

냉간압연용 작업롤의 방전 조도가공 특성과 판 조도에 관한 연구

김 순 경,* 전 언 찬,** 전 태 옥***

A Study on the Electro Discharge Texturing Characteristics of the Work Roll for Cold Rolling and Surface Roughness of Steel Strip

Soon-Kyung Kim,* Eon-Chan Jeon** and Tae-ok Jun***

ABSTRACT

This paper describes characteristics of EDT(Electro Discharge Texturing) and that the strip surface has influence on the paintability. The pulse mode and the capacitor mode of recently developed EDT method were investigated about the peak shape and the roughness of strip surface. And EDT method compared the above-mentioned contents with the SBT(Shot Blast Texturing) method. The peak count of the pulse mode is more than that of the capacitor mode. But the lower roughness below the Ra 3.2 μ m of the strip surface, the texturing time of the pulse mode is longer than the capacitor mode. In SBT method, the peak shape is similar to capacitor mode. But the EDT roll has more uniformity than the SBT roll and has more peak count than that of SBT roll. Therefore, in the painted steel sheet, EDT roll gives better surface of clarity image than the SBT roll

Key words : Paintability (도장성), Electro discharge texturing(방전 조도 가공), Clarity image(선영성), Peak count(산 수), Formability(성형성), Transference(전사)

1. 서 론

냉간압연 강판과 도금제품은 성형성과 외관이 가장 중요하므로, 이를 향상시키기 위하여 여러가지 방면으로 노력을 하고 있지만, 그 중에서도 가장 활발하게 연구되고 있는 작업롤 표면의 적절한 표면조도 가공이 가장 중요하다.⁽¹⁻⁴⁾ 표면 조도는 성형시 윤활유를 강판 표

면이 보유할 수 있도록 하므로 적절한 조도로 가공되어 강판 표면에 윤활유가 적절하게 부착되어 있을 경우, 급형과 강판과의 윤활성을 좋게 하여 프레스 가공성을 좋게 하고 급형의 마멸을 감소시키며 성형된 제품의 부위별 표면 소성변형 차이를 감소시킨다. 최근 냉연강판을 사용하는 수요자 요구가 다양하고 까다롭게 변화되어 가고 있는 추세이며 특히, 최종 제품의 외관이 중요

* 연합철강공업(주)

** 동아 대학교 기계공학과

*** 동아 대학교 기계공학과

시되는 가전제품이나 자동차 산업에 있어서는 표면상태가 수요가 들의 상품 선택에 매우 중요한 역할을 한다. 강판의 산 수(Peak count)가 많고 균일할 수록 도장시 균일 도장이 가능하며 높은 선명성(Image clarity)과 최종 제품의 외관을 개선시킨다. 조도가 높게 가공된 강판은 소둔(Annealing) 열처리시 고온에서 열변형에 의하여 서로 붙게 되는 소부(Sticking)현상을 방지할 수가 있다.⁶⁾ 강판 표면의 조도 가공은 먼저 냉간 압연이나 조질 압연 가공시에 사용되는 작업물표면에 조도를 부여한 후 압연가공시에 압하력과 장력에 의하여 작업물의 표면조도가 강판 표면에 전사(Transference)되게 하는 것이다. 이때 전사되는 전사율은 강판의 재질, 압하력, 장력의 크기, 작업물의 재질, 압연유의 윤활 정도 등에 따라서 결정된다.

일반적으로 냉간 압연용이나 조질 압연용 작업물의 조도 가공은 작고 단단한 쇳조각(Grit)을 작업물 표면에 고속으로 때려서 작은 분화구 형태의 흠집을 만드는 쇼트 블라스트(Shot blast) 가공법에 의하여 실시되어 왔으나, 이와 같은 방법은 물의 재질과 쇳조각의 경도, 속도, 크기, 분사 각도와 같은 다양한 조건 때문에 적절한 가공조건을 찾기가 어렵고 재연성이 떨어져서 표면 조도는 물론 산 수가 매우 불균일 하다. 이와 같은 단점 때문에 최종 외관가공 과정이면서 많은 비용이 소요되는 도장 조건에 맞는 적정 조도 가공이 거의 불가능하다. 그리고 여러번 도장을 하거나 두껍게 도장을 할 경우는 어느 정도 표면조도의 불 균일성을 보상할 수가 있으나 이는 많은 제조원가는 물론 제품의 질을 저하시킨다. 또 다른 한가지 문제점은 표면 조도는 어느 정도 맞추었다 해도 산 수를 수요자의 요구에 맞게 가공할 수가 없고 작업물의 경도가 높을 경우에도 조도 가공이 불가능하다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔으며 철강 산업의 선진국에서는 고품질의 강판 표면을 얻기 위하여 방전 조도가공(Electro discharge texturing)방법과 레이저빔(Laser beam)가공방법이 최근에 실용화되어 점차적으로 확대 적용되고 있다.⁶⁾ 이러한 방법은 쇼트 블라스트 조도 가공방법의 문제점을 해결할 수가 있고 작업환경도 깨끗하기 때문에 국내에서도 점차 많은 연구와 설비도입이 실시되고 있다.

