

(334) Ni-Cr-Mo-V鋼の焼入性, 強度および靱性に及ぼすCuの影響

KK日立製作所 日立研究所 ○ 正岡 功 高瀬磐雄
工博 佐々木良一

1. 緒言 3.5% Ni-Cr-Mo-V鋼は高強度高靱性材料としてタービンロータシャフトなどに多く用いられている。しかし直径の大きいシャフトになると中心孔においては焼入時の冷却速度が遅くなって十分高い靱性が得にくい。またP, As, Sbなどの微量不純物が多いと焼戻脆性に対する感受性が高くなって脆化する。これらの点について材質改善の余地がある。

鋼にCuを添加すると耐食性を向上し、また析出硬化するので降伏点も上昇する。そのためCuは耐候性高張力鋼や耐海水鋼に添加され使用されてきた。しかし切欠靱性に対しては影響がないかむしろ多量の添加は有害とされ、切欠靱性向上のために添加された例はあまりみられない。Ni-Cr-Mo-V鋼にCuを添加した報告も今までになく切欠靱性に及ぼす影響も明らかでなかったが、本研究によってNi-Cr-Mo-V鋼へのCu添加は切欠靱性に著しく有効であり、その効果はNi量が少ない2.8% Ni-Cr-Mo-V鋼において顕著であることが明らかとなったので報告する。

2. 供試材および実験方法 供試材の化学成分は表1に示す。高周波溶解炉で各45kg溶製し鍛造後、大型ロータシャフトの中心孔に相当する熱処理を与え、組織、硬さ、強度および靱性に及ぼす焼入冷却速度の影響、焼戻条件の影響などを検討した。

3. 実験結果およびその考察 各供試材の連続冷却変態図を求め焼入性について検討した。図1はベイナイトの変態開始温度および臨界冷却速度に及ぼすNi, Cuの影響を示す。Ni-Cr-Mo-V鋼はかなり焼入性のよい材料であるが、これにCuを添加するとベイナイト変態はさらに長時間側にずれ、15°C/hr.の非常に遅い冷却速度でもベイナイト組織となり、その変態開始温度も低下する。Niが低いとやゝ焼入性が悪いが、2.8% Ni系でもCuを添加するとCuを添加しない3.7% Ni系より焼入性がよくなる。

大型シャフトの中心孔の熱履歴を模擬した熱処理条件と比較すると、引張特性に及ぼすCuの影響はほとんどみられない。しかしFATTは図2に示すようにCuの添加とともに低温側に移行し、0°C衝撃値は上昇する。しかも3.7% Ni添加のものより2.8% Ni添加の鋼種が高い靱性を示し、この種の鋼の靱性はNiを低下させ代りにCuを添加することで著しく改善できることを示している。また高Niの鋼種は焼戻後の冷却速度が遅いと衝撃値が著しく低下するが、低NiでCu添加の鋼はこの低下が少なく、焼戻脆性を起こしにくい。

表1 供試材の化学成分 (wt%)

No	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
1	0.26	0.27	0.30	0.010	0.008	0.12	3.61	2.05	0.46	0.14
2	0.26	0.27	0.35	0.012	0.008	0.26	3.66	1.93	0.45	0.12
3	0.27	0.27	0.35	0.014	0.008	0.65	3.68	1.89	0.43	0.12
4	0.26	0.27	0.30	0.009	0.006	1.10	3.70	1.93	0.41	0.12
5	0.25	0.27	0.31	0.014	0.008	0.66	2.78	2.02	0.42	0.14
6	0.26	0.27	0.34	0.012	0.007	1.09	2.81	1.96	0.41	0.12

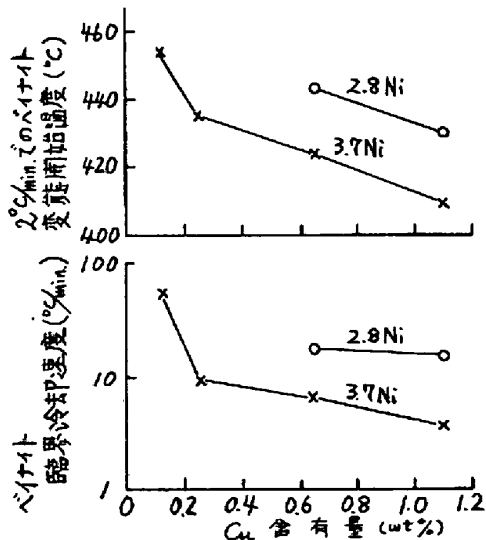


図1 ベイナイトの変態開始温度および臨界冷却速度に及ぼすNi, Cuの影響

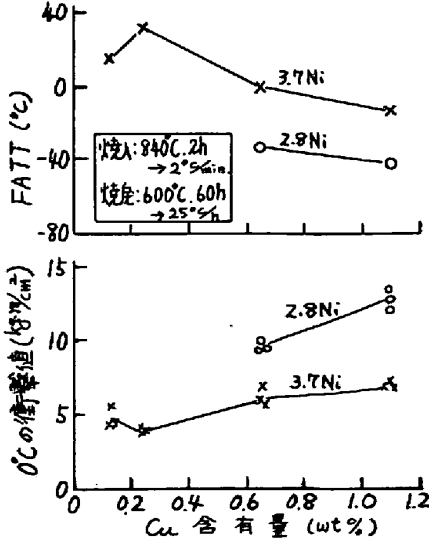


図2 Vシャルピー-衝撃値およびFATTに及ぼすNi, Cuの影響