

東北大学 金属材料研究所 ○池田圭介 鈴木善彦
 (株)住友製鋼所 技術研究所 角南英八郎 江口豊明

1 緒言

平線圧延の利点は、伸線加工との組合せにより、強度、板幅／板厚比が広範に変化できることにあるが、硬鋼線のように延性が余り大きいとは言えない材料では、端面割れによって取り得る最大の板幅／板厚比に制限を受ける。平線圧延加工性を評価する適切な試験法が模索されているが、現在のところ確立された方法は見当らない。引張試験の絞り値が比較的良い対応を示すとの報告もあるが、それもある限定された条件範囲内のことであって、特に炭素量の多い硬鋼線に対しては余り有効ではないとの結果が得られている。そこで硬鋼線の平線圧延加工性試験法確立のための基礎資料を得るべく、端面における変形状態と割れ発生との関係について検討を行なった。

2 実験方法

供試材は SWRCH18A, SWRCH35K, SWRH62A, SWRS62B の4鋼種で、5.5 mm ϕ および9.5 mm ϕ 熱間圧延線材をパテンティング処理後、最大87%の伸線加工を施し、平線圧延を行なった。平線圧延にはロール径125 mm ϕ の2段圧延機を使用し、1パス圧下率を20および30%とした。潤滑剤は特に使用せず、ケロシン油を塗布する程度にとどめた。

3 実験結果

平線圧延材の円弧状端面張出し幅 a と圧延前の線径 d_0 との比、 a/d_0 は伸線加工度に依存し、加工度が大きい程小さくなる。また側面部分が圧延時に圧延面に回り込む folding も伸線加工度の増加とともに大きくなる。伸線加工材の folding 量が大きく、 a/d_0 が小さくなるという結果は端面部における圧延方向伸び歪増分 $d\epsilon_z$ と板厚方向圧縮歪増分 $d\epsilon_\theta$ の比、 $d\epsilon_z/d\epsilon_\theta$ がパテンティング処理のまま平線圧延を行なった場合よりも大きいことを予想させる。実際に端面における歪を測定してみると、パテンティング処理のままでは $d\epsilon_z/d\epsilon_\theta$ が2より小さい値であるのに対し、SWRH62A, SWRS82Bの伸線加工材の歪増分比は2ないしは2より若干大きな値を示した。 $d\epsilon_z/d\epsilon_\theta = 2$ の歪増分比は単軸引張変形における歪増分比と同一であるから、歪増分比が2前後の平線圧延における端面部の変形は単軸引張変形に近似される。また $d\epsilon_z/d\epsilon_\theta = 2$ の歪増分比は最大せん断応力面が変化する境界値でもある。 $d\epsilon_z/d\epsilon_\theta < 2$ では、最大せん断応力面は圧延方向と板厚方向を含む面に垂直かつ圧延方向と $\pi/4$ の角度をなす面となる。一方 $d\epsilon_z/d\epsilon_\theta > 2$ では、圧延方向と幅方向を含む面に垂直かつ圧延方向から幅方向に $\pi/4$ 傾いた面となる。パテンティング処理のまま平線圧延したものは端面上で圧延方向に対して $\pi/4$ 傾いた破面を呈し、他方高炭素鋼伸線材を平線圧延すると、破面は端面上で圧延方向に直角、かつ内部に向かって幅方向に対して斜めの方向に進展していた。この事実は、両者の割れとも最大せん断応力面に沿ったせん断割れであり、歪増分比の測定結果とも良く対応している。

以上の結果は、平線圧延限界が引張試験の破断伸び歪から予測可能であることと思わせるが、実際には破断伸び歪は高炭素鋼線に対しては過小評価を与える結果となっている。その原因は、高炭素鋼線は加工硬化指数 n が極めて小さく、変形の比較的初期に necking を生じること、そして necking の結果生じる3軸応力のもとでは、単軸応力下におけるよりも小さい破断歪を与えることによる。