

압연기용 Roll 의 동건부(Chamfer=Barrel Edge)에서의 응력집중의 완화 대책
 Analysis on contact stress concentration at the end of strip mill rolls

(株)日本製鋼所 室蘭製作所
 小野 信市 (ONO SHINICHI)

SUMMARY

In order to investigate the effects of geometry factors such as a roll diameter ratio and backup roll crown on the stress concentration factor on the edge of backup roll end, 3-dimensional FEM analyses of stress at the contact of backup roll and work roll assembled in a 4-high strip mill were carried out. It was made clear that the peak stress at the edge is about 2 to 3 times of that at the longitudinal center of the roll barrel and the peak stress proportionally increase with decreasing the ratio of backup roll diameter to work roll diameter. Furthermore a crowning on the backup roll is effective to decrease the maximum edge stress.

Key word: Finite Element Method, Stress Concentration, Edge of Roll End, Geometry Factor, Ratio of Roll Diameter, Backup Roll Crown

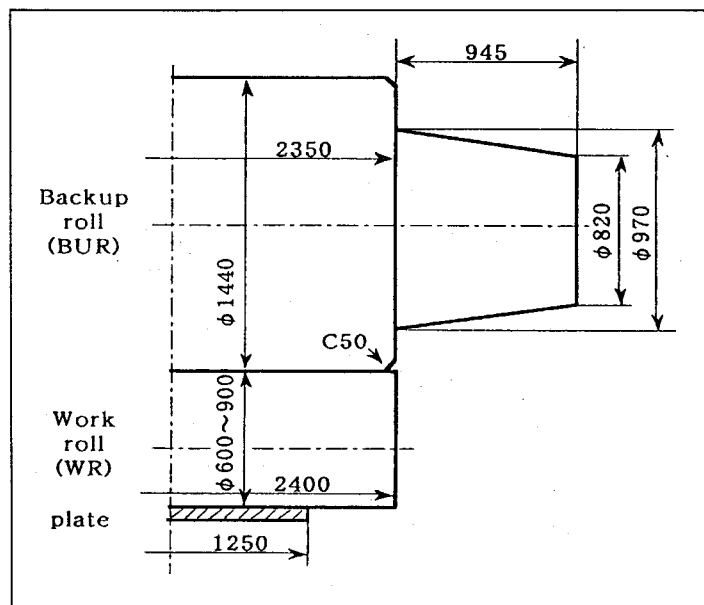
1. 서론

4 단 압연기에서 BUR의 Chamfer 부에는 WR과의 접촉에 의해 과도한 응력이 발생하는 경우가 있다. 이와 같은 응력의 집중발생으로 인해 국소적인 마모나 대규모적인 Chamfer 결손 사고의 방지는 효과적으로 Roll을 운용하는데 있어 큰 과제가 되고 있다. 그 대책으로서 BUR의 Chamfer가공(면취, Taper가공 또는 크게 R가공)을 하고 있으나 모든 방법이 시행착오적으로 실행되고 있으며, 그 부분의 형상이 정상적으로 얼마가 최적인 것인지 정해져 있지 않다.

본 연구에서는 BUR의 Chamfer 부에 발생하는 응력집중도에 영향을 끼치는 동부직경비율과 크라운량등의 형상인자의 영향을 분명하게 밝히는 것에 목적이 있으며, BUR과 WR간 접촉응력의 3차원 FEM 해석을 시판 범용 프로그램인 자동접촉처리기능을 이용 하였다.

2. 해석조건

해석의 대상으로 삼은 4 단 압연기의 형상은 그림 1 과 같고, 해석조건은 표 1 과 같다.



(그림 1) 해석의 대상으로 삼은 4 단 압연기 형상

BUR의 직경은 $\phi 1440$ mm로 고정하고, WR의 직경은 $\phi 600 \sim \phi 900$ mm의 범위에서 변화시킴에 따라 양쪽 Roll의 직경비가 접촉 응력에 미치는 영향을 조사했다.

또한, Roll의 동부에 부여된 Initial Crown의 영향을 조사하기 위해 BUR의 직경에 대해 주어지는 Crown량을 변화시켰다.

그림 2는 본 해석에 있어서의 요소분할도와 변위 및 하중의 경계조건을 나타낸 것이다.

