

移送方向이 Surface Rolling 효과에 미치는 영향

朴 炳 星
機 械 科

〈要 約〉

Surface Rolling 은 加工表面의 정밀도를 높이고, 매끈한 다듬질면을 얻는 방법의 하나로서 切削함이 없 이 加壓 Rolling 에 의하여 경도를 向上시키는 塑性加工의 一種이다.

本 實驗에서는 加壓力을 조절할 수 있도록 Surface Rolling Tool 을 제작하여, 移送方向이 表面精密度에 미치는 영향을 究明하였다.

The Effect of Feeding Direction on Surface Rolling

Park Byung-Sung
Dept. of Mechanical Eng.

〈Abstract〉

Surface Rolling is a method of improving finish and dimensional accuracy and a work of hardening a Surface, by pressure Rolling without removing metal, that is, Surface Rolling is one of the plastic deformation Works.

In this experiment, the Surface Rolling Tool was made by author to investigate the aims of this Study.

And then the effect that the Feeding Direction in Surface Rolling gave on the Surface Roughness was investigated.

The results of this Study are as follows;

1. In Case the Cutting Feed and Rolling Feed are 0.10 mm/rev. respectively, and When Rolling is 2 times, Raciprocating Rolling is improved remarkably on the Surface Roughness than Forward Rolling.

2. When Rolling is 6 times, the Surface Roughness of Raciprocating Rolling is improved slightly than that of Forward Rolling.

I. 序 論

塑性加工法の 一種^{1),2)}인 Surface Rolling 과 Burnishing 은 加工物 表面에 경도가 높고 表面 거칠기가 양호한 工具를 加壓 移送시킴으로써 表面 거칠기가 良好하여지고 경도가 상승되는 비교적 간편한 精密工作法이다.

Surface Rolling 에 관한 최초의 研究는 1928年 독일에서 철도 車輪의 軸頸加工에 응용되었고, Radial Drilling Machine 의 Column 加工, Piston 핀의 구멍加工, 迫擊砲身의 内面加工 등에 이용되어 왔다.

本 研究는 加壓體로서 Ball Bearing 用 Ball 을 사용하며 加壓力을 조절할 수 있는 Surface Rolling Tool 을 제작하였고 권장되는 Roller 의 직경인 10

mm 직경에 근사한 $9.525 \text{ mm} \left(\frac{3}{8}''\right)$ Ball 로 Surface Rolling 을 하여 移送方向이 表面精密度에 미치는 영향을 究明하였다.

II. 實驗裝置 및 實驗方法

1. Surface Rolling Tool

(1) 加壓 Roller

加壓 Roller 는 表面의 精密度가 一定하고, 경도, 치수, 精密度 등이 특별히 우수하며, 가격이 저렴하고 입수용이한 Ball Bearing Ball³⁾을 사용하였다.

實驗에 사용한 Ball 은 직경 $9.525 \text{ mm} \left(\frac{3}{8}''\right)$ (한국 종합기계, Bearing(STB₂), 壓殺荷重 4,660 Kg, 球面경도 $H_R(60.5 \sim 64.0)$)을 사용하였다.

(2) 加壓 Spring

工作機械의 진동, 案内面의 불규칙 및 Ball 회전 에 따른 實際直徑值의 변동에 기인하는 加壓荷重의 불균일로 발생하는 충격으로부터 Surface Rolling Tool 및 실험기계를 보호하고 실험치의 정확을 기하기 위해 Coil Spring 을 사용하였으며, 加壓조정 Screw 를 부설하고, 加壓力 조정 Screw 의 이완에 따른 加壓力 측정범위의 이동 변화를 방지하도록

Spring Washer 와 Lock-Nut 를 두었다.

(3) 加壓感應部

感應部는 Ball Holder 를 使用하여 Ball 의 이탈을 방지하고, Ball Bearing 을 介在시켜서 Ball Bearing 의 Outer Race 外面과 加壓 Ball 을 접촉시킴으로써 마찰을 줄이고 試片에 加해 壓力이 Bearing 의 軸을 거쳐 전달되도록 하였다.

