

조질압연용 Work roll의 조도가공 특성에 관한 연구

전 태 옥*, 전 언 찬**, 김 순 경***

A Study on the characteristic of Work Roll texturing for the Temper Rolling

Tea-Ok Jeon, Eon-Chon Jeon and Soon-Kyung Kim

Key Words : Texturing(조도가공), Temper Rolling(조질압연), Surface Roughness(표면조도), Peak Count(산 수), Electro-Discharge Texturing method(방전가공방법), Image Clarity(선명성), Transferrance(전사)

Abstract

The results were obtained with changes according to the surface roughness of work roll and method to make the peak count on the roll in the temper rolling, and factors to affect to the work roll surface in actual rolling machine (ie. Temper mill). Conclusions are as follows.

1. E.D.T(Electro-discharge texturing) roll is more uniform roughness distribution than shot blasted roll and it's life time is two times longer than that of shot blasted because it has more sine wave roughness.
2. The higher peak count of surface roughness, the more time is necessary to work roll texturing In shot blasting method, Surface roughness is relating to the grit size, impeller speed and hardness of roll material, But it can't control the peak count.
3. In shot blast texturing, Surface roughness of temper rolled strip which is transfered surface roughness of work roll is more ununiform than that of E.D.T roll.
4. E.D.T roll has more uniform than the shot blasted roll and has more peak count than that of shot blasted roll. The surface of painted strip to image clarity is superior to that of shot blasted roll because E.D.T roll has more peak count and smooth surface.

- * 동아대학교 기계공학과
- ** 동아대학교 기계공학과
- *** 연합철강공업(주)

1. 서론

냉간압연강판과 도금제품은 성형성(Formability)과 외관(Appearance)이 가장 중요하므로, 이를 향상시키기 위하여 여러가지 방향으로 노력을 하고 있지만 적절한 표면조도가공이 가장 중요하다.¹⁻⁴⁾ 표면조도는 프레스 성형시 윤활유를 강판표면이 보유 할 수 있도록 하므로 적절한 조도로 가공되어 강판표면에 윤활유가 적절하게 부착되어 있을 경우 프레스 가공성을 좋게하고 금형의 마멸을 감소시키며 성형된 표면의 부위별 표면 소성변형 차이를 감소 시킨다. 최근 냉연강판을 사용하는 수요자 요구가 다양하고 까다롭게 변화되어 가고 있는 추세이며 특히, 최종제품의 외관이 중요시되는 가전제품이나 자동차 산업에 있어서는 표면상태가 수요자들의 상품선택에 매우 중요한 역할을 한다. 강판의 산 수(Peak count)가 많고 균일 할 수록 도장시 균일도장이 가능하며 높은 선명성(Image clarity)과 최종제품의 외관을 개선시킨다. 조도가 높게 가공된 강판은 소둔(Annealing) 열처리시 고온에서 열변형에 의하여 서로 붙게되는 소부(Sticking)현상을 방지 할 수가 있다.⁵⁾ 강판표면의 조도가공은 먼저 냉간압연이나 조질압연가공시에 사용되는 Work roll 표면에 조도를 부여한 후 압연가공시에 입하력과 장력에 의하여 Work roll의 표면조도가 강판표면에 전사(Transferrance)되게하는 것이다. 이때 전사되는 전사율은 강판의 재질, 압하력, 장력의 크기, Work roll의 재질, 압연유의 윤활정도 등에 따라서 결정된다.

일반적으로 냉간압연용이나 조질압연용 Work roll의 조도가공은 고속의 작고 단단한 Grit에 의하여 Work roll 표면에 작은 분화구 형태의 흠집을 만드는 Shot blast가공법에 의하여 실시되어 왔으나 이방법은 표면조도는 물론 산 수가 매우 불균일 하다. Shot blast 방법은 Roll과 Grit의 경도, 속도, 크기, 분사각도와 같은 다양한 조건 때문에 적절한 가공조건을 찾기가 어렵고 재연성이 떨어 진다. 이와 같은 단점 때문에 최종 외관가공과정이면서 많은 비용이 소요되는 도장가공조건에 맞는 적정조도가공이 거의 불가능 하다. 그리고 여러번 도장을 하거나 두껍게 도장을 할 경우는 어느정도 표면조도의 불균일성을 보상 할 수가 있으나 이는 많은 제조원가는 물론 제품의 질을 저하 시킨다. 다른 한가지 문제점은 표면조도는 어느정도 맞추었다 해도 산 수를 수요자의 요구에 맞게 가공 할 수가 없고 Work roll의 경도가 높을 경

