

(114)

ロールの弾塑性熱応力解析

連続鋳造設備のロールについて (第2報)

日立造船 技術研究所 工博 渡辺精三 工博 山本昌彦 大西邦彦

長井邦雄 衣川光宏 橋本俊栄 ○藤原裕彦

1. 緒言 連続鋳造設備のロールに発生する応力は、温度が円周方向、半径方向、および、軸方向に変化しているため、3次元問題となる。さらに、スラブとの接触点近傍では降伏応力をはるかに越えるような応力が発生するため、塑性域まで考慮した応力解析が必要となる。これらのことから、3次元弾性応力計算、および、塑性域まで考慮した弾性応力計算を行なった。

2. 解析方法 3次元弾性熱応力計算には有限要素法¹⁾による。すなわち、有限要素への分割は最も自由な4面体要素を用い、変位法にて解く方法である。変位仮定は要素の細分にもなって、正解への収束を保証する3つの条件(Ⅰ)全ての剛体変位を含むこと、(Ⅱ)要素内で一定な応力の項を含むこと、(Ⅲ)要素間で変位が連続であること。)を満足する1次関数を用い、多元連立1次方程式の解法はユニット分割法によった。弾塑性熱応力計算は塑性域まで考慮した梁理論により求めた。弾塑性熱応力計算は、ロール回転による各部の温度変化に対する降伏と残留応力を考慮しつつ、刻々の応力とひずみの変動を追跡していく方法である。

3. 解析結果

(Ⅰ) 3次元弾性熱応力計算 ロールの温度実測値(準定常状態)を用いて、上記の方法にて計算を行なった。3方向の応力のうちで軸方向の応力が最大であった。

(Ⅱ) 弾塑性熱応力の計算 前報の計算方法にて得られたロール(外径450mmφ、内径350mmφ)温度分布を用いて、上記の方法にて計算した。ロールの始動後降伏応力と残留応力の影響を含みながら、数回転後の準定常状態でのロールの弾塑性応力サイクル計算結果が図1である。なお、材料の降伏応力は30kg/mm²とした。図1をロール表面から各深さの位置での応力-ひずみサイクルで整理すると図2となる。表面近くでは応力とひずみの関係はループを描き、表面に近いほどループの幅が大きく、大きな塑性変形仕事を受けている。しかし、ループを描く領域は表面近くに限られ、約5mmほど中に入るとループを描かなくなる。また、運転停止時には、こうした表面層が塑性域に達して回転しているロールが、運転停止により全体が常温になると大きな残留応力と残留ひずみを残す。

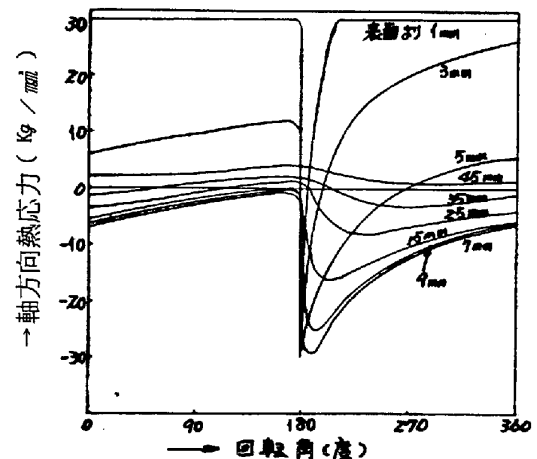


図1 ロールの弾塑性応力サイクル計算結果

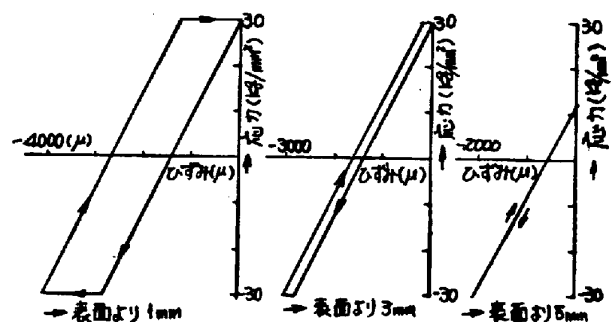


図2 ロールの応力-ひずみサイクル計算例

文献1) O.C.ZIENKIEWICZ and Y.K.CHEUNG, "The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics", McGRAW-HILL, 1967
 文献2) TIMOSHENKO and GOODIER, "Theory of Elasticity", McGRAW-HILL, 1951