감응부의 材質은 Spring 鋼을 Quenching^{4),5),6)} 하여 사용하였으며, 감응부 측면에 Strain Gage 를 부착하여 전달되는 加壓力을 Amplifier 를 거쳐 X-Y Recorder 에서 變形率이 기록되도록 하였다.

Fig. 1. 은 本 實驗에 사용된 Surface Rolling Tool 이다.

2. Surface Rolling Tool 의 校正

兩側의 감응부에서, 左側의 감응부를 조정 Screw 를 조절하고 다음 右側 감응부를 조절하여 Strain 量이 같도록 한 다음, 선반의 Tool Post 에 裝着한 후 Table Vise 에 고정하여 引張試驗機(Tensilon, Cap 10 ton UTM-10, Baldwin, Japan)의 Table 위에 裝置하고 Compression Load Cell(CLB-5000 LF Cap, 5000 Kgf, Baldwin, Japan)이 裝着된 Cross Head 를 一定한 速度(0.5 mm/min)로 하강시켜 Surface Rolling Tool 의 감응부에서 일어나는 加

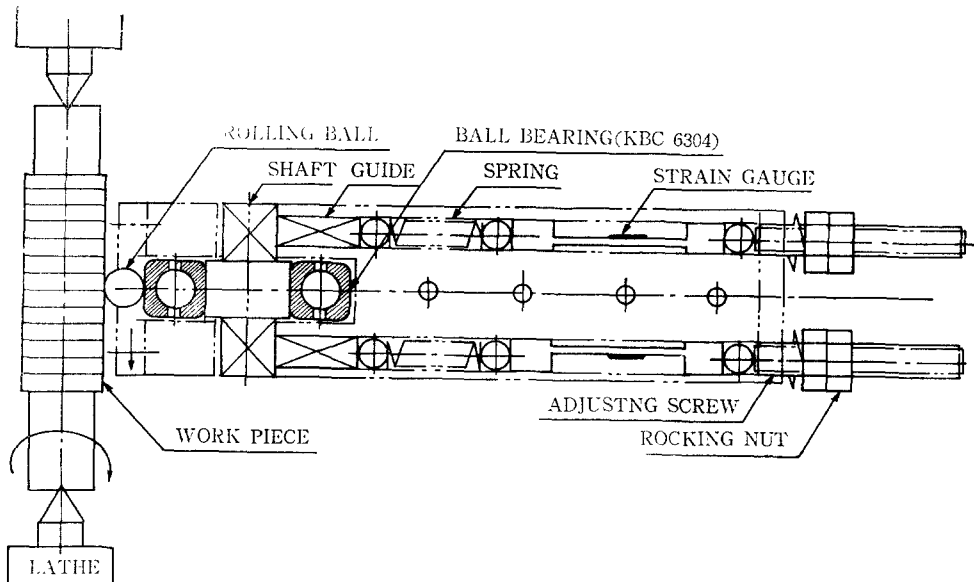


Fig. 1. Surface Rolling Tool.

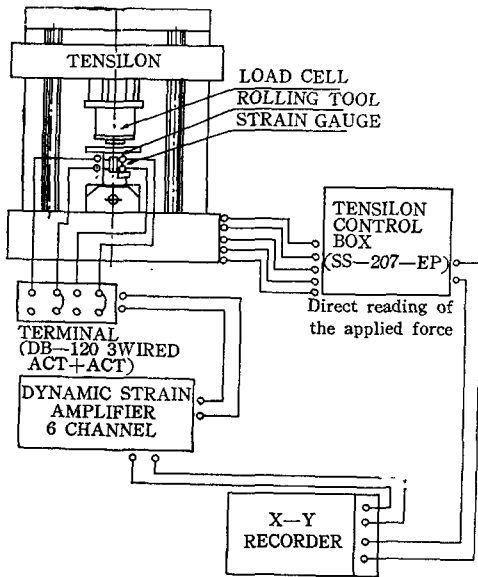


Fig. 2. Schematic Diagram of Measuring System for Surface Rolling Tool.