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔으며 철강산업의 선진국에서는 고품질의 강판표면을 얻기 위하여 방전가공(Electro discharge texturing)방법과 Laser beam 가공방법이 점차적으로 확대 적용되고 있다.⁶⁾ 이러한 방법은 Shot blast 조도가공방법의 문제점을 해결 할 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 연구결과를 내지 못하고 있다. 이는 아직도 조도의 중요성에 관한 인식 부족과 설비의 정확한 운용을 제대로 하지 못하고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 조질압연시 Work roll표면의 조도가공방법에 관한 특성을 살펴보고 이에 따른 표면 조도의 형태 등을 조사한 후 판면의 조도와 Work roll표면의 조도와의 관계를 조사하였다. 본 연구의 실험은 실제 사용중인 기계에서 행하여 졌으므로 현장에서 응용과 적용이 가능한 실질적인 조도의 변화를 조사하였다.

2. 조도가공 원리

가장 보편적으로 사용되고 있는 조도가공 방법의 하나인 Shot blast 의 방법은 Fig.1에서 보는바와 같이 단단하고 끝이 예리한 쇠조각인 Grit를 임페라의 회전에 의하여 Work roll 표면에 부딪히게 하여 Work roll표면에 흠집을 내는 방법이므로 설비의 구성이나 가공원리가 간단하고 단조롭다. Grit가 work roll표면에 때리는 힘의 크기는 Fig.1에서 보는 바와 같이 질량과 속도의 자승에 비례한다. 따라서 Shot blast가공방법은 조도의 변화에 따른 조도가공시간은 거의 일정하며 오직 임펠라의 회전속도만 변화 시킨다. 회전속도는 모터(Motor)의 회전수를 조절하여 변화 시키지만 Grit의 크기는 일정하고 균일하게 관리할 수가 없으므로 한번 사용하고 나면 스크린을 사용하여 작은것은 밖으로 빼내고 큰것만 골라서 다시 사용한다. 따라서 이방법의 문제점은 앞에서 설명한 바와 같이 Grit의 재질 크기 형태 등과 임페라의 회전수, 가공할 물체, 즉 work roll의 재질과 직경, 회전속도 등과 같은 변수가 너무 많기 때문에 원하는 조도를 균일하고 정확하게 얻을 수가 없고 이때 형성된 산의 형태는 불균일하여 수명이 짧다.

위에서 언급한 조도가공방법의 문제점을 보완하고자 개발된 방전가공방법은 Fig.2에서와 같이기계적인 가공방법이 아닌 방전시 발생하는 전기 스파크의 힘을 이용하여 Work roll의 표면에 흠집을 내는 가공방법이다. 방전가공 방법은 조도를 부여하고자하는 가공물과 방전을 일으키는 전극(Electrode)이 부전도유(Dielectric oil) 속에서 전기적으로 방전을 일으키면서 가공을 한다. 이와 같이 방전가공이 이루어지는 과정을 몇단계로 구분하여 보면 다음과 같다. 먼저 발전기에서 전류를 보내면 부전도유속의 전도성 Grit들이 양극성 전도(Dipolar bridge)매개체를 형성하게되고 이 매개체는 단속적으로 가공물에 전류를 전달하게 된다. 이와 같이 단속적으로 전달된 방전전류가 가공물의 표면을 반구형태로 용해시키면서 가스를 지닌 기포가 형성된다. 이때 방전전류가 멈추면 용해된 Grit가 밀려나게되고 그자리는 분화구가 된다.⁸⁾

3. 실험장치

본 실험에는 실제 사용중인 두가지의 work roll조도가공기를 사용하여 가공한 후 조질압연기에서 그 결과를 확인 하였다. Shot blast가공기는 Fig.1에서 보는바와 같이 원리가 간단하고 기계자체도 매우 간단하다. 가공물을 운반하고 회전시켜주며 길이방향으로 일정한 속도로 움직이게 해주는 대차부분과 가공물의 표면에 Grit를 뿌려주는 장치인 임펠라부분이 있고 부대적으로 Grit의 크기를 선별해주고 작게 부서져 먼지로 변한 Grit와 철분들을 밖으로 제거시켜주는 집진장치로 구성되어 있다. 임페라에 의하여 분사된 Grit 등이 밖으로 튀지 못하도록 차단벽을 설치하고 임펠라의 회전수를 조정하여 원하는 조도를 얻는다. 이렇게 가공된 공작물의 표면에는 철분이 남아 있으므로 반드시 제거해주는 장치가 필요하다.

