

평면 Rolling에 의한 표면특성 변화에 관한 연구 (I)

김희남 (명지대학교 기계공학과) 이주상, 윤여권* (명지대학교 대학원 기계공학과)

A Study on the Change of Surface Characteristics by Plane Surface Rolling (I)

H. N. Kim (Myongji univ.), J. S. Lee, Y. K. Yun* (Myongji univ.)

ABSTRACT

The plane surface rolling, one of the plastic working process, provide good surface condition due to increase of surface roughness and hardness. It is well known that mechanism of surface rolling depends upon rolling conditions such as rolling speed, contact pressure, step length of rolling, the shape of roller and mechanical properties of material.

In this study , the optimal value of the above parameters on the surface roughness were investigated by using the rolling tool with NACHI 6000ZZ ball bearing outer races on machine structure carbon steel(SM45C).

Key Words : Plane Surface Rolling(평면 로울링), Roughness(거칠기), Hardness(경도)

1. 서 론

산업의 고도화에 따라 고속, 고강성의 생산기계들이 개발되었고, 이에 따라 기계부품의 고정도화, 고수명화, 내마모성의 증가가 필수적으로 요구되어 왔다. 기계부품의 정밀도와 수명은 표면거칠기 및 경도와 밀접한 관계가 있음을 주목해 왔고 이러한 특성들을 향상시키기 위하여 여러 가지 연구 및 실험이 이루어져 왔다.

로울러 다듬질은 선삭 또는 연삭한 공작물 표면에 rolling공구를 사용하여 소성변형시킴으로써 표면거칠기와 경도를 향상시킬 수 있는 소성가공법이다. 이러한 표면 rolling은 70~80여년 전부터 독일에서 개발되기 시작하였으며 Buhler¹⁾가 처음으로 가공시에 재료내부에 발생하는 응력에 대하여 연구한 이래로 많은 연구가 이루어져 왔으며 1960년대에 Kienzle와 Gerlach^{2) 4)}가 주철재 원통재료에 대

한 표면 rolling효과에 대하여 연구하였으며 Braslawski^{5),6)}는 roller에 의한 표면 rolling효과에 대하여 연구한 바 있으며, 국내의 연구에서는 표면 변화 거동에 대한 연구로, 1974년 육필수^{7),8)}등이 burnishing에 대한 역학적 해석 및 구멍내면의 정밀가공에 베어링의 ball을 이용한 burnishing가공에 관하여 연구하였으며, 1987년 김희남⁹⁾이 원통연삭 가공된 재료표면에 대하여 ball bearing의 외륜을 이용한 rolling가공의 효과에 대하여 연구한 바 있다. 그러나 평면 연삭된 재료에 대한 평면 rolling의 효과에 대하여는 아직까지 보고된 바 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기계부품의 재료로 널리 사용되고 있는 기계구조용 탄소강(SM45C)를 소재로 사용하여 평면연삭 가공후 ball bearing의 외륜을 이용하여 평면위를 rolling가공 하였다. 이 실험

에서는 일반적으로 사용되는 ball bearing의 외륜을 이용하여 평면 rolling에서의 적용 가능성을 밝히고, 또한 rolling speed, contact pressure, rolling step을 각각 변화시켜 각 조건에서 발생하는 roller와 소재사이의 접촉하중과 소성변형 후의 표면거칠기 및 경도의 변화에 대하여 고찰하고 생산성과 효율을 고려한 최적의 rolling조건을 찾고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2-1. 실험장치

평면 rolling가공에서 각각의 rolling조건으로 가공하기 위하여 생산형 머시닝센터(TNV40A)를 사용하였으며, 소재와 roller사이의 rolling하중은 공구동력계(Kistler9272)를 사용하여 측정된 신호를 증폭기(Kistler5019A)에서 증폭하여 디지털 오실로스코프(LeCroy5014A)에서 A/D변환시켜 컴퓨터로 보내어 측정하였으며, rolling가공후 표면거칠기는 표면거칠기 측정기(Mitutoyo SURFTEST402)를 사용하여 측정하였으며, 평면 rolling된 표면의 경도는 경도측정기(KDH-101)를 사용하여 측정하였다.