壓력과와의 관계를 X-Y Recorder(Watanabe, WX 4403, Japan)를 사용하여 加壓力에 따르는 基準表를 作成하였다.

Fig. 2. 는 Calibration Diagram 을 표시한 것이다.

3. 試片製作

(1) 試片의 材質

본 실험에 사용한 試片의 材料는 機械構造用 炭素鋼 중에서 SM 40 C 를 選定하였다.

이 材料의 신뢰성을 기하기 위해서 化學的 成分分析을 했으며 機械的 性질은 引張試驗과 硬度試驗을 실시하였다.

그 결과는 Table 1, 2와 같으며 이 값들은 KS 규격(KSD 3752)과 일치하였다.

Table 1. Mechanical Property of Specimen

Mechanical Property			
Yielding Point (Kgf/mm)	Tensile Strength (Kgf/mm)	Elongation (50mm. %)	Hardness ($H_R B$)
40.78 399.644 (MPa)	73.61 721.378 (MPa)	25.9	91.8

Table 2. Chemical Composition of Specimen

Chemical Composition (%)				
C	Mn	Si	P	S
0.4258	0.7582	0.2429	0.0207	0.0172

(2) 試片製作

試片은 Fig. 3과 같으며 加工된 試片의 各部分의 측정치는 Table 3과 같다. 시편의 사진은 Fig. 4와 같다.

試片은 좌로부터 Surface Rolling 을 실시하지

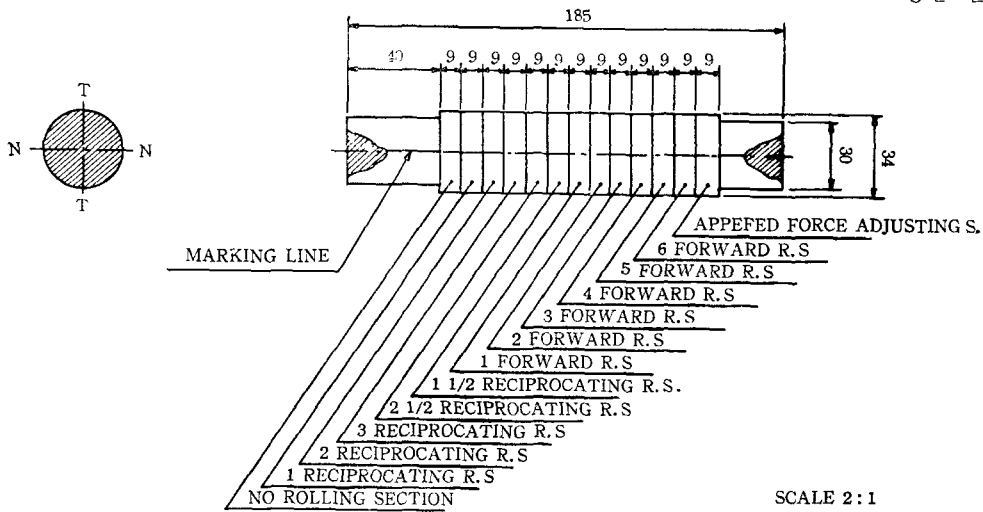


Fig. 3. Specimen and Number of Rolling.

Table 3. Specification of Specimen.

(Diameter mm)

Number of Specimen	Measuring Postion												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	34.000	33.998	33.998	33.998	33.997	33.996	33.996	33.995	33.995	33.995	33.995	33.995	33.996
B	34.017	34.017	34.016	34.015	34.014	34.014	34.014	34.013	34.013	34.012	34.013	34.014	34.015
C	34.022	34.021	34.021	34.020	34.019	34.019	34.018	34.018	34.018	34.018	34.019	34.018	34.022