철강 선진국에서는 이 분야에 대해 많은 실험을 계속하여 보다 정확하고 균일한 조도를 얻기 위하여 별도의

학문으로 분류하여 연구를 하고 있으나⁷⁾ 국내에서는 아직 많은 연구 결과를 내지 못하고 있다. 이는 아직도 조도의 중요성에 관한 인식 부족과 설비의 정확한 운용을 제대로 하지 못하고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 조질압연시 작업을 표면의 조도 가공 방법에 관한 특성을 살펴보고 이에 따른 표면 조도의 형태 등을 조사한 후 판 면의 조도와 도장시 선명성과의 관계를 조사하였다. 본 연구의 실험은 실제 사용중인 기계에서 행하여 현장에서 응용과 적용이 가능한 실질적인 조도의 변화를 조사하였다.

2. 방전 조도가공 원리

가장 보편적으로 사용되고 있는 조도 가공방법의 하나인 쇼트 블라스트 방법은 Fig.1에서 보는바와 같이 단단하고 끝이 예리한 쇳조각을 임펠라(Impeller)의 회전력에 의하여 작업물 표면에 부딪히게 하여 작업물 표면에 흠집을 내는 방법이므로 설비의 구성이나 가공 원리가 간단하고 단조롭다. 쇳조각이 작업물 표면에 때리는 힘의 크기는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 질량과 속도의 자승에 비례한다. 따라서 쇼트 블라스트가공 방법은 조도의 변화에 따른 조도 가공 시간은 거의 일정하며 오직 임펠라의 회전속도만 변화시킨다. 회전속도는 모터의 회전수를 조절하여 변화시키지만 쇳조각의 크기는 일정하고 균일하게 관리할 수가 없으므로 원하는 조도를 균일하고 정확하게 얻을 수가 없고 이때 형성된 산의 형태는 불 균일하여 수명이 짧다.

위에서 언급한 조도 가공 방법의 문제점을 보완하고자 개발된 방전 조도 가공 방법은 Fig. 2에서와 같이 기계적인 가공 방법이 아닌 방전시 발생하는 전기 스파