또한 ball bearing(NACHI 6000ZZ)을 roller로 이용하였고, roller를 고정하는 rolling공구의 몸통은 합금공구강(STD11)을 사용하여 소요의 형상과 치수로 제작한후 진공열처리하여 제작하였다. Fig. 1은 실험장치의 개략도이고, Fig. 2는 rolling공구의 형상 및 치수이다.

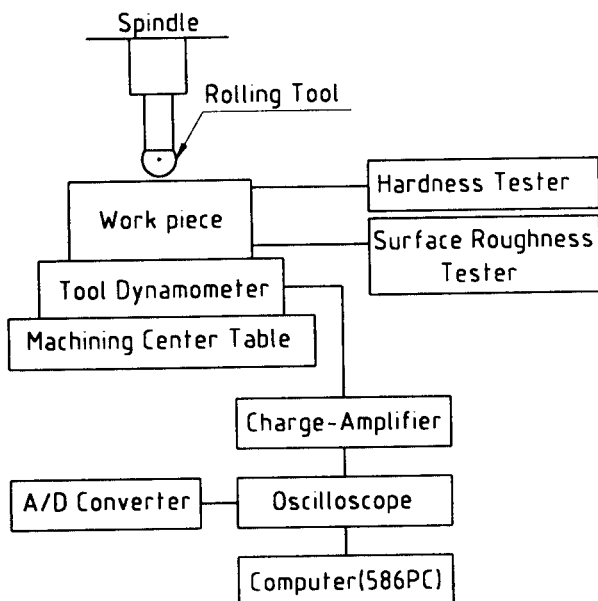


Fig. 1 Schematic of the experimental apparatus

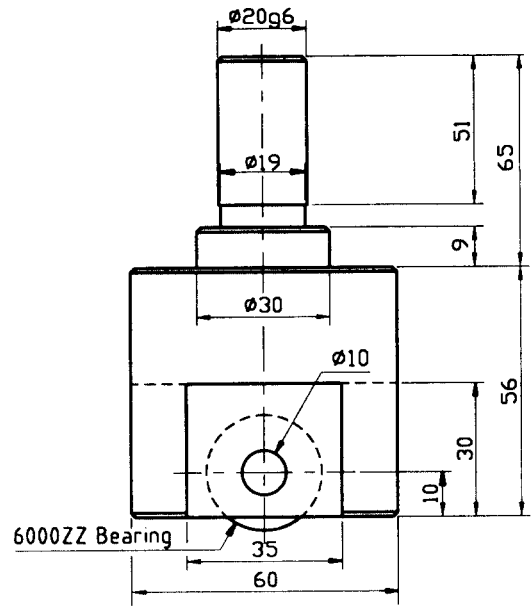


Fig. 2 Shape and dimensions of the rolling tool

2-2. 실험방법

본 실험에서는 기계구조용 탄소강(SM45C)를 소재로 사용하여 표면이 최대높이거칠기(R_{max}) $4 \mu m$ 가 되도록 평면연삭 가공하여 시험편을 제작한 후, 연삭 가공방향과 동일한 방향으로 Table 1과 같은 실험조건으로 평면 rolling하였다. 각 조건으로 가공된 시편에서 경도, 하중, 표면거칠기를 측정하여 비교하였다. Fig. 3은 시편의 형상과 치수이다.

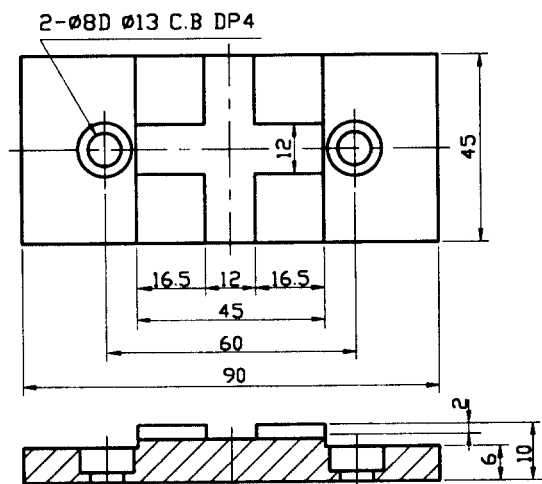


Fig. 3 Dimensions of specimen

Table 1 Working Conditions of Surface Rolling.