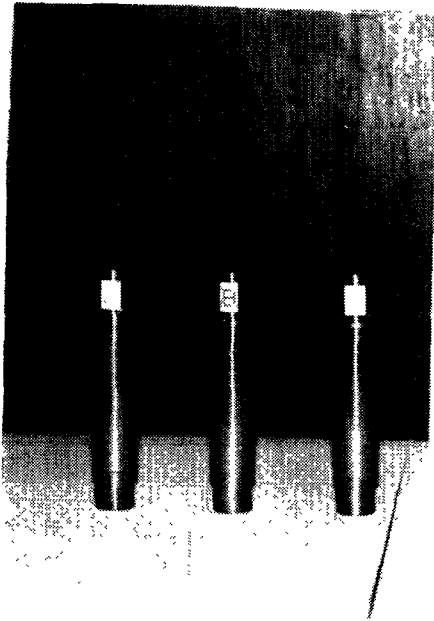


Fig. 4. Specimen

얇은 1개의 부분, 왕복 Rolling 을 한 5개의 부분, 한 방향으로 Rolling 을 한 6개의 부분 및 가압력을 조정하는 총 13개의 부분으로 구분하여 표면거칠기의 변화를 비교하였으며 Rolling 회수가 각각 상이한 상태로 보존되고 재측정도 가능하도록 하였다.

시험의 제작에 있어서는 각 시험의 표면거칠기를 가능한 한 일정하게 하기 위하여 직경 31 mm 까지 荒削加工을 한 후 다음과 같은 切削條件下에서 切削油를 사용하면서 Finishing 加工을 하였다.

切削速度^{7), 8), 9)} : 149.54 m/min.

移送速度 : 0.1 mm/rev. 0.21 mm/rev.

切削깊이 : 0.5 mm

(4) 시험의 測定

各 시험의 Shank 部에 Fig.3과 같이 N 方向으로 Marking 하고 測定部位의 정확을 기하기 위해 表

面거칠기는 Marking Line 延長線上에서 各 部位의 中央을 中心으로 측정하였다.

表面거칠기를 찍은 사진은 Fig.5.와 같다.



Fig. 5. Roughness Measuring

III. 實 驗

1. 공작條件

(1) Rolling Speed

Rolling Speed 는 권장속도^{10), 11)}(21.186~46.123 m/min)을 참고하여 본 실험에 사용한 선반의 사용 가능 회전수 300 rpm 을 택하였으며 이는 Rolling Speed 32.04 m/min(ϕ 34 mm)가 된다.

(2) 移送속도

移送속도는 0.10 mm/rev. 0.21 mm/rev. 을 택하였으며 각 시험의 전 가공시의 절삭조건과 Rolling

Table 4. Working Condition

Material SM 40C

Number of Specimen	Cutting feed (mm/rev.)	Rolling feed (mm/rev.)
A	0.10	0.10
B	0.10	0.21
C	0.21	0.10

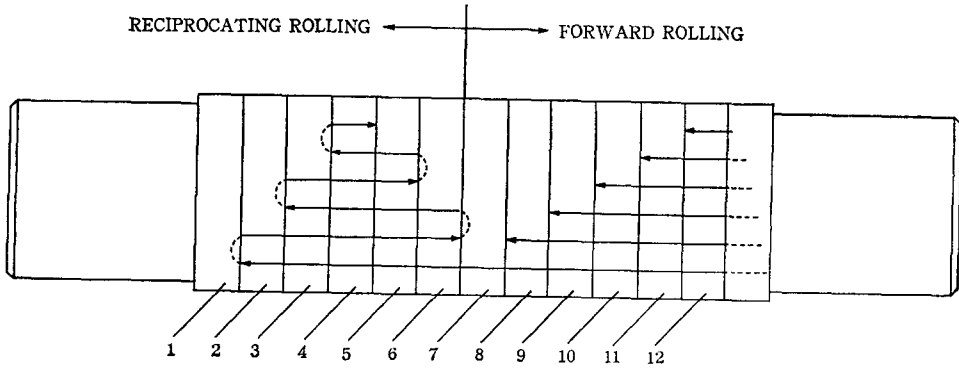


Fig. 6. Rolling Method and Measuring Position.