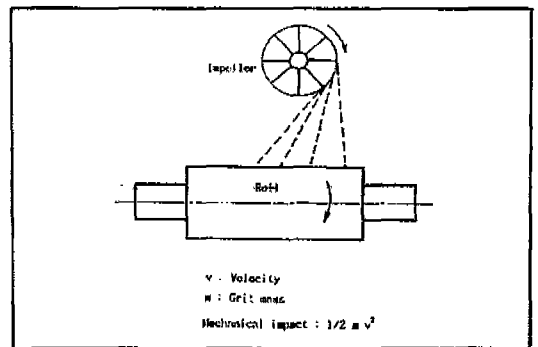


Fig. 1 The principle of shot blast texturing machine

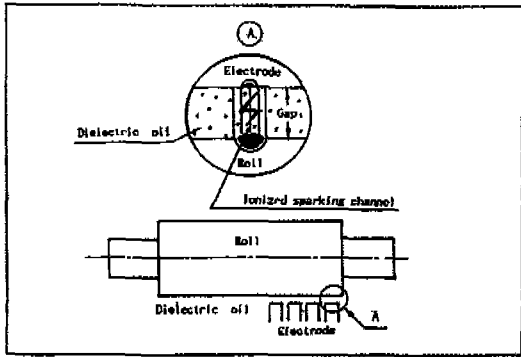


Fig. 2 The principle of electro discharge texturing machine

크의 힘을 이용하여 작업물의 표면에 흠집을 내는 가공 방법이다. 방전 가공 방법은 조도를 부여하고자 하는 가공물과 방전을 일으키는 전극(Electrode)이 부전도유(Dielectric oil) 속에서 전기적으로 방전을 일으키면서 가공을 한다. 이와 같이 방전 가공이 이루어지는 과정을 몇 단계로 구분하여 보면 다음과 같다. 먼저 발전기에서 전류를 보내면 부전도유속의 전도성 입자들이 양극성 전도(Dipolar bridge)매개체를 형성하게 되고 이 매개체는 단속적으로 가공물에 전류를 전달하게 된다. 이와 같이 단속적으로 전달된 방전 전류가 가공물의 표면을 반구형태로 용해시키면서 가스를 지닌 기포가 형성된다. 이때 방전전류가 멈추면 용해된 입자가 밀려나게 되고 그 자리는 분화구가 된다.⁽⁸⁾ 분화구의 크기는 전극과 작업 물체와의 사이에 전달되는 에너지의 크기에 따라 Fig. 3에서 보듯이 와 같이 결정되므로 전극의 간극 결정이 매우 중요하다. 이 간극은 요구되는 조도의 정도에 따라 조절되어야 하므로 많은 실험을 통하여 결정되며, 조도의 범위가 Ra 0.5-10 μm 정도일 경우는 전극과 가공물과의 간극은 0.02-0.2mm 정도가 가장 적당하다.

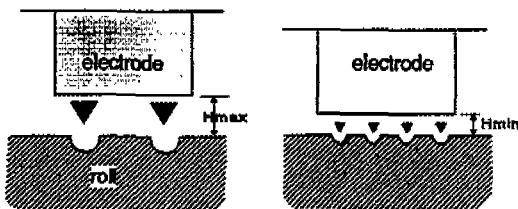


Fig. 3 Relationship between crater shape and clearance of electrode

3. 실험 장치

본 실험에는 Fig. 1과 Fig. 2와 같이 실제 사용중인 두 가지의 작업물 조도 가공 장치를 사용하여 조도 가공을 한 후 조절 압연기에서 그 결과를 확인하였다. 쇼트 블라스트 가공장치(Type:BICK4-1)는 Fig. 1에서 보듯이와 같이 원리가 간단하고 기계 자체도 매우 간단하다. 가공물을 회전시켜 주며 길이 방향으로 일정한 속도로 움직이게 해주는 대차 부분과 가공물의 표면에 쇳조각을 뿌려주는 임펠러부분이 있고 부대적으로 쇳조각의 크기를 선별해 주고 작게 부서져 먼지로 변한 철분들을 밖으로 제거시켜 주는 집진장치로 구성되어 있다.

방전 조도 가공기(Type:ET-60)의 경우는 Fig. 4에서와 같이 기계 본체의 베드부분과 심압대 그리고 Neck rest부분으로 구성되어 있다. 그리고 각종 유압 실린더를 동작시키는 유압장치와 부전도유의 불순물을 제거해 주는 필터장치가 있다. 방전가공기의 경우는 가공하고자 하는 가공물을 Neck rest에 얹어주면 추축대와 심압대의 거리가 자동적으로 설정되고 조정되며 심압대의 유압 실린더가 가공물의 끝부분을 밀면서 완전하게 고정시킨다. 그리고 컴퓨터에 입력된 가공물의 직경과 길이 등에 맞게 전극과 가공물과의 거리를 서보 실린더가 조절하면서 방전 가공을 시작하게 된다. 방전 가공을 하기 위하여 부전도유를 공급해야 하는데 부전도유의 공급은 전극의 중앙부를 통하여 공급되고 사용 후에는 필터에서 철분 등을 제거한 후 계속 순환된다. 전극과 물의 간격은 일반적으로 0.02~0.2mm까지 조절 가능하며 같은 조도에서도 산 수를 임의대로 조절할 수 있는 5가지의 모드가 있으나 2가지 모드가 주로 사용된다. 이와 같은 산 수의 결정은 발전기의 전압과 전극을 바꾸면서 행해지는데 전압은 일반적으로 35~50 볼트 범위에서 조절되며 조도는 전류와 펄스의 폭에 따라서 결정된다. 방전 조도 가공 장치에서 전극의 간극

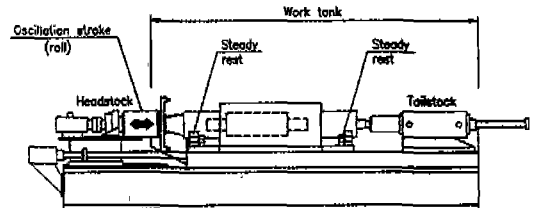


Fig. 4 Schematic diagram of electro discharge texturing machine

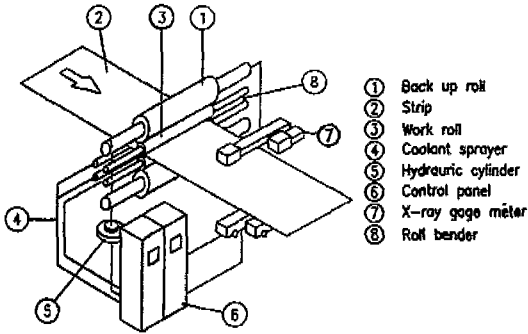


Fig. 5 The schematic experimental apparatus

은 전극의 직선 운동으로 조정되지만 가공롤의 회전과 직선 이동은 주축대에 의하여 실행된다.