Roller	Rolling speed (mm/min)	Contact pressure (kgf/mm ²)	Rolling step (mm)
Ball bearing (6000ZZ)	41	10	2
	87	20	
	187	30	3
	267	50	
	507	70	4
	720		

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 접촉압력이 표면 경도에 미치는 영향

Contact pressure가 표면경도에 미치는 영향에 대하여 고찰하기 위하여 rolling step이송량을 각각 2, 3, 4, 5mm, rolling속도를 범용밀링머신에서도 자동이송이 가능한 이송속도 범위인 41, 87, 187, 267, 507, 720mm/min로 하여, 각 조건에서 contact pressure 10, 20, 30, 50, 70kgf/mm²로 평면 rolling 하였다. 이때 ball bearing외륜의 파괴 하중을 구하기 위하여 roller를 시험편에 가압하여 공구동력계(Kistler9272)로 측정된 결과 압입 깊이 0.5mm, 압입하중 184 kgf에서 bearing외륜이 파괴 되었다. 따라서 bearing외륜의 파괴를 방지하고 효율적인 rolling을 위하여 rolling깊이를 0.4mm까지로 제한 하였다.

Fig. 4, 5, 6, 7은 rolling step이송량을 각각 2, 3, 4, 5mm로 하였을 때 각각의 Contact pressure에서의 표면 경도의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 Contact pressure가 증가할수록 경도가 증가되는 것을 볼 수 있으나 rolling step이송량의 변화에 의해서는 Contact pressure가 10~70kgf/mm²의 구간에서 경도 Hv 77~85의 영역을 벗어나지 않고 경도의 변화가 거의 없는 것을 알 수 있었다. Contact pressure 10~20kgf/mm²의 영역에서는 경도의 변화가 거의 없었으며 30kgf/mm²이상에서 부터 경도가 증가하기 시작하여 70kgf/mm²에서는 높은 경도를 갖고 있음을 알 수 있었다,

3-2. 접촉압력과 rolling speed가 표면거칠기에 미치는 영향

Fig. 8, 9, 10, 11은 rolling step을 각각 2, 3, 4,

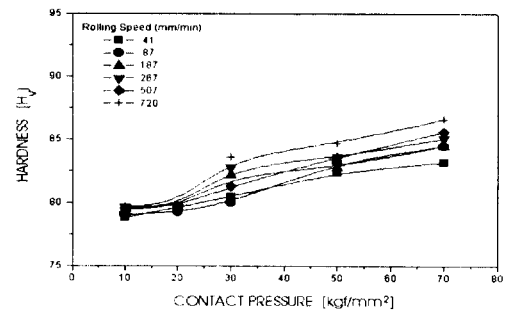


Fig. 4 Hardness vs. contact pressure (rolling step : 2mm)

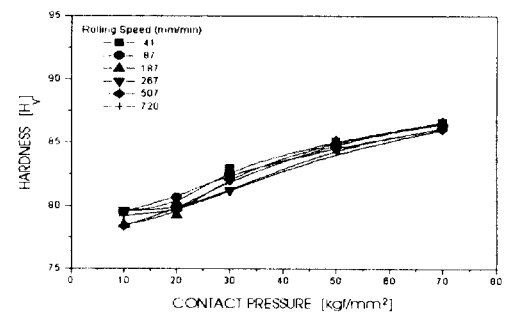


Fig. 5 Hardness vs. contact pressure (rolling step : 3mm)

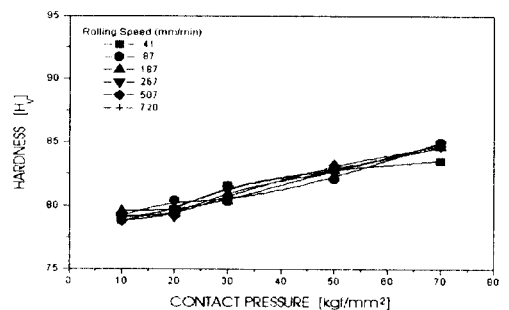


Fig. 6 Hardness vs. contact pressure (rolling step : 4mm)