방전가공기의 경우는 기계본체의 베드부분과 심압대 그리고 Neck rest부분으로 구성되어 있다. 그리고 각종 유압실린더를 동작시키는 유압장치와 부전도유의 불순물을 제거해주는 필터장치가 있다. 방전가공기의 경우는 가공하고자 하는 가공물을 Neck rest에 얹어주면 주축대와 심압대의 거리가 자동적으로 설정되고 조정되며 심압대의 유압 실린더가 가공물의 끝부분을 밀면서 완전하게 고정 시킨다. 그리고 컴퓨터에 입력된 가공물의 직경과 길이 등에 맞게 전극과 가공물과의 거리를 서-보 실린더가 조절하면서 방전가공을 시작하게 된다. 방전가공을 하기위하여 부전도유를 공급해야 하는데 부전도유의 공급은 전극의 중앙부를 통하여 공급되고 사용후에는 필터에서 철분 등을 제거한 후 계속 순환된다. 전극과 Roll의 간격은 일반적으로 0.02~0.2mm까지 조절가능하며 같은 조도에서도 산 수를 임의대로 조절할 수 있는 5가지의 모-드가 있으나 2가지 모-드가 주로 사용된다. 이와 같은 산 수의 결정은 발전기의 전압과 전극을 바꾸면서 행해지는데 전압은 일반적으로 35~50볼트 범위에서 조절되며 조도는 전류와 펄스(pulse)의 폭에 따라서 결정된다.

4. 실험재료

본 실험에 사용한 조질압연용 Work Roll의 경도는 Hs95 이며 화학적 성분은 Table 1에서 보는 바와 같이 크롬 함량이 3%인 가장 보편적인 Roll을 사용하였다. Roll의 표면조도의 전사상태를 확인하기 위하여 사용한 소둔 열처리한 강판의 기계적 성질은 Table 2와 같고 화학적 성분은 Table 3에서 보는 바와 같다. 여기서 사용된 강판의 두께는 1.0mm이며 폭은 1,219mm로써 냉간압연 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
SHP-1	0.05	0.009	0.25	0.010	0.010

5. 실험방법

조도가공방법에 따라 조도의 형태와 변화를 정확하게 조사하기 위하여 동일 Roll을 사용하였고 연마도 같은 기계에서 실시하고 가공조건도 동일하게 하였다. 전사형태와 조도의 형태도 동일조건에서 비교하기 위하여 조질압연가공도 Shot blast와 방전조도가공 Roll을 같은 조건에서 실시 하였다. 조질압연기는 Fig.3에서 보는 바와 같이 4단 압연기이며 1 Pass 기준으로 조질압연가공을 하였다.

조질압연가공을 마친 후 압연기에서 빼낸 Work roll을 상온에 가깝게 냉각시킨 후 Roll연삭기에서 0.05mm정도 연삭하여 Roll표면의 피로층을 완전히 제거하고 Roll조도가공기로 Roll을 운반한다. 운반된 Roll에 원하는 형태의 조도를 표면에 가공한 다음 조질 압연기에서 강판의 표면가공을 한다. 표면조도의 측정에는 조질 압연기에 투입하기 전 상.하 Roll의 부위별로 조도 및 산 수를 측정하고 가공을 끝내고 빼낸 상태에서도 투입전과 동일하게 측정하였다. 그리고 강판과 Roll표면의 상태를 휴대용 광학현미경(Portable Microscope)을 사용하여 확대촬영하였으며 강판의 표면을 보다 세밀하게 조사하기 위하여 주사전자현미경(SEM)을 사용하였다. 그리고 조도는 휴대용 조도측정기인 Hommel tester를 사용하였다. Roll과 강판의 조도와 산 수는 평균값을 나타내었으며 이 값은 Roll몸체의 길이방향으로 3군데 측정하였고 강판의 경우는 폭방향으로 3군데를 측정하여 산술평균한 값이다. 강판표면의 측정은 조질압연기 상에서 측정할 수가 없으므로 Fig.4에서 보는 바와 같이 조질 압연가공 후 재 권취(Recoiling) 공정에서 측정하였으며 Roll은 투입전과 인출후에 진동이 없는 상태에서 측정하였다.

