

(336) 低圧タービンローター材料の切欠靱性に関する研究

第1報：LPローター材料の質量効果と切欠靱性について

神戸製鋼所-鍛鋼事業部技術部 ・ 菊池英雄 村木聖治
牧岡 稔 工博鈴木章

I 緒言：ローター直径が大きくなる程回転時に働く遠心力は大きくなるため材料としては高強度のものが要求されるが、一方では破壊靱性の優れていることがローターの信頼性確保のため重要であるので高い切欠靱性を持つことが要求される。この報告は、ローターが大径化した場合胴部中心部の靱性が鋼種によってどのように変化するか、またローターの製造中および運転中に生じる焼もどし脆性の感受性が鋼種により如何に変化するかを調査したものである。

II 供試材と試験方法：鋼種としては比較的よく使用されている 3.5Ni-Cr-Mo-V鋼, 3.5Ni-Mo-V鋼, 3Cr-Mo-V鋼および 1.75Ni-3Cr-Mo-V鋼の4鋼種を対称とした。試験材は実機ローターの余長部から30mm角棒として採取した。実験に先立ち前処理として900°C×2hrの焼ならしを行なった後500φ~2500φの実物ローターが噴水焼入または油焼入されたローター中心部の冷却に合致するシミュレート焼入を試験片に加えた。焼もどしは焼もどし脆性の影響をなくすため焼もどし温度に適切な時間保持後水冷し強度と切欠靱性を比較した。切欠靱性はFATTで評価した。焼もどし脆性は焼もどし温度からの急冷材と徐冷材の比較、および step cooling methodによりその感受性を評価した。

III 結果：

①質量効果 4鋼種とも焼入時の冷却速度が遅くなる程順次FATTは高温側へ移動するが、引張強さに与える焼入時の冷却速度の影響は小さい(図1)。3.5Ni-Mo-V鋼は引張強さ、FATTともに他鋼種に比べ劣っており3.5Ni-Mo-V鋼を除いた3鋼種はFATTが同一レベルにあることから、強度・靱性ともに優れているのは3.5Ni-Cr-Mo-V鋼, 1.75Ni-3Cr-Mo-V鋼, 3Cr-Mo-V鋼, 3.5Ni-Mo-V鋼の順になる。

②焼もどし脆性 4鋼種とも焼入時の冷却速度が速い程、すなわち焼入組織がフェライト+ベイナイト→ベイナイト→マルテンサイトになる程焼もどし脆性感受性が高く、その程度は3.5Ni-Cr-Mo-V鋼のマルテンサイト組織で焼もどし温度からの急冷材と徐冷材のFATTの差が16°Cで最高であった。しかし実用されるローター材はベイナイト組織であり、急冷材と徐冷材のFATTの差は8°C以下で製造中の脆化量は小さい(図2)、また運転中の脆化量を焼もどし温度からの徐冷材とstep cooling 処理を施した材料のFATTの差で評価すると3.5Ni-Cr-Mo-V鋼の12°Cが一番大きい(図2)。製造中および運転中の脆化量の和で焼もどし脆性感受性を評価すると、3.5Ni-Cr-Mo-V鋼, 3Cr-Mo-V鋼, 1.75Ni-3Cr-Mo-V鋼, 3.5Ni-Mo-V鋼の順に脆化し易い(図2)。

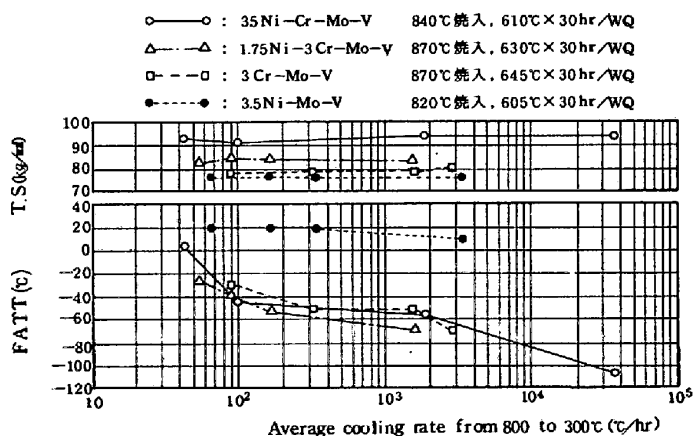


図1. 冷却速度と引張強さおよびFATTの関係

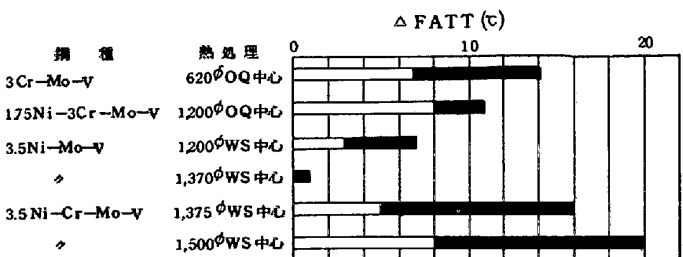


図2. 製造および運転時の脆化量

□ 急冷材と徐冷材の差
 ■ 徐冷材とStep cooling材の差