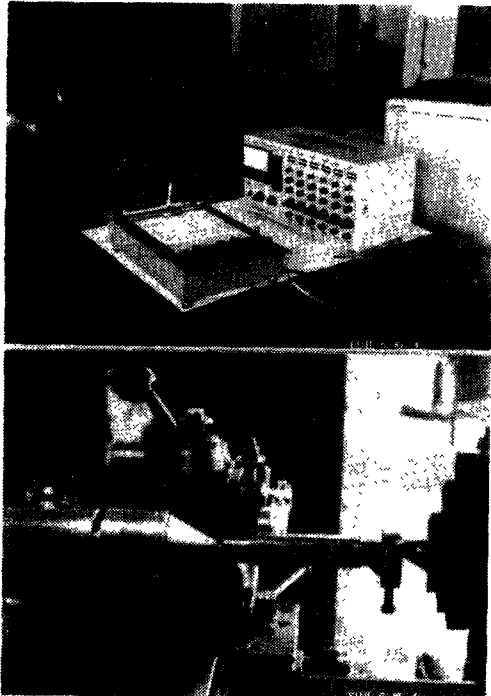


Fig. 7. Rolling Operation

조건을 Table 4.에 표시하였다.

(3) 加壓力

가압제인 Steel Ball의 직경이 9.525 mm 일 때 적정가압력 20 Kgf¹²⁾을 택하였다

2. 實驗方法

試片을 Fig. 3.과 같이 등간격으로 열세개의 부

분으로 나누고 우측 끝부분에는 Rolling 을 행할 때 가압력 20 Kgf 을 정확하게 조정할 수 있도록 가압력 조정 부분을 두었다. 즉 좌측에서 첫번째는 No Rolling Section 으로 Rolling 을 아니한 전 가공 부분이고 2nd Section 부터 6th Section까지는 왕복 Rolling 을 한 부분이며 7th Section 부터 12th Section까지는 한 방향으로 Rolling 을 반복 실시한 부분이다.

Surface Rolling 작업은 선반에 Center 를 사용하여 시편을 회전시키고 Rolling Tool 을 시편의 맨 우측 부분인 Applied Force Adjusting Section 에 가압시키되 Rolling Tool 의 Calibration 할 때 [작성한 도표를 기준하여 X-Y Recorder 에 20Kgf 의 가압력에 상당하는 Strain 의 변화량만큼 선반의 Cross Feed Handle 을 돌려 가압한 후 Rolling Tool 을 자동 이송시켜서 Rolling 하였다. 매 Rolling 마다 20Kgf에 상당하는 Strain 량을 Amplifier 를 거쳐 X-Y Recorder 에 기록되게 하였다.

이와같이 Rolling 은 Applied Force Adjusting Section 에서 가압력을 조절한 후 Fig. 6.와 같이 Rolling 을 실시하였으며 맨 좌측의 No Rolling Section 은 선삭한 전 가공의 상태가 그대로 유지되며 Rolling 한 후의 각 시편 부분의 표면거칠기 변화를 측정하였으며 Fig. 7.은 Surface Rolling 작업을 보여 주는 과정이다.

IV. 實驗結果 및 考察

1. 實驗結果

각 試片의 표면거칠기에 대한 Rolling 전의 측정

Table 5. Surface Roughness

Number of Specimen	Rolling	Measuring Position											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		($\mu\text{m } R_a$)											
A	Before	1.40	1.30	1.40	1.30	1.40	1.30	1.30	1.30	1.20	1.30	1.30	1.30
	After	1.40	0.08	0.07	0.07	0.09	0.15	0.20	0.16	0.14	0.12	0.08	0.10
B	Before	1.40	1.30	1.40	1.30	1.40	1.40	1.30	1.40	1.30	1.40	1.40	1.30
	After	1.40	0.25	0.23	0.13	0.21	0.27	0.30	0.27	0.24	0.20	0.20	0.21
C	Before	2.70	2.50	2.60	2.60	2.70	2.60	2.50	2.60	2.60	2.70	2.60	2.50
	After	2.70	0.13	0.10	0.09	0.12	0.14	0.30	0.17	0.12	0.10	0.11	0.09