6. 실험결과 및 고찰

1. 조도가공방법과 조도의 형태

Work roll의 표면조도형태는 조도가공방법에 따라 Fig.5에서 보는바와 같이 다르게 나타나며 방전조도가공의 경우 같은 가공방법에서도 사용 모-드에 따라 산의 형태와 수가 달라짐을 Fig.6에서 볼 수 있다. 가공방법에 따른 조도의 형태와 산의 수는 Fig.5에서와 같이 방전조도가공시는 산의 크기가 균일하고 산의 수도 많지만, Shot blast가공시에는 산의 형태가 불균일하고 산의 수도 적다. Work roll의 표면을 확대해 보면 Fig.7에서와 같이 부분적으로 조도가공이 되지않은 부분이 생김을 알 수 있다. 이는 임펄스를 통하여 Roll표면에 뿌려지는 Grit가 균일하지 않고 일정한 량이 일정한 방향으로 충격을 주지 않기 때문이다. 그러나 방전조도가공의 경우는 전기적인 방전을 이용하여 가공하기 때문에 조도가공이되지 않는 부분이 없고 산의 크기나 형태가 매우 균일함을 볼 수 있고 모-드별로 보면 Fig.6에서와 같이 펄스 모-드의 경우는 산의 모양이 예리하고 산의 수가 많으나 캐파시티(Capacity) 모-드의 경우는 산의 수가 적을 뿐 아니라 형태도 예리하지 않고 Shot blast가공방법에 의하여 만들어진 산의 형태와 다소 유사하다.

그리고 방전가공인 경우는 사용후에도 거의 일정한 형태를 유지하고 있지만, Shot Blast가공방법인 경우는 조도가공 상태부터 매우 불규칙적이고 마멸도 급격하게 이루어질 뿐만 아니라 불균일하다. 이는 Grit

의 크기, 경도, 임펠라의 회전속도 등 많은 변화요소가 있기 때문이다. Fig.8은 방전가공시 Work roll표면에 부여하고자 하는 조도에 따른 소요시간을 나타낸 것으로 조도가 낮을수록 소요시간이 길며 높을수록 짧지만 일정한 조도 이상에서는 소요시간의 변동이 없다. 소요시간의 차이는 표면조도가 클수록 분화구 형태의 갯수가 적지만 낮은 경우는 갯수가 많아 여러번 스파크가 일어나야 하기 때문이다. 이때 전극과 Roll과의 간격은 조도가 높을수록 크고 낮을수록 작다. Shot Blast가공시간은 표면조도에 따라 소요시간이 변하는 것은 아니며 임펠라의 속도(RPM)에 따라 조도가 결정되므로 일반적으로 Roll 한분가공시 소요시간은 20분 정도 소요되는데 이는 대차의 속도에 해당한다. 가공하고자 하는 조도에 따라 임펠라의 회전수를 조절하며 조도와 임펠라의 회전수의 관계는 Fig.9에서 보는바와 같다. 방전가공에 의하여 얻어진 Roll 표면의 조도는 Fig.8에서 보는 바와 같이 분화구 형태의 매우 균일한 형태이지만, Shot Blast가공방법에 의하여 얻어진 표면상태를 확대하여 보면 Roll 연삭기에서 연삭시 형성된 표면이 상당부분 그대로 잔존해 있고 Grit가 닿은 부분만 흔적이 남아 있는 것을 알 수 있다.

따라서 Work roll표면의 조도는 방전가공에 의하여 가공된 조도의 형태가 Shot blast가공방법에 의하여 가공된 경우보다 산의 형태가 일정하고 전체표면의 조도가 균일하며 산 수의 조절도 가능 하다.