이상과 같이 두가지 방법에 의하여 조도가공이 끝난 작업롤을 Fig. 5의 압연기에서 표면조도변화를 실험하였다.

4. 실험재료

본 실험에 사용한 조질 압연용 작업롤의 경도는 Hs95이며 화학적 성분은 Table 1에서 보는 바와 같이 크롬 함량이 3%인 가장 보편적인 롤을 사용하였다. 롤의 표면 조도의 전사상태를 확인하기 위하여 사용한 소문 열처리한 강판의 기계적 성질은 Table 2와 같고 화학적 성분은 Table 3에서 보는 바와 같다. 여기서 사용된 강판의 두께는 1.0mm이며 폭은 1,219mm로써 냉간 압연 강판의 가장 대표적인 규격이다.

Table 1 Chemical composition of work roll (wt. %)

C	Si	Mn	P	S
0.95	1.00	0.60	0.03	0.02

Table 2 Mechanical properties of specimen at temper rolled

Material	Tensile strength (kgf/mm ²)	Hardness (Hr B)	Elongation (%)
SCP-1	32.10	42.70	44.40

Table 3 Chemical composition of specimen (wt. %)

Material	C	Si	Mn	P	S
SCP-1	0.05	0.009	0.25	0.010	0.010

5. 실험 방법

방전 조도 가공 장치의 특성을 조사하기 위하여 가공 모드별 전류와 전압의 정도를 조사하고 난 후 작업롤 표면에 형성된 산의 모양을 살펴보고 산의 형태에 따른 조업시 차이점을 조사하고, 조도 가공 시간을 비교하였다. 조도 가공 방법에 따른 조도의 형태와 변화를 정확하게 조사하기 위하여 동일 롤을 사용하였고 연마도 같은 기계에서 실시하고 가공 조건도 동일하게 하였다. 전사형태와 조도의 형태도 동일 조건에서 비교하기 위하여 조질압연 가공도 쇼트 블라스트와 방전 조도가공 롤을 같은 조건에서 실시하였다.

조질압연 가공을 마친 후 압연기에서 빼낸 작업롤을 상온에 가깝게 냉각시킨 후 롤 연삭기에서 0.05mm정도 연삭하여 롤 표면의 피로층을 완전히 제거하고, 조도 가공기로 운반된 롤에 원하는 형태의 조도를 표면에 가공한 다음 조질 압연기에서 강판의 표면 가공을 한다. 표면 조도의 측정은 조질 압연기에 투입하기 전 상, 하 롤의 부위별로 조도 및 산 수를 측정하고 가공을 끝내고 빼낸 상태에서도 투입전과 동일하게 측정하였다. 그리고 강판과 롤 표면의 상태를 휴대용 광학현미경 (Portable Microscope: Model VH6100)을 사용하여 확대 촬영하였으며 강판의 표면을 보다 세밀하게 조사하기 위하여 주사 전자현미경 (SEM: Model S2700)을 사용하였다. 그리고 조도는 휴대용 조도 측정기인 Hommel tester (Model 1000T)를 사용하였다. 롤과 강판의 조도와 산 수는 평균값을 나타내었으며, 이 값은 롤 몸체의 길이 방향으로 3군데 측정하였고 강판의 경우는 폭방향으로 3군데를 측정하여 산술 평균한 값이다. 강판 표면의 측정은 조질 압연기 상에서 측정할 수가 없으므로 Fig. 6에서 보는 바와 같이 조질 압연 가공 후 재 권취 (Recoiling) 공정에서 측정하였으며 롤은 투입 전과 인출 후에 진동이 없는 상태에서 측정하였다.

