

62-233: 669.15'24'26'28'292-194.2: 539.55: 539.56
(257) 低圧タービンローター材料の切欠靱性に関する研究

第2報: 3.5Ni-Cr-Mo-V 材の質量効果と切欠靱性について

神戸製鋼所 鑄鍛鋼事業部 技術部 ・ 村木 聖治 菊池 英雄
工博 鈴木 章 牧岡 稔

I 緒言: 著者らは第1報において、ローター用材として比較的良好に使用されている4鋼種を対象として強度、靱性および焼もどし脆性について比較試験を行ない、3.5Ni-Cr-Mo-V鋼が強度靱性を共に得るのに最も適した鋼種であることを示した。今回この3.5Ni-Cr-Mo-V鋼を使って実際に製造されたローターの強度と靱性に関する調査をする機会に恵まれたので、この結果を日本電気協会編「発電用蒸気タービンローター非破壊検査規程」に照らしてローター材の脆性破壊に対する安全性について検討した。

II 供試材と試験方法: 供試材は塩基性電気炉で溶解後80トンインゴットに真空鑄造し、鍛造・焼鈍後熱処理用にローター表面を荒加工した。熱処理はローター胴部直径1,320φの状態に850℃/噴水冷却、610℃/炉冷の処理を与え供試材とした。熱処理後ローター胴部の各位置より引張試験片、シャルピー試験片及び落重試験片を採取して質量効果を調査した。亀裂進展速度試験はローター中心近くより1CT試験片を採取し、10Hzの繰り返し速度で試験を行なった。破壊靱性試験は1CT, 3CT及び4CT試験片をローター中心付近より採取しASTM E 399に従って試験した。焼もどし脆性の評価はステップクーリング処理を施し、破壊靱性値、FATT、NDTTおよび亀裂進展速度で比較した。

III 結果

① 質量効果: 引張強さ、0.2%耐力、及び0.02%耐力はローター表面部より中心部までほぼ均一であり、FATTは表面下230mmより内部で、NDTTは表面下370mmより内部で一定値を示し、NDTTはFATTより約60℃低い、またステップクーリングによるFATT及びNDTTの上昇は約10℃程度である(図1)。

② 亀裂進展速度と破壊靱性値: 亀裂進展速度として得られた結果は $da/dN = 9.0 \times 10^{-11} \Delta K^3$ でありこの結果は Schiefenstein 等らの結果とよく一致するが、Greenberg 等の結果 ($da/dN \propto \Delta K^{1.4}$ 又は $\Delta K^{1.5}$) とは合わない。亀裂進展速度の ΔK の指数は鋼種により決まるのが通例のため、この不一致の原因は試験片形状 (Greenberg 等は WOL 試験片)、亀裂検出方法 (Greenberg 等は超音波探傷、著者等はクラックゲージ) の違いが考えられる。破壊靱性値は図2に示す通り従来の結果よりよい値が得られている。

③ 欠陥と破壊靱性: ①, ②で得られた材料定数を使って起動停止に伴う亀裂進展 ($N = 10,000$, 応力範囲 6.4 Kg/mm^2)、進展した亀裂の脆性破壊の可否 (負荷応力 6.4 Kg/mm^2) を検討した結果、初期欠陥を 3 mm と仮定した場合は $10,000$ 回後に約 5 mm に成長し、その 5 mm の欠陥は -200°C でも脆性破壊しない。

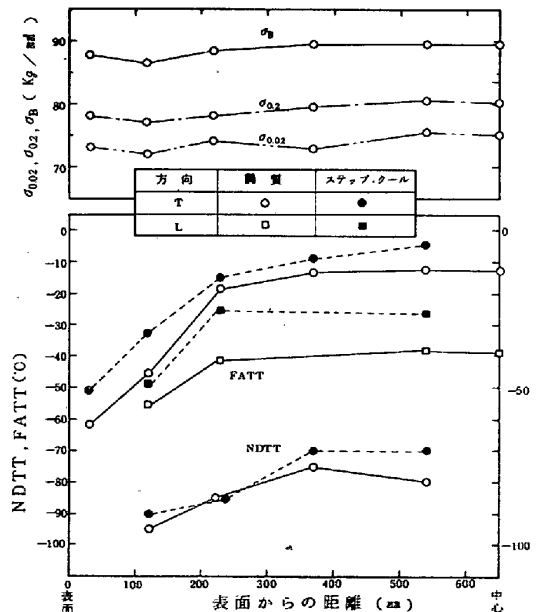


図1 3.5Ni-Cr-Mo-V 鋼の機械的性質

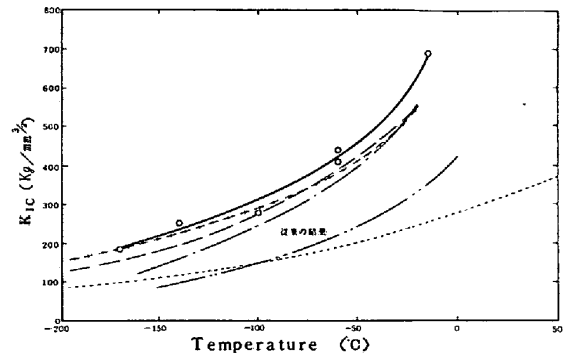


図2 3.5Ni-Cr-Mo-V 鋼の破壊靱性値