2. Work roll 표면의 조도와 산 수의 변화

냉간압연 제품의 도장성과 성형성에 영향을 미치는 강판표면의 조도는 조질압연시 사용되는 Work roll의 표면조도와 산의 형태에 따라 결정되므로 이를 적절하게 적용해야 한다. Fig.10은 Roll 표면을 방전가공하여 조질압연 가공을 한 그래프이며 Fig.11은 Shot Blast방법에 의한 가공 Roll의 표면조도가 조질압연시 변화하는 것을 나타냈다. 방전가공에 의한 Roll 표면의 조도는 상,하Roll 모두가 거의 안정된 구배를 가지고 있으며 일정한 경향을 나타내지만, Shot Blasting 방법에 의하여 가공된 Roll의 표면조도는 초기에 급격하게 떨어져 경면화가 빠르게 이루어짐을 알 수 있다. 급격한 조도 저하가 이루어질때 발생하는 Roll 표면의 마멸현상은 마찰에 의한 철분말을 생성하게 되고, 이때 발생된 철분말은 Roll 표면에 부분적으로 응착되어 제품표면에 흔적을 남기게 되며 제품은 사용할 수가 없게 된다. 방전가공을 한 Fig.10의 경우는 조질압연 가공거리가 60 km정도 까지도 Roll 표면의 조도가 1.4 $R_{a, \mu m}$ 를 유지하고 있지만 Shot Blasting 방법으로 가공한 경우는 Fig.11에서 보는 바와 같이 20 km를 지나면서 그 이하로 떨어짐을 볼 수 있다. 이는 Roll의 사용수명과 관계가 있으므로 매우 중요한 사항이며 방전가공시는 조도의 파형이 삼각형이 아닌 정현파형태의 파형이 Shot Blast가공방법보다 많기 때문에 2~5배 정도 Roll의 수명이 길다고 하는데¹⁰⁾ 실기계에서 실험한 결과 2배 이상 수명연장이 가능함을 알 수 있었다. 이 부분이 조질압연 후에는 매우 불규칙적으로 판면에 전사되어 성형성이나 도장성이 불량하게 된다. 이와 같은 현상은 Fig.12에서도 확인이 되는데, Rmax 값은 Shot Blast가공법에 의한 경우가 크지만 가공에 의하여 조도 형성이 된 부분과 그렇지 못한 부분이 구별되며 산의 크기가 큰 부분에 집중적으로 마찰력이 작용하여 급격하게 산이 마멸되지만 방전가공에 의한 경우는 Rmax 값이 작고 균일하기 때문에 전단력이 균일하게 작용하여 마멸이 일정하게 되고 그 정도가 작음을 알 수 있다.

Roll 표면의 산의 수는 방전가공일 경우는 일정한 기울기를 가지고 떨어지다가, Shot Blast가공방법의 경우는 가공 초기에 급격하게 떨어지다가 일정한 길이를 가공한 후 부터는 변화가 거의 없게 된다. 이는 Fig.12에서 보는 바와 같이 가끔 돌출된 산이 가공시작과 동시에 거의 마멸되기 때문이며 산 수가 변하지 않는 것은 연삭기의 Roll 표면 가공상태와 거의 유사한 값에서 머물러 있기 때문에 마멸이 잘 일어나지 않음을 나타낸다. Roll 초기조도와 산의 수는 대체로 반대 현상을 나타낸다.

3. 강판표면의 조도와 산 수의 변화

냉간압연 강판의 표면조도는 조질압연시 Work roll의 표면조도의 전사에 의하여 결정되며 산의 수나 형태도 조도와 마찬가지로이다. 그러나 강판의 조도는 조질압연 가공시에 작용되는 연신율에 의하여 약간의 차이가 생기므로 여기서는 1.0%를 기준으로 가공하였으며 방전가공 Roll을 사용한 결과는 Fig.13과 같고 Shot Blast가공 Roll을 사용하여 가공한 판면의 조도는 Fig.14와 같다. 방전가공 Roll을 사용한 Fig.13에서는 판면의 조도가 처음시작부터 60km까지 거의 변화가 없지만 Shot Blast가공 Roll을 사용한 Fig.14는 30km를 지나면 거의 조도가 없어지는 현상을 볼 수 있고, 강판표면의 산의 수는 Roll의 표면에 따라 결정되지만, 압하율이 클수록 다소 증가하게 된다. Fig.15에서 보면 처음에는 급격하게 산의 수가 떨어지다가 10km를 지나면서 안정된 값을 가지게 되고 30km를 지나면서 강판의 하면이 상면보다 산의 수가 많게 되는데 이는 Roll Bite의 중립점이 정확하게 중앙에 접촉되지 않고 상하가 다르기 때문이며 이와 같은 현상은 조질압연 가공시 불량을 방지하기 위하여 출측에 설치된 Cross Brake Roll을 사용하여 상,하Roll의 접촉속의 길이를 다르게 하기 때문이다.¹⁰⁾ Shot Blast가공 Roll을 사용하여 가공한 강판은 Fig.16에서와 같이 상,하면의 산의 수가 서로 교차하는 점이 방전가공시 보다는 낮고 분명하지 않음을 볼 수 있다. 이는 Roll표면의 조도가 불규칙적으로 마멸되기 때문에 정확한 경향을 나타내지 않기 때문이다. 따라서 방전가공시는 최종 제품의 수요처에 맞게 조도와 산의 수를 조절할 수가 있지만, Shot Blast가공 Roll로써는 불균일하지만 조도는 변화를 줄 수 있지만 산 수는 제어가 불가능하다. 거의 같은 강판표면을 주사전자 현미경으로 확대해 보면 Fig.17과 같이 더욱 더 자세히 볼 수 있다. 방전가공Roll을 사용한 경우는 매우 선명하고 균일한 조도를 형성할 뿐만 아니라 표면이 매끈하고 깨끗하나 Shot Blast가공Roll을 사용한 경우는 표면의 조도가 불분명하고 부스러기나 냉간압연시에 형성된 조도가 압연방향으로 그대로 잔존해 있음을 볼 수 있다. 이와 같은 상태로 가공 및 도장을 할 경우 선형성과 성형성이 떨어진다.