6. 실험 결과 및 고찰

1) 방전 조도가공 모드별 조도의 형태

작업롤의 표면 조도 형태는 방전 조도 가공 모드에 따라 Fig. 7에서 보는 바와 같이 산의 형태와 균일성이 다르게 나타난다. 전극이 (+)극성을 띠고 가공물이 (-)극성을 가지는 펄스 모드인 경우 산의 수가 많고 크기가 작아 조밀한 형태를 나타내지만, 전극이 (-)극성

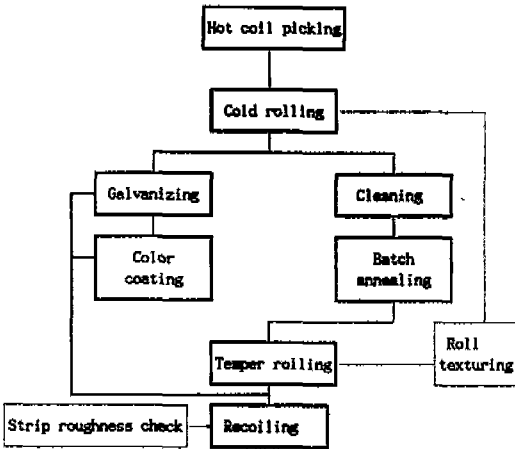


Fig. 6 Flow chart of temper rolling process

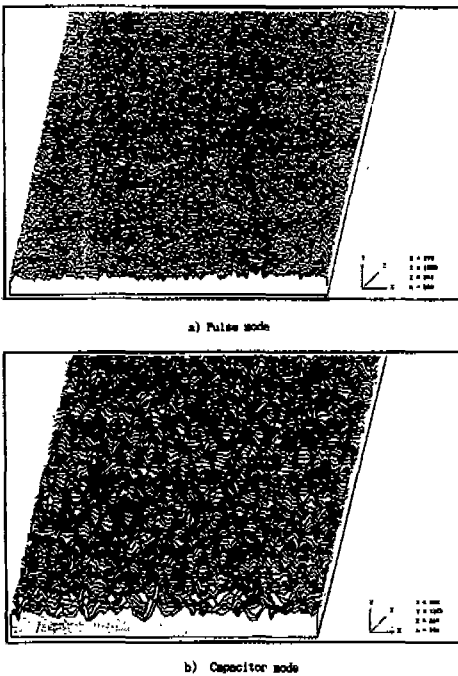


Fig. 7 Shape of surface roughness according to texturing

을 띠고 가공물이 (+)극성을 가지는 캡 모드의 경우는 펄스 모드의 경우와 반대로 산이 크기가 클 뿐만 아니라 산의 수도 작게 보인다. 하지만 이 두 가지 모드의 전체 조도 값은 같다. 이와 같은 형태의 조도가 가공되는 동안 사용되는 전류와 전압의 형태는 Fig. 8에서와 같이

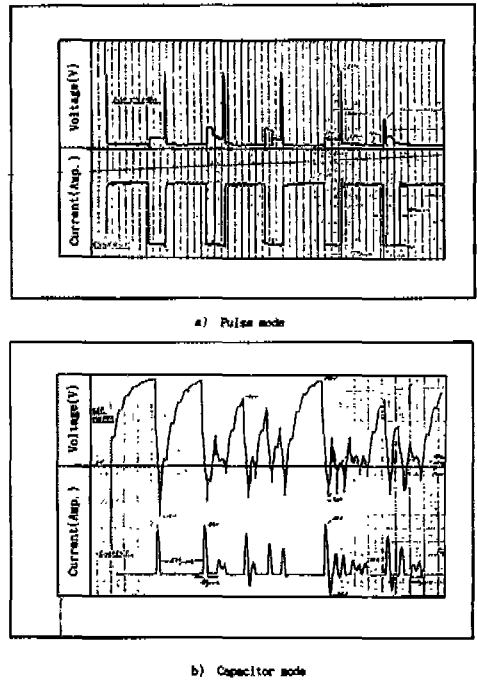


Fig. 8 Actual electro discharge texturing voltage and current pulse wave form

펄스모드의 경우는 작은 전류가 다소 길게 유지되지만, 캡모드의 경우는 시간은 짧고 큰 전류가 흐르기 때문에 산의 모양이 펄스모드보다 큰 분화구의 형태로 된다. 조도가공 모드별 산의 수는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 펄스 모드인 경우는 캡 모드보다 산의 수가 많음을 알 수가 있고, 이때 소요된 가공 시간은 동일하게 하였다. 이와 같이 작업물의 전극을 변화시키는 펄스와 캡모드로 가공된 롤을 실사용 기계인 조절 압연기에서 사용해 본 결과 캡모드의 경우는 큰 문제가 없었지만 펄스모드의 경우는 산의 수가 많을 뿐 아니라 모양이 예리하여 작업 중에 발생하는 각종 이 물질이나 철분이 롤표면에 부착