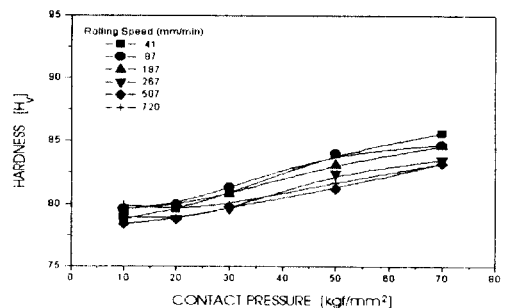


Fig. 7 Hardness vs. contact pressure (rolling step : 5mm)

5mm로 하였을 때 각각의 contact pressure와 rolling speed에서의 표면거칠기의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있는 바와같이 전체적으로 표면거칠기는 2~3 Rmax의 값을 나타내고 있다. Contact pressure가 증가할수록 표면거칠기가 조금 양호해지는 것을 볼 수 있으나, 대체적으로 비슷한 표면거칠기를 갖고 분포되어 있다. Rolling step이송량의 변화에 의해서는 표면거칠기의 변화가 거의 없는 것을 알 수 있다. 다음은 각각의 rolling 속도에서의 표면거칠기의 변화를 고찰해 보았다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 rolling 속도의 변화에 따른 표면거칠기의 변화는 거의 없는 것을 알 수 있었다. 따라서 생산성을 고려할 경우 rolling 속도 범위는 720mm/min로 하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 기준 시험편을 제작할 때 평면연삭을 행하여 표면거칠기를 4 Rmax로 가공하였음에 주목하면 이 실험을 통하여 표면거칠기가 Contact pressure와 rolling speed의 변화에 큰 영향을 받고 있지 않지만 전체적으로 2~3 Rmax로 향상되었음을 알 수 있었다.

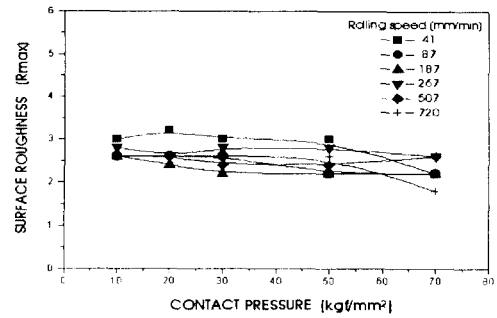


Fig. 10 Surface roughness vs. contact pressure (rolling step : 4mm)

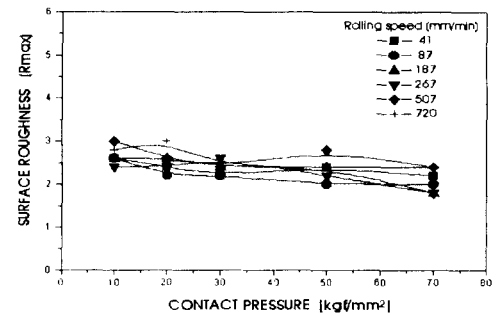


Fig. 11 Surface roughness vs. contact pressure (rolling step : 5mm)

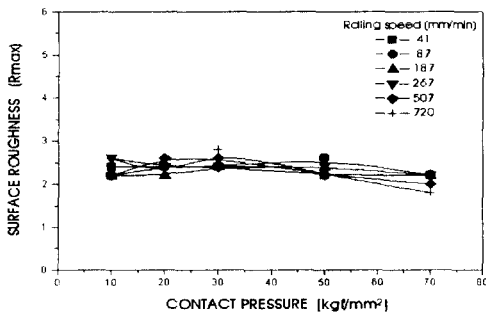


Fig. 8 Surface roughness vs. contact pressure (rolling step : 2mm)

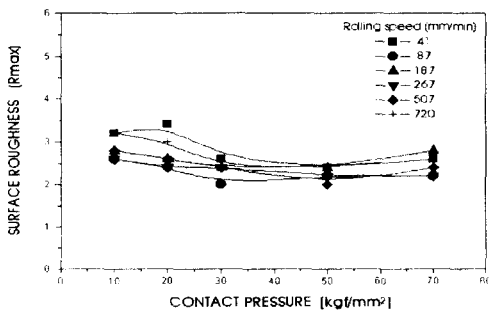


Fig. 9 Surface roughness vs. contact pressure (rolling step : 3mm)