7. 결 론

조질압연용 Work roll의 조도가공방법에 따른 특성을 조사하고 Work Roll의 표면조도 및 산 수를 형성하는 방법에 따른 변화와 판면조도에 미치는 요인 및 현상에 관하여 실제 사용중인 기계에서 조사해 본 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 방전가공 Roll의 경우는 Shot blast조도가공 Roll보다 조도분포가 균일하며, 산의 형태가 일정하고 정현파 모양의 산이 많기 때문에 Shot blast조도가공시 보다 2배 이상 수명이 길다.
2. 방전가공시 표면조도가 높을수록 가공시간이 많이 걸리고 산의 수는 감소하지만, Shot blast조도가공의 경우는 조도에 관계없이 가공시간은 일정하지만 임펠라의 회전수와 관계가 있으며 산 수는 조절할 수가 없다.
3. 조질압연한 강판표면의 조도는 Work roll의 조도가 전사되므로 Shot Blast조도 가공 Roll의 경우는 방전가공Roll보다 불균일하다.
4. 강판의 조도와 산 수는 방전가공 Roll을 사용한 경우가 Shot Blast 가공 Roll보다 균일하며 산의 수가 많아 도장시 표면이 미려하여 선형성이 우수하다.

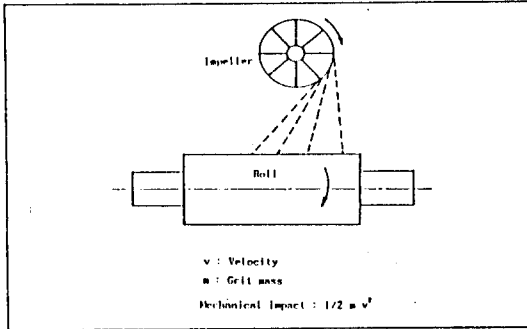


Fig.1 The principle of shot blast texturing machine

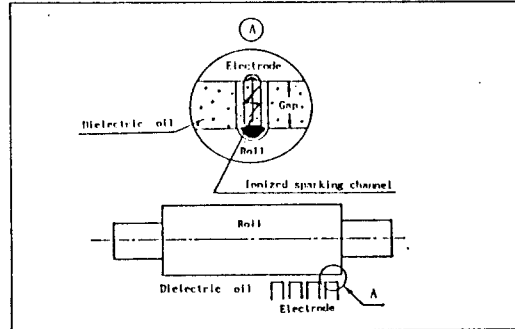


Fig.2 The principle of electro discharge texturing machine

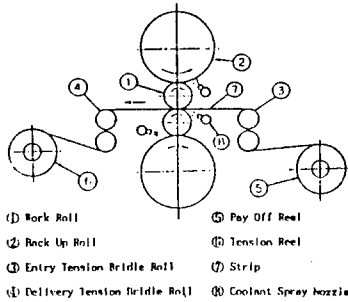


Fig.3 The schematic diagram of temper mill

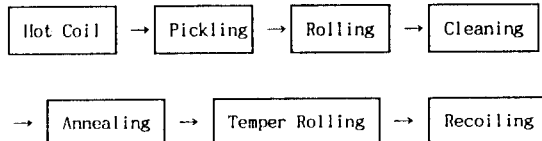
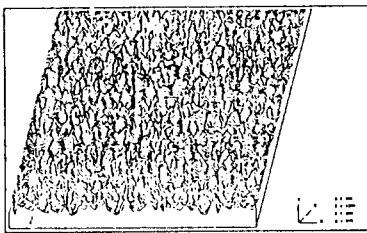
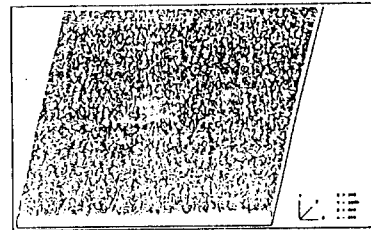


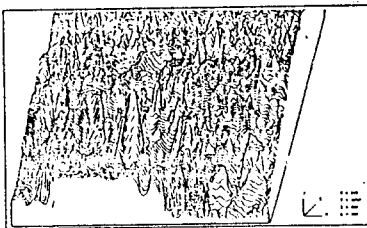
Fig.4 Flow chart of temper rolling process