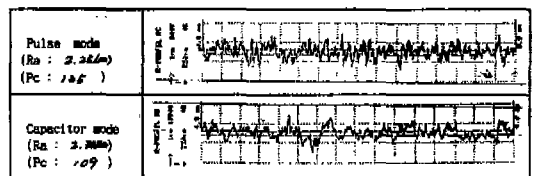


Fig. 9 Relationship between surface roughness and peak count in the electro discharge texturing

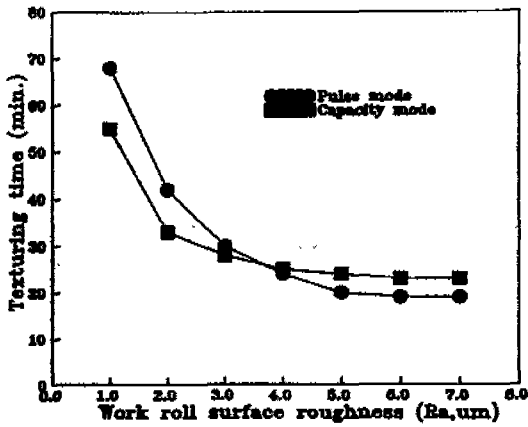


Fig. 10 Relationship between work roll surface roughness and texturing time in the electro discharge texturing

되어 강판에 정확한 조도 부여가 어렵다. 그러나 펄스모드의 경우는 저전압 고전류를 사용하기 때문에 Fig. 3에서 보는 바와 같이 산의 수가 많고 거친 조도가 요구될 때 사용하면 유리하므로 황삭(Ra, 6μm)에서는 항상 사용되지만, 캡모드의 경우는 펄스모드와 반대이므로 표면이 미려하고 산 수가 적게 요구되는 곳에 사용하는 것이 좋다.

방전 조도가공시 소요되는 시간을 모드별로 조사해 보면 Fig. 10에서와 같이 조도가 낮은 경우에는 고전압, 저전류 회로로 구성된 점화단계와 저전압, 고전류 회로의 동력단계를 갖는 펄스모드는 2단계로 회로가 구성되어 많은 시간이 소요되었지만 조도가 높을 수록 캡모드 보다 스파크발생 회수가 적어도 되므로 조도가공이 빠르다.

2) 조도가공 방법과 조도의 형태

조도가공 방법에 따른 조도의 형태와 산의 수는 Fig. 11에서와 같이 방전 조도가공시는 산의 크기가 균일하고 산의 수도 많지만, 쇼트 블라스트 가공시는 부분적으로는 조도 가공이 되고 부분적으로는 연삭시 형성된 슛돌 자국이 그대로 잔존하고 있음을 볼 수가 있을 뿐 아니라, 산의 형태가 불 균일하고 산의 수도 적다. 작업물의 표면을 확대해 보면 Fig. 12에서와 같이 부분적으로 조도가공 되지 않은 부분이 생김을 알 수 있다. 쇼트 블라스트 가공시 산의 모양은 펄스모드 보다는 캡모드쪽에 가깝다는 것을 알 수 있다. 그러나 방

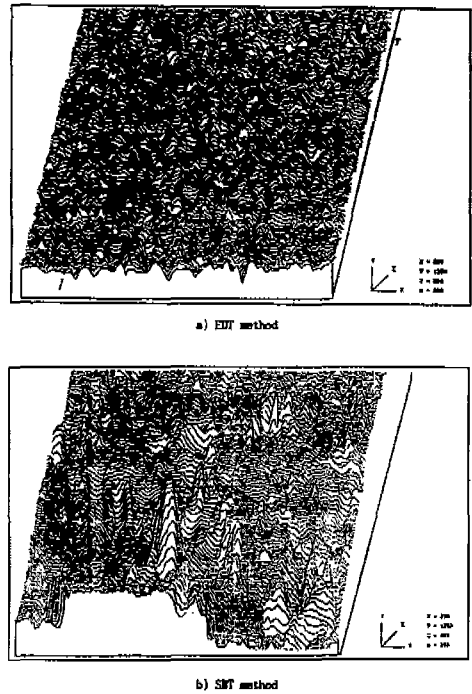


Fig. 11 Shape of surface roughness according to texturing method

전 조도 가공을 한 경우는 산의 형태가 거의 일정하고 균일하게 분포되어 있음을 볼 수 있다.