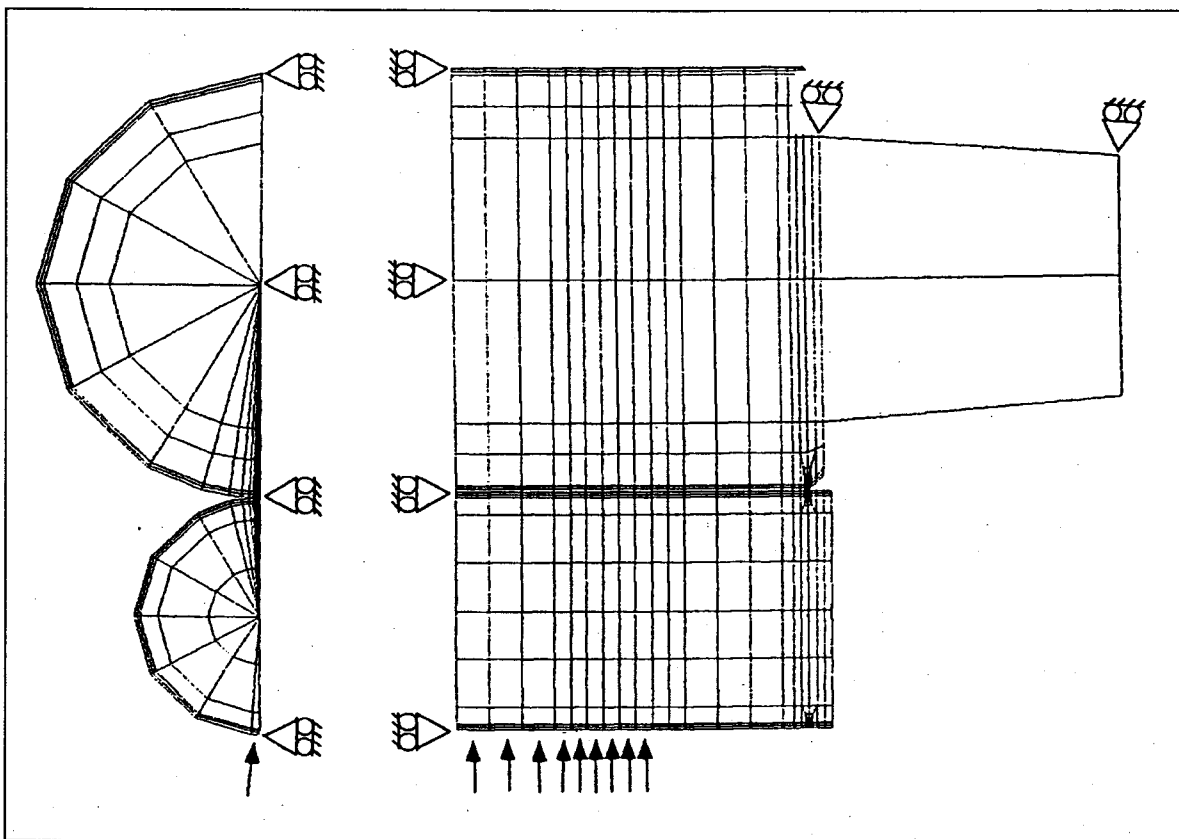
요소타입은 8절점입체요소로써 Chamfer의 최소요소는 1변이 1.5mm이다.

본 해석에서는 범용 프로그램의 자동접촉 처리기능을 이용했지만, 절점좌표에 따라 접촉판정을 하기 위해 접촉으로 간주되는 2절점간의 거리에 대해 최적화를 꾀할 필요가 있다. 그래서 본 연구에서는 미리 2차원 문제에서의 Hz 해석과 FEM 해석의 정합을 구했다.

그 결과 접촉이라고 간주되는 절점간 거리를 최소요소 Size의 약 1/200인 0.01mm로 설정하였다. 또한 본 해석과 같은 자동접촉처리기능을 사용하여 해석의 정밀도를 확보하기 위해서는 하중을 더해가는 방법의 연구가 중요한데, 여기에서는 Step별 하중증가분을 약 2Mpa로 작게 하는 것으로 대응하였다.

Material properties	Young's modulus (GPa)	WR	245.2
		BUR	205.9
	Poisson's ratio	0.33	
Rolling load (N)		Max. 2.942×10^7	
Work roll (mm)		$\phi 600 \sim 900 \times 2400L$	
Backup roll (mm)		$\phi 1440 \times 2350L$	
BUR crown (μm)		0.5, 100, 200, 300	
Dia. of WR (mm)		600, 700, 800, 900	
Friction coefficient		$\mu = 0.05$	

그림 1



(그림 2) 요소분할과 경계조건

3. 해석결과와 고찰

그림 3 과 그림 4 는 최대압연하중을 작용시켜 WR 경을 변화시켰을 경우의 BUR의 접촉면에 대한 압하 방향변위와 상당응력의 축 방향 분포를 각각 나타낸 것이다.

양쪽 다 Roll Crown 없이 한 것인데, 2 원통접촉의 Hz 해석과 같이 WR 경이 커지면 축 방향 중심부의 응력치는 작아지고 있다.

그러나 압연판재의 폭을 경계로 하여 그 경향은 반전되어 Roll 경이 커질수록 상당 응력도 증가하는 경향이 있다.