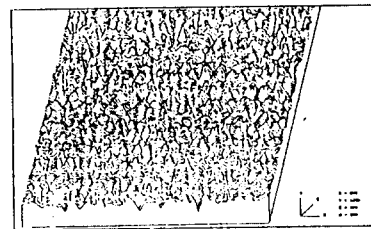
a) Electro discharge texturing



a) Pulse mode



b) Shot blast texturing



b) Capacity mode

Fig.5 Shape of surface roughness according to texturing Fig.6 Shape of surface roughness according to texturing

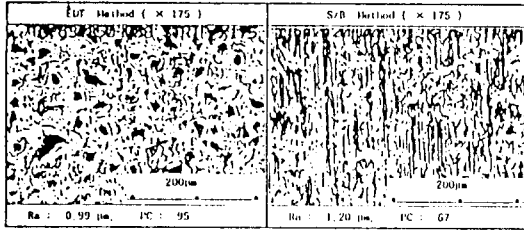


Fig.7 Photo. of work roll surface roughness according to texturing method

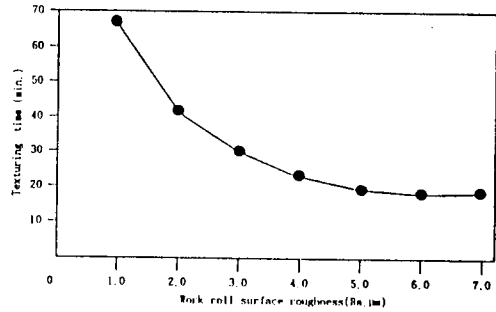


Fig.8 Relationship between work roll surface roughness and texturing time in the electro discharge texturing

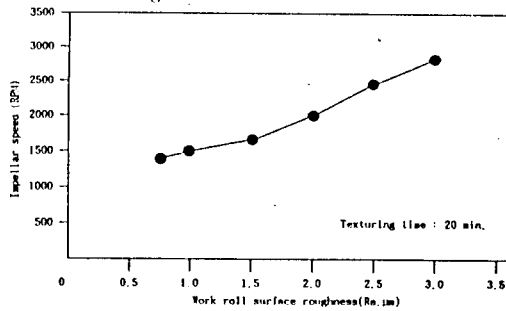


Fig.9 Relationship between work roll surface roughness and impeller speed(RPM) in the shot blast texturing

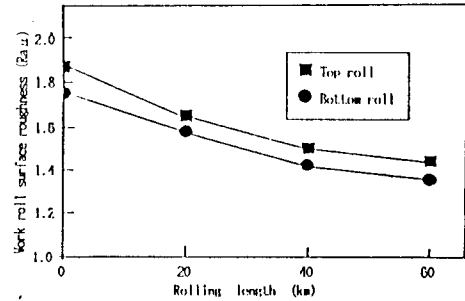


Fig.10 Relationship between work roll surface roughness and temper rolling length on the electro discharge texturing

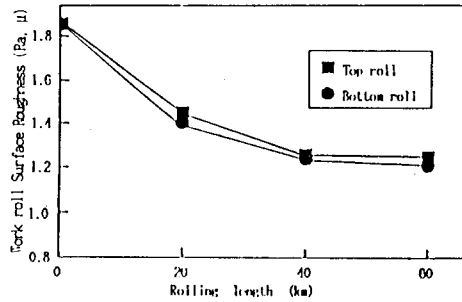


Fig.11 Relationship between work roll surface roughness and temper rolling length on the shot blast texturing

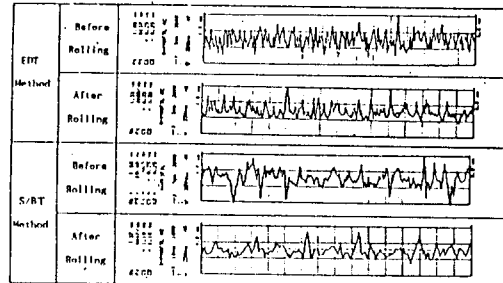


Fig.12 Relationship between strip surface peak count and temper rolling length on the shot blast texturing

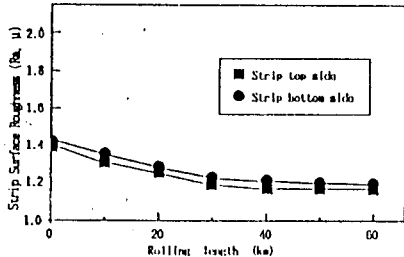


Fig.13 Relationship between strip surface roughness and temper rolling length on the electro discharge texturing