냉간압연 제품의 도장성과 성형성에 영향을 미치는 강판 표면의 조도는 조절압연시 사용되는 작업물의 표면 조도와 산의 형태에 따라 결정되므로 이를 적절하게 적용해야 한다. Fig. 13은 롤 표면을 방전 가공하여 조절압연 가공을 한 그래프이며 Fig. 14는 쇼트 블라스트 방법에 의한 가공 물의 표면조도가 조절압연시 변화하는 것을 나타냈다. Fig. 14와 같이 쇼트 블라스트 가공물을 사용한 판면조도는 방전조도 가공물을 사용한 판

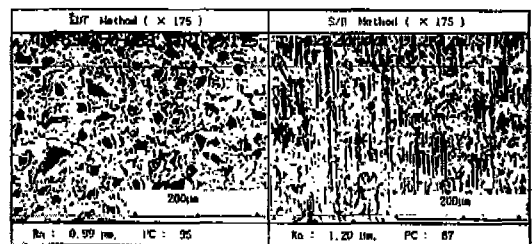


Fig. 12 Photo, of work roll surface roughness according to texturing method

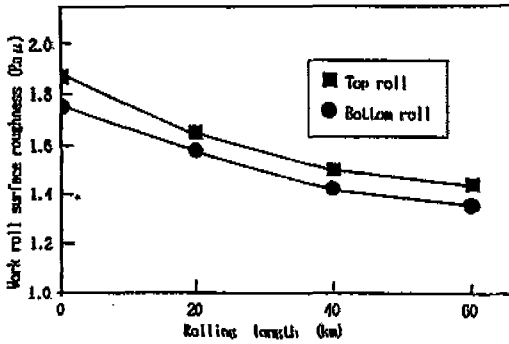


Fig. 13 Relationship between work roll surface roughness and temper rolling length on the electro discharge texturing

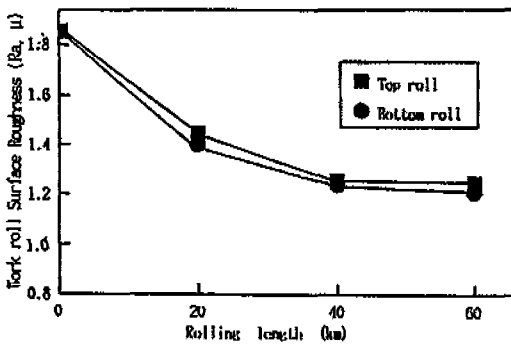


Fig. 14 Relationship between work roll surface roughness and temper rolling length on the shot blast texturing

면 보다 조도가 거칠고 불규칙적이므로 성형성이나 도장성이 불량하게 된다. 여기서 하롤이 상롤 보다 마멸이 빠르게 되는 것은 하롤에 분사된 조질압연유가 자연 낙하되어 유막형성이 잘되지 않기 때문이다.

3) 조도가공방법과 도장성비교

냉간압연 강판의 도장성에 큰 영향을 미치는 표면조도는 조질압연시 작업롤 조도의 전사에 의하여 결정되며 산의 수나 형태도 조도와 마찬가지로 작업롤의 전사에 의하여 가공된다. 그러나 강판의 조도는 조질압연 가공시 연신율에 의하여 약간의 차이가 생기므로 여기서는 1.0%를 기준으로 가공하였으며 Fig. 15에는 방전 조도 가공롤을 사용한 경우와 쇼트 블라스트가공롤을 사용하여 가공한 판 면의 상태로 판 면의 조도는 거의 같지만 산의 수가 많은 차이를 나타냈다. 이와 같이 조질 압연을 한 후 도장 실험을 해본 결과 도막두께는

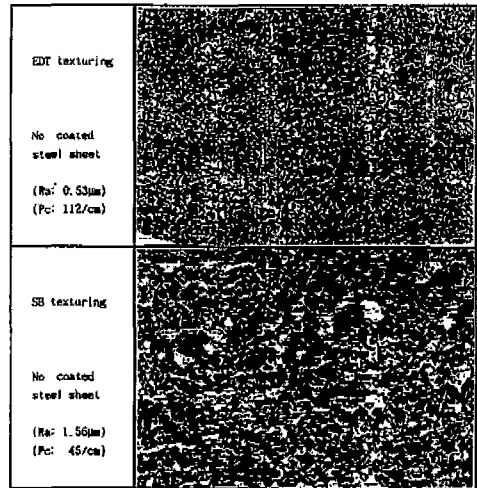


Fig. 15 Relationship between strip surface roughness and peak count according to texturing method

방전 가공롤을 사용한 강판이 두껍고 도장 후의 판 표면의 조도는 Fig. 16과 같이 방전 가공롤을 사용한 경우가 낮지만 산의 수는 약 2배정도 많다. 도장 전과 후에 강판 표면의 산의 수와 조도를 비교해 보면 산의 수는 두 가지 방법 모두가 거의 반으로 감소되었지만, 조도의 감소는 방전가공롤을 사용한 경우가 더 큼을 알 수 있다.