또한 Chamfer 부에서의 응력집중은 대단히 현저하였고 그 최대치는 중심부의 값의 2~3 배로 컸다.

이와 같은 Chamfer 부의 최대응력과 Roll 경 비율의 관계를 압연하중별로 나타낸 것이 그림 5 이다.

이 그림에서의 WR의 경이 작아지고 Roll 경비가 커질수록 Chamfer 부의 최대응력치가 직선적으로 감소하는 것이라든지, Roll 경비가 커질수록 하중증가에 의한 응력증가가 작아진다는 것이 명료하게 되었다.

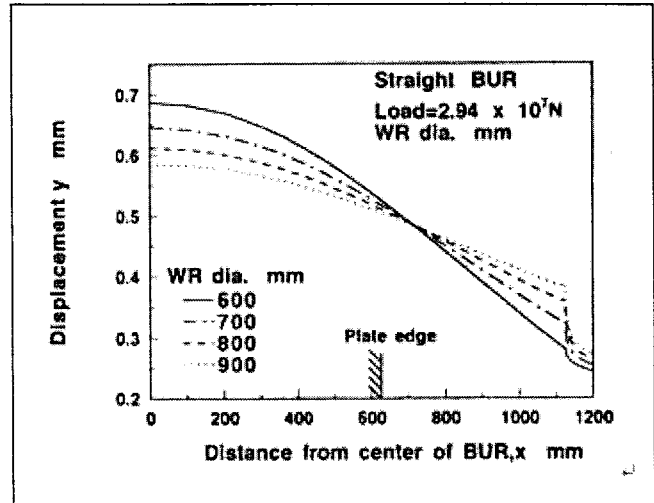
이와 같은 동향은 WR의 강성 저하로 인한 휨이 증가하여 Chamfer 부의 접촉응력이 저하되는 것이 원인이라고 생각되어 진다. 그림 6 은 WR 경을 $\phi 800\text{mm}$ 로 고정하고 BUR의 크라운량을 변화시켰을 경우 접촉면에서의 상당응력의 축방향 분포를 나타낸 것이다.

압연하중은 앞에서 말한 그림 3 과 같으나 이 그림을 보면 BUR의 크라운 량을 증가시키면 응력 Level이 크라운이 없을 때 보다 높은 영역이 확대되어 있는 것이 특징 적이다.

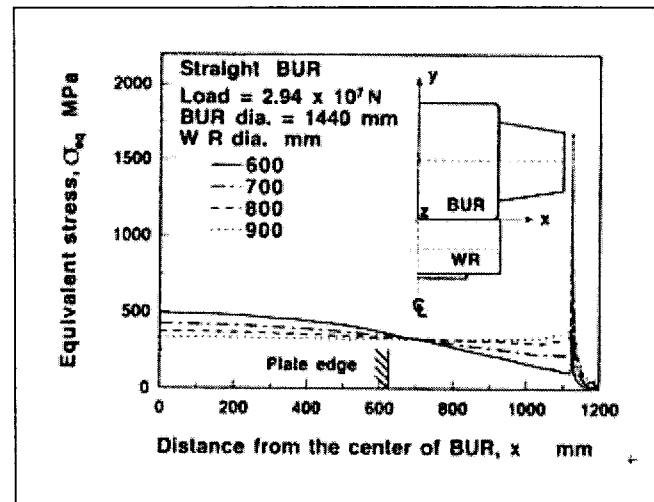
이것은 크라운량증가에 의한 접촉면적의 감소가 주 요인 인 것이다. 한편, Chamfer 부에서는 높은 응력집중도 여전히 생기고 있으며, 크라운부여에 의한 대폭적 응력저하는 이와 같은 조건에서는 기대 할 수 없는 것이다.

그림 7 은 Chamfer 부의 최대응력에 미치는 크라운의 영향을 한층 더 상세하게 압연 하중 별로 본 것이다.