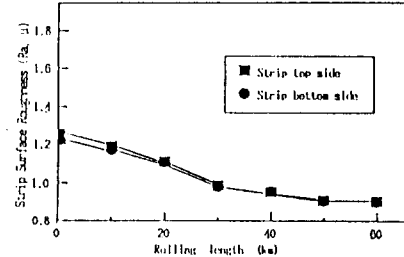


Fig.14 Relationship between strip surface roughness and temper rolling length on the shot blast texturing

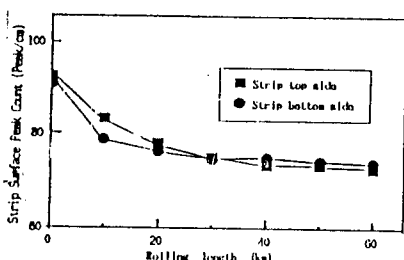


Fig.15 Relationship between strip surface peak count and temper rolling length on the electro discharge texturing

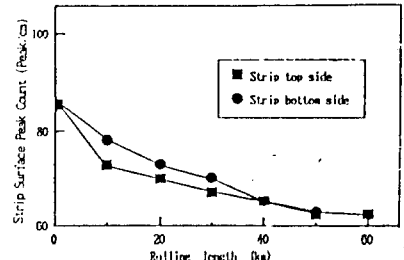


Fig.16 Relationship between strip surface peak count and temper rolling length on the shot blast texturing

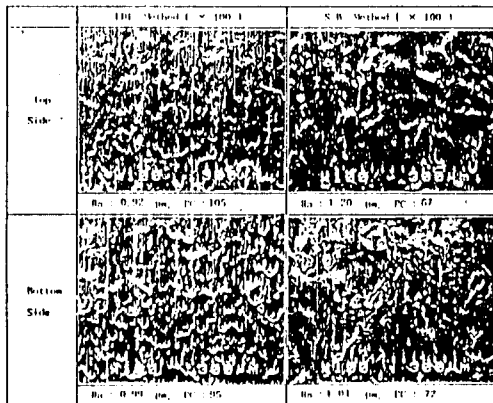


Fig.17 Photo. of strip surface (SEM)

参 考 文 献

- 1) Fawzy, El-M., Brian, S., 1991, "Advances in Electro-discharge Texturing(EDT) for Cold Mill Work Rolls" Iron and Steel Engineer, Vol. 68, No. 8, PP.57-59.
- 2) Fujiwara, T., 1987. "The Development of High Clarity Steel Sheet", Nissan Technical Review, No. 23, PP.53-59
- 3) Furukawa, K., 1988, "Development of High Image Clarity Steel Sheet Laser Mirror", Kawasaki Steel Tech. Report, Vol. 20, No. 3, PP.123-141
- 4) 전연찬, 김순경, 1991, "냉간압연가공시 Work roll마멸과 판면조도에 관한 연구" 한국정밀공학회지, 제8권, 제4호, p.2
- 5) 전연찬, 김순경, 김문경, 1993, "냉간압연가공시 입연재료와 Work roll마멸에 관한 연구" 한국정밀공학회지, 제10권, 제4호, pp.128-129
- 6) Aspinwall, D. K., Zhao, F. L., and El-Menshawy, M. F., 1989, "Electro-discharge Texturing(EDT) of Steel Rolls", Surface Topography 2, PP.123-141
- 7) Nilan. T. G., Perfetti, B. M., Scialabba. B. J., 1977 "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.
- 8) Kenji, K., Katsumi, M., Yoichi, K. and Mitsugi, K. 1981, "Electric Discharge Method for Work Roll of Cold Rolling Mill" Nippon Kokan Technical Report, Overseas No. 33, PP.40-46
- 9) 佐藤 國彦, 青島富士雄 外 3名, 1979, "放電加工による ダルロール加工", 三菱電機技報, Vol. 53, No. 5, PP.373-377
- 8) Kenji, K., Katsumi, M., Yoichi, K. and Mitsugi, K. 1981, "Electric Discharge Method for Work Roll of Cold Rolling Mill" Nippon Kokan Technical Report, Overseas No. 33, PP.40-46
- 10) Kobasa D., and Schultz R.A., 1968 "Experimental Determination of the Arc of Contact in Cold Rolling", 1968, Iron and Steel Engineering, Vol.45, P.97