

## (197) 破壊靱性およびひずみ脆化に及ぼすC, V, Alの影響

(圧延用テーブルローラの靱性破壊強度の研究-第2報)

日立製作所 日立研究所 ○正岡 功 高瀬磐雄

池田伸三 工博佐味良一

## 1 緒言

圧延用テーブルローラは大型鋼塊を移動運搬、転倒する際に受ける荷重および熱応力によって、使用中表層部が著しく硬化する。そのため受入れのままにおいては十分な靱性を保持していても、使用中に脆化し、微小なヒートクラックから靱性破壊が発生する可能性が大きくなる。これを防止するためには使用中に起こる高温ひずみ脆化を少なくすること、および脆化しても十分に高い靱性をもつよう受入れのままにおいてもさらに一層靱性の高い鋼種を選定すべきである。このような観点から破壊靱性およびひずみ脆化に及ぼすC, V, Alの影響を明らかにしたので以下報告する。

## 2 供試材および実験方法

表1 供試材の化学成分

実験に用いた供試材の化学成分は表1に示す。R1~R6は実験的溶解材、RAおよびRBは実テーブルローラから採取したものである。いずれも焼ならし材である。高温ひずみによる脆化は長期間の使用状態を模擬した300℃、10%の加工度を与えた試験片によった。ひずみ脆化はNDT温度および切欠曲げ試験片による破壊靱性によって比較検討した。また焼ならし材の靱性はこれらの他伝播停止特性の比較を行なう大型シャルピー試験を実施した。

| No | 化 学 成 分 (%) |      |      |       |       |      |       | PPm N | 備考    |
|----|-------------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|    | C           | Si   | Mn   | P     | S     | V    | Al    |       |       |
| RA | 0.36        | 0.38 | 0.60 | 0.011 | 0.013 |      |       | 82    | S35C  |
| R1 | 0.32        | 0.28 | 0.69 | 0.017 | 0.010 |      |       | 70    | S30C  |
| R2 | 0.31        | 0.30 | 0.75 | 0.007 | 0.011 |      |       | 39    | S30C  |
| R3 | 0.32        | 0.23 | 0.57 | 0.017 | 0.010 |      | 0.002 | 25    | Al添加  |
| R4 | 0.22        | 0.30 | 1.11 | 0.018 | 0.010 |      | 0.009 | 25    | Al添加  |
| R5 | 0.20        | 0.17 | 1.14 | 0.019 | 0.011 | 0.11 | 0.002 | 32    | VAl添加 |
| R6 | 0.18        | 0.20 | 0.91 | 0.017 | 0.010 | 0.08 | 0.003 | 28    | VAl添加 |
| RB | 0.22        | 0.28 | 1.15 | 0.009 | 0.006 |      | 0.014 | 42    | Al添加  |

表2 引張、衝撃、破壊靱性およびNDT温度の比較

| No | 焼 なら し                        |                               |           |           |                      |                     |                       | 60℃でのNDT温度(℃)                                            |                       |
|----|-------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|
|    | 降伏強さ<br>(kg/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(kg/mm <sup>2</sup> ) | 伸び<br>(%) | 絞り<br>(%) | 2mmV<br>vTr15<br>(℃) | 2mmV<br>vTrs<br>(℃) | 大型シャルピー<br>Trs<br>(℃) | K <sub>IC</sub> (kg/mm <sup>3/2</sup> )<br>300℃<br>10%加工 | 焼ならし<br>300℃<br>10%加工 |
| RA | 29                            | 56                            | 29        | 48        | 47                   | 94                  | 117                   | 103                                                      | 30~35                 |
| R1 | 24                            | 54                            | 30        | 50        | 10                   | 55                  | 84                    | 153                                                      | 10                    |
| R2 | 25                            | 53                            | 32        | 55        | 20                   | 53                  | 82                    | 173                                                      | 0                     |
| R3 | 25                            | 53                            | 32        | 51        | 23                   | 60                  | 90                    | 175                                                      | 10~15                 |
| R4 | 31                            | 54                            | 33        | 65        | -50                  | 1                   | 49                    | *263                                                     | -25                   |
| R5 | 30                            | 53                            | 32        | 66        | -32                  | 4                   | 53                    | *296                                                     | -10                   |
| R6 | 27                            | 49                            | 35        | 67        | -43                  | 5                   | 50                    | *212                                                     | -10                   |
| RB | 31                            | 54                            | 36        | 71        | -53                  | -9                  | 34                    | *343                                                     | -35                   |

\* 限界CODから換算したK<sub>IC</sub>\* 限界CODから換算した20℃のK<sub>IC</sub>

## 3 実験結果および考察

表2は実験結果の一部を示す。焼ならし状態における強度はいずれも50~54kg/mm<sup>2</sup>で変らないが、靱性はCの低下とともに上昇し、またCを低下し、Mnを増加させV, Alを添加した鋼種が高い値を示している。特にAl添加したRBはAlによる結晶粒微細化でvTrs: 0℃以下、大型シャルピー破面遷

移温度34℃となっている。大型シャルピー試験における破面遷移温度は靱性破壊の伝播停止特性を示すパラメータであり、これ以上の温度ではたとえ表面で破壊が発生しても伝播しにくいことを示す。

ひずみ脆化についてNDT温度の差をみるとRBが最も少ないが、他は35~60℃で鋼種による差は少ない。しかしAl添加でNを固定したものがやや脆化の傾向が小さくなっている。焼ならしのままの破壊靱性はいずれの鋼種においても高く、60℃においてはすべてK<sub>IC</sub>値しか求められなかった。しかし300℃10%加工を加え、ひずみ脆化させたものの破壊靱性は鋼種により明らかに差を生じた。S35CのRAは最も低く、S30Cはほぼ150~170kg/mm<sup>3/2</sup>程度であるのに対し、Cを低下し、Mnを加えてVあるいはAlを添加した鋼種は200kg/mm<sup>3/2</sup>以上の値を示した。これはV添加したR5およびR6に比べ、Al添加したR4およびRBにおいて著しく高く、特にRBのローラにおいて求めた300℃、10%加工材の破壊靱性は20℃でも約340kg/mm<sup>3/2</sup>の高い値を示した。これらのローラ材について限界き裂寸法を破壊力学的に求めてみると、RB材については20mm以上もの大きな値となる。