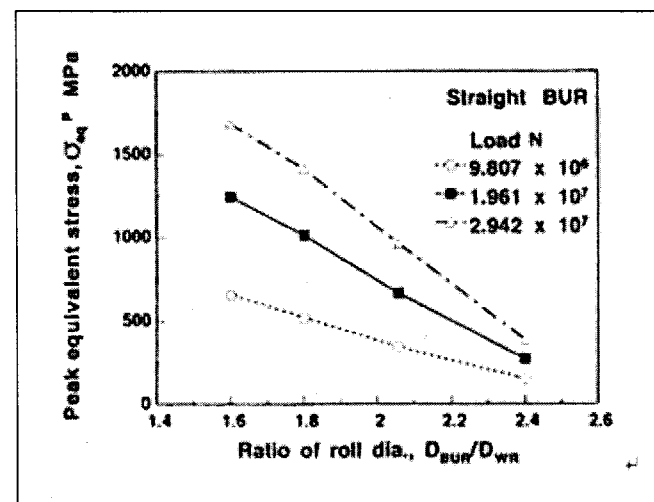
이 그림에서는 어떤 하중에서도 BUR의



(그림 3) BUR 접촉면에 대한 압하 방향변위의 축방향분포



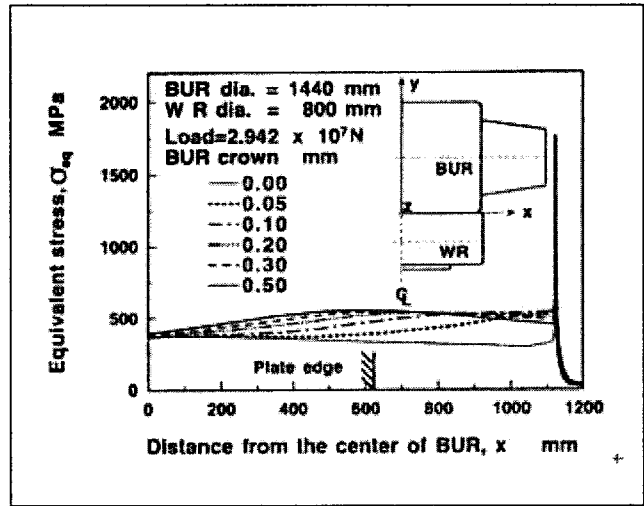
(그림 4) BUR 접촉면에 대한 상당압력의 축방향분포



(그림 5) Chamfer 부 Peak 응력에 미치는 Roll 경비의 경향

크라운량이 아주 작은 영역에서는 오히려 응력이 급격히 증가하는 경향을 알 수 있다. 더욱이 크라운량을 증가시키면 응력은 감소하는 경향을 나타내고 있으나 그 구배는 완만하게 나타난다.

이와 같은 현상은 크라운 부여에 수반되는 상반하는 두 가지 효과, 즉, 접촉면적 감소에 의한 응력증대 효과와 힘을 억제 함으로써 접촉완화효과의 균형에 의해 나타나는 것이라고 생각되나 Roll 경과 같은 인자를 가미해서 더욱 상세한 검토가 필요한 것이라고 생각한다.



(그림 6) BUR 크라운량에 의한 접촉응력분포의 변화

4. 결론

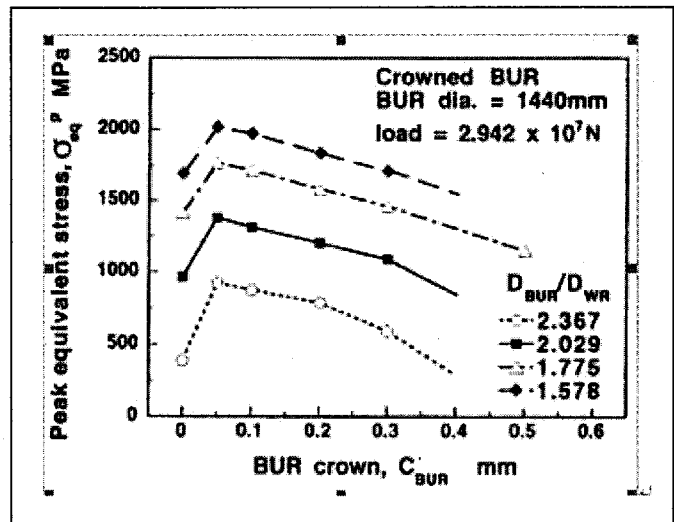
4 단 압연기의 BUR의 Chamfer 부에 발생하는 응력 집중도에 미치는 각종 형상인자의 영향을 시판범용 프로그램의 자동접촉 처리기능을 이용하여 해석했다. 그 결과 BUR의 Chamfer 부에는 중앙부의 2~3 배가 넘는 대단히 큰 응력집중이 발생한다는 것을 알았다.

또한, 그 값은 BUR 경과 WR 경의 비가 작아지기에 즉 WR의 경이 증가함에 따라 커지는 경향이 있어 일반적인 Hz 해석이라는 것은 반대경향을 나타내는 것이라는 것도 확실해졌다.

더욱이 BUR의 동부의 크라운의 증가에 의한 Chamfer 부의 응력집중의 완화효과가

인정되는 것도 본 해석의 조건에 있어서 대단히 큰 크라운 량이 필요하다는 것이 판명 되었다.

본 해석에서는 Chamfer 부를 면취 가공한 형상의 BUR 만을 대상으로 하였으나 Taper 나 큰 원호 형상 같은 경우에도 같은 조건에서의 해석을 함으로써 보다 최적의 BUR Chamfer 부 형상을 설계 할 수 있다고 생각한다.



(그림 7) BUR 크라운량의 Chamfer 부 Peak 응력에 미치는 경향