Table 6. Surface Roughness

Number of Specimen	Cutting Feed (mm/rev.)	Rolling Feed (mm/rev.)	Rolling Direction	Number of Rolling						
				0	1	2	3	4	5	6
				($\mu\text{m } R_a$)						
A	0.10	0.10	Forward	1.4	0.2	0.16	0.14	0.12	0.08	0.10
			Reciprocating	1.4	0.2	0.08	0.15	0.07	0.09	0.07
B	0.10	0.21	Forward	1.40	0.30	0.27	0.24	0.20	0.20	0.21
			Reciprocating	1.40	0.30	0.25	0.27	0.23	0.21	0.13
C	0.21	0.10	Forward	2.70	0.30	0.17	0.12	0.10	0.11	0.09
			Reciprocating	2.70	0.30	0.13	0.14	0.10	0.12	2.09

값과 Rolling 후의 측정값을 Table 5.에 나타내었으며, Table 6.에는 왕복 Rolling 과 한방향 Rolling 과의 측정값을 비교하였다.

2. Rolling 의 移送方向에 따른 표면거칠기의 변화

(1) Cutting Feed, Rolling Feed 가 0.10 mm/rev. 일 경우

Forward Rolling 의 표면거칠기(R_a)가 Rolling 전 1.4 μm 에서 6회 Rolling 때 0.10 μm 으로 향상되었고, Raciprocating Rolling 은 0.07 μm 으로 향상되었으나 Raciprocating Rolling 을 실시한 1 $\frac{1}{2}$ 회, 2 $\frac{1}{2}$ 회 Rolling 에서는 표면거칠기(R_a)가 감소되었다.

이것은 Surface Rolling 에 있어서 1 $\frac{1}{2}$ 회 2 $\frac{1}{2}$ 회 Raciprocating Rolling 을 실시하면 Rolling 이 공작물 표면에 균일하게 이루어지지 않기 때문에 바람직한 결과를 얻지 못하여 부적당한 것으로 나타났다(Fig. 8. 참조).

(2) Cutting Feed 0.10 mm/rev. Rolling Feed

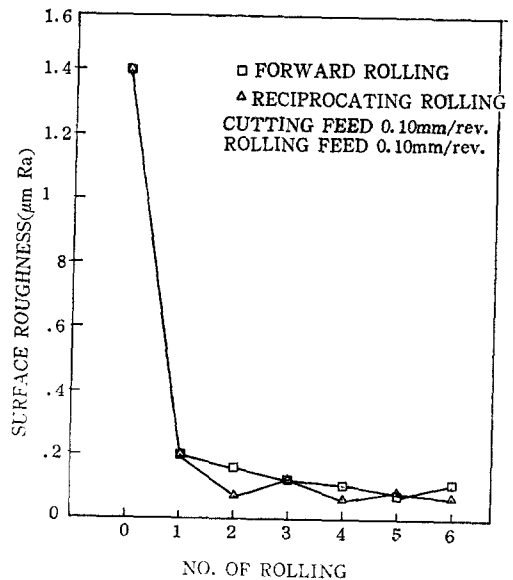


Fig. 8. Surface Roughness Variation & No. of Rolling

가 0.21 mm/rev 일 경우

Forward Rolling 의 표면거칠기(R_s)가 Rolling 전 1.4 μm 에서 6회 Rolling 때 0.21 μm 으로 향상되었고 Reciprocating Rolling 은 0.13 μm 으로 향상되었으나, 1 $\frac{1}{2}$ 회, 2 $\frac{1}{2}$ 회 Rolling 에서는 표면거칠기(R_s)가 더 감소되었다(Fig. 9. 참조).

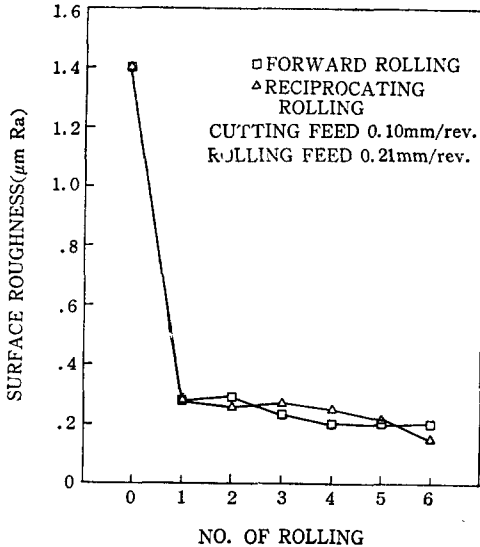


Fig. 9. Surface Roughness Variation & No. of Rolling.

