 있어서는, 코팅하지 않은 금속 표면의 경우 난반사로 인해 인식 불가하여 손실되는 데이터가 많고 오차값도 최대 500 μm 까지 커지고 있으며, 이에 비해 현상액을 도포한 경우와 정전분말코팅을 실시한 경우는 15~20 μm 정도의 적은 오차값이 나타남을 확인할 수 있었다. 획득 데이터 양에 있어서도 정전분말코팅의 경우가 가장 많았으며, 현상액 도포의 경우가 그 다음 순이며 이에 비해 코팅하지 않은 금속표면의 경우에는 정전분말코팅에 비해 약 16 %나 적게 수집되고 있음을 검토할 수 있었다.

따라서 정전분말코팅 방법은 3D 스캐닝 작업의 감도와 형상정밀도를 높이기 위한 코팅 방법으로 현상액 도포 방식보다 매우 안정성 있게 사용할 수 있고 실용적인 기능 측면에서도 효과적인 방법이라 결론지을 수 있다.

후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 일반과제 연구비 지원으로 수행되었습니다. 그리고 본 연구의 소재로 일부 안전행정부 국가기록원의 “2014년 기록보존기술 연구개발 사업”의 결과물을 응용하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- [1] Um, D. Y., Kim, J. H., 2007, The Reflected Property Analysis of 3D Laser Scanning System as Object Surface Materials, *Korean Journal of Geomatics*, 27:3 347-356.
- [2] Som, S. B., Park, H., Lee, K., 2002, Automated Laser Scanning System for Reverse Engineering and Inspection, *International Journal of Machine Tools & Manufacturing*, 42 889-897.
- [3] Kwon, H. T., Baik, S. M., Kim, J. S., 2010, Synthesis of Yttria Doped Ceria Powders by a Citrate Method and Their Thin Film Preparation by Electro-spray Method, *Appl. Chem. Eng.*, 21:1 76-80.
- [4] Jung, H. Y., 1990, Electrostatic Coating for Wood, *Furniture Journal*, 24 44-49.
- [5] Maeng, H., Sung, B., 2004, Development of 3D Measuring System using Spherical Coordinate Mechanism by Point Laser Sensor, *Journal of the KSMTE*, 19:4 427-433.
- [6] Choi, J. H., Som, T. G., Lee, K., 2010, Virtual Scanning System for Accuracy Evaluation of 3D Overlapped Point-clouds Registration Algorithm, *KSPE Spring Conference*, 829-830.
- [7] Daniel, F., Huber, D. F., Hebert, M., 2003, Fully Automatic Registration of Multiple 3D Data Sets, *Image and Vision Computing*, 21:7 637-650.
- [8] Park, S. W., Maeng, H. Y., Lee, M. S., Kwon, K. S., Na, M. S., 2014, Spherical-coordinate-Based Guiding System for Automatic 3D Shape Scanning, *KSME A*, 38:9 1028-1036.
- [9] Park, J. S., 2007, Acquisition of Three Dimensional Shape Model from Measurement Condition of 3D Scanner, A Thesis for a Master, Inje University, Republic of Korea.
- [10] Sin, D. S., 2008, Study on Ignition Hazards for Electrostatic Discharge of Coating Powder, A Thesis for a Doctorate, Seoul National Univ. of Science and Technology, Republic of Korea.