따라서 도장 강판의 경우는 판 면의 선명성을 향상시키

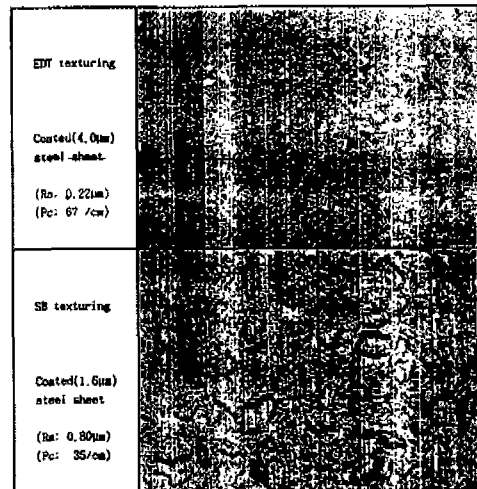


Fig. 16 Relationship between paint dry film thickness and peak count according to texturing method

기 위해 방전 가공률을 조절압연시 사용하는 편이 좋다.

7. 결 론

방전 조도 가공의 특성을 살펴보고, 그 롤을 조절압연시 사용하여 조도 가공방법에 따른 차이점과 작업률의 조도와 산의 형태가 도장성에 미치는 영향을 실제 사용중인 기계에서 조사해 본 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 방전 조도 가공시 펄스 모드의 경우는 산의 수가 많고 거친 조도가 요구될 때 사용하고, 캡모드의 경우는 표면이 미려하고 산 수가 적게 요구되는 곳에 사용하는 것이 좋다.

2) 방전 조도 가공시 소요되는 시간을 모드별로 보면 조도가 낮은 경우에는 펄스 모드가 많은 시간이 소요되었지만 조도가 높을 수록 캡모드가 많이 소요됨을 알 수 있다.

3) 쇼트 블라스트가공시 산의 모양은 방전 가공의 펄스모드 보다는 캡모드쪽에 가깝고, 방전 조도 가공을 한 경우가 쇼트 블라스트가공시 보다 일정하고 균일하게 조도가 분포되어 있음을 볼 수 있다.

4) 도장 강판의 경우 조절압연시 쇼트 블라스트 조도 가공 롤 보다 방전 가공률을 사용하는 편이 판 면이 미려하기 때문에 선형성면에서 우수하다.

참고문헌

1. Fawzy, El-M., Brian, S., "Advances in Electro-discharge Texturing(EDT) for Cold

Mill Work Rolls" Iron and Steel Engineer, Vol.68, No.8, pp.57-59.1991.

2. Fujiwara, T., "The Development of High Clarity Steel Sheet", Nissan Technical Review, No.23, pp.53-59. 1981.
3. Furukawa, K., "Development of High Image Clarity Steel Sheet Laser Mirror", Kawasaki Steel Tech. Report, Vol.20, No.3, pp.123-141. 1988.
4. 전언찬, 김순경, "냉간압연가공시 Work roll마멸과 판면조도에 관한 연구" 한국정밀공학회지, 제8권, 제4호, pp.2. 1991.
5. 전언찬, 김순경, 김문경, "냉간압연가공시 압연 재료와 Work roll마멸에 관한 연구" 한국정밀공학회지, 제10권, 제4호, pp.128-129. 1993.
6. Aspinwall, D. K., Zhao, F. L., and El-Menshawy, M. F., "Electro-discharge Texturing(EDT) of Steel Rolls", Surface Topography 2, pp.123-141. 1989.
7. Nilan. T. G., Perfetti, B. M., Scialabba. B. J., "Relationship of Sheet Surface-Roughness Texture to Painted Sheet Appearance", Proceeding 19th Congress on Mech. Working and Steel Processing Pittsburgh, Pa., June, pp.148-157, 1977.
8. Kenji, K., Katsumi, M., Yoichi, K. and Mitsugi, K., "Electric Discharge Method for Work Roll of Cold Rolling Mill" Nippon Kokan Technical Report, Overseas No.33, pp.40-46. 1991.