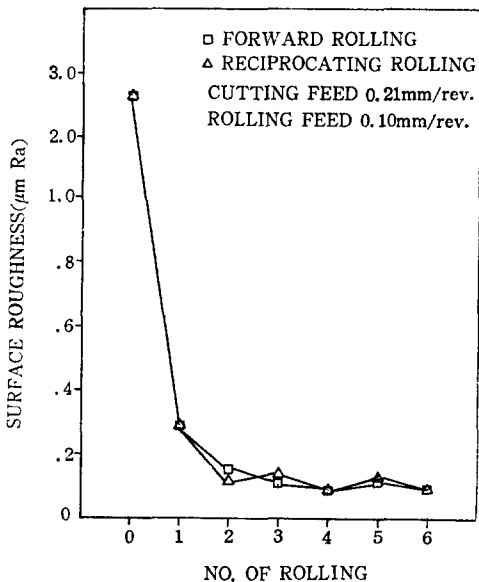


Fig. 10. Surface Roughness Variation & No. of Rolling.

(3) Cutting Feed 0.21 mm/rev. Rolling Feed 0.10 mm/rev. 일 경우

Forward Rolling 의 표면거칠기(R_s)는 Rolling 전 2.7 μm 에서 6회 Rolling 때 0.09 μm 으로 향상되었고 Reciprocating Rolling 은 0.09 μm 으로 향상되었으나, 1 $\frac{1}{2}$ 회 2 $\frac{1}{2}$ 회 Rolling 에서는 표면거칠기(R_s)가 감소되었다(Fig. 10. 참조).

V. 結 論

Surface Rolling 時 Rolling 방향을 동일 방향으로 시행할 때와 왕복 Rolling 을 하였을 때의 결과는 다음과 같다.

1. Cutting Feed, Rolling Feed 가 0.10 mm/rev. 일 경우, 2회 Rolling 時 Reciprocating Rolling 이 Forward Rolling 보다 표면거칠기가 현저하게 향상된다.

2. 6회 Rolling 時 표면거칠기(R_s)는 Reciprocating Rolling 한 것이 Forward Rolling 에 비해서 미소량 더 좋아진다.

References

- 1) 隈部淳一郎, 「機械工作法 表面加工(下)」, 東京: 實教出版, pp. 897~898, 1980.
- 2) 日本材料學會編, 「塑性加工學」, 東京: 養賢堂, pp. 3~4, 1974.
- 3) Donald F. Wilcock, E. Richard Booser, BEARING DESIGN AND APPLICATION, N. Y.: McGraw-Hill Book Co., 1957, pp. 6~7.
- 4) 「KSO 3701 Spring Steel」, 서울: 한국공업표준협회, 1980, p. 9.
- 5) 「특수강」, 창원: 한국종합특수강주식회사, 1978, pp. 148~158.
- 6) 曹東雲, 「機械工學便覽」, 서울: 大光書林, 1976, pp. 5~27.
- 7) 藤材善雄, 「實用切削加工法」, 東京: 共立出版, 1980, p. 198.
- 8) 杉田稔, 「治口, 工口, 取付具」, 東京: 日刊工業新聞社, 1974, p. 255.
- 9) 尾崎肖太郎, 李奉珍, MACHING DATA HAND Book, 서울: KAIST, 1981, pp. 15~80.
- 10) Data Hand Book, Machining Data Center,

2nd., 1972. p.435.

11) Metals Hand Book, Ohio: American Society
for Metals Vol. 3 8thed, 1967, p.106.

12) 関康和, 「軟鋼에서의 Surface Rolling 의 加壓
力과 表面精密度와의 關係」, 仁荷大學院, 碩士學
位論文, 1982, p.26.