3-3. 접촉압력과 rolling speed가 접촉하중에 미치는 영향

Fig. 12는 rolling step이송량을 5mm로 하였을 때 각각의 contact pressure와 rolling speed에서의 접촉하중을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 rolling 속도가 증가됨에 따라 접촉하중이 증가됨을 볼 수 있다. 또한 rolling 속도가 720mm/min으로 접근할수록 더욱 뚜렷한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 다음은 contact pressure가 접촉하중에 미치는 영향을 고찰한다. Rolling 속도가 41mm/min, 87mm/min, 187mm/min에서는 contact pressure의 변화가 접촉하중에 영향을 주지 않고 있지만 rolling 속도가 267mm/min, 507mm/min, 720mm/min에서는 contact pressure가 증가할수록 접촉하중이 커지고 있으며 속도가 높아질수록 비교적 급격히 증가하는 것을 볼 수 있었다.

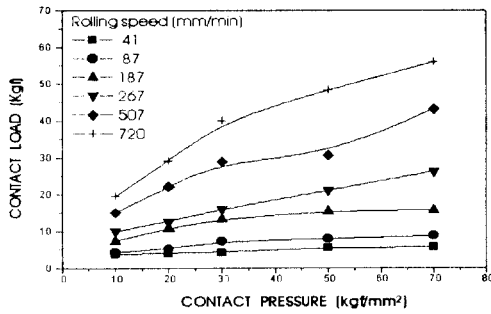


Fig. 12 Contact load vs. contact pressure (rolling step:5mm)

4. 결 론

본 연구에서는 평면 rolling에 일반적으로 사용되는 ball bearing의 외륜을 이용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Rolling 조건중 표면거칠기 및 경도의 변화에 미치는 영향이 가장 큰 것은 contact pressure이다.
2. Rolling 속도가 41mm/min, 87mm/min로 낮을 때에는 contact pressure에 상관없이 접촉하중에 미치는 영향은 거의 없고 rolling 속도가 점차적으로 증가하면 접촉하중은 더욱 커짐을 알 수 있었고 contact pressure가 커지면 비례적으로 더욱 증가함을 알 수 있었다.
3. 생산성과 효율을 고려한 최적 조건은 rolling 속도 720mm/min, contact pressure 20kgf/mm², rolling step 5mm 정도로 고려되어 진다.
4. 본 연구에서 얻은 결과를 프레스금형의 Punch 및 Die의 바닥면과 같이 내마모성이 요구되는 곳의 열처리 전가공으로 활용하면 수명의 증대를 가져올 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) Buhler,h., "Eigenspannungen in Pragepolierten Stahlstangen" Archiv Eisenhüttenwesen 8(1934), pp. 515-516
- (2) Gerlach,H., "Glattwalzdorn mit Hammerbewegung" W.u.M. 50(1960), pp. 207-208.
- (3) Kienzle,O.U., Gerlach,H., "Das Glattwalzen Kreiszyllindrischer und ebener Werkstücke aus GuBeisen" W.u.M. 51(1961), pp. 505-512.
- (4) Kienzle,O.U., Gerlach,H., " Glattwalzen Kre-

iszyllindrischer und ebener werkstücke aus GuBeisen" Werkstattstechnik. 51. No10, Oct. 1961.

- (5) Braslawski, V.M. "Surface Waviness in Roller Burnishing" M.a.T. 31(1960) 6, pp. 25-27.
- (6) Braslawski, V.M. "Roller Burnishing of Steel Components" M.a.T. 32(1961) 1, pp. 12-16.
- (7) 陸宏修, 이병호, "Burnishing에 對한 力學的 解析", 대한기계학회지, Vol.14, No.4, (1974), pp.335-344
- (8) 육광수,이용성,김윤재,이동주, "Effect of surface rolling on mild steel with ball bearing", Proceeding of 4th I.C.P.E., Tokyo, (1980), pp.1035-1040
- (9) 김희남, "표면 Rolling시 가공조건이 표면거칠기 및 경도에 미치는 영향에 관한 연구", 박사학위논문, 1987