

(513) 19Cr-2Mo-Nb フェライト系ステンレス鋼の時効硬化および脆化の機構

新日本製鐵(株)基礎研究所

工博○谷野満, 安保秀雄

小松繁水沼武久黒沢文夫

1. まえがき: 19Cr-2Mo-Nb鋼の550~650℃での短時間時効でみられる顕著な硬度増加と脆化は475℃脆化あるいは σ 相脆化とは異なる機構で起ると考えられる。それゆえ、超高压電顕、分析電顕等による時効析出物の詳細な解析にもとづき、時効硬化および脆化の機構の検討を行った。

2. 実験方法: 供試鋼は真空溶解した19Cr-2Mo鋼(A)および19Cr-2Mo-0.1Nb鋼(B)である。C量0.003%, N量0.012%, 後者のNb/(C+N)は5.9である。いずれも真空溶解し、7mm厚まで熱間圧延した。1250℃×5min WQ または1000℃×10min WQの溶体化処理を行った後、室温~1000℃までの種々の温度で時効し、硬さ、靱性、および析出挙動を調べた。

3. 実験結果および考察

3.1 機械的性質: 両鋼種とも600~650℃にピークをもつ時効硬化特性を示すが、高温溶体化処理したB鋼の時効硬化がとくに著しい(図1)。A鋼の時効硬化は少ない($\Delta H_v \approx 20$)。両鋼種とも時効によって vT_R が上昇するが、A鋼が非常に激しく脆化する($\Delta vT_R \approx 130^\circ\text{C}$)のに比べ、Nbを添加したB鋼では時効脆化が軽減され、とくに低温溶体化処理したB鋼は良好な靱性を有する。

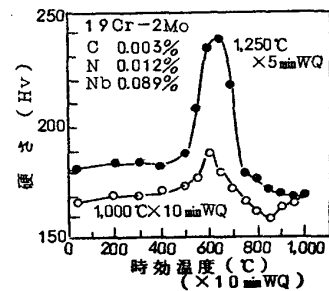


図1 B鋼の時効による硬さ変化

3.2 時効硬化の機構: A鋼の600℃時効材および高温溶体化処理したB鋼の650℃時効材中には50~100Åの非常に微細な全面析出物が観察される(写真1)。回折図形には $\langle 100 \rangle_\alpha$ 方向に鋭いストリークが現われ、これらの析出物が $\{100\}_\alpha$ 面に沿った薄い板状結晶であることを示唆している。時効時間が増すとこれらの板状析出物は凝集成長する。電子線回折およびEDX組成分析の結果、これらの板状析出物はfccのCrNにMo, Nbが固溶したものであることが明らかになった。析出物の組成はA鋼では(Cr, Mo)N, B鋼では(Cr, Mo, Nb)Nで表わされる。B鋼の場合、時効が進むとともにCrN格子中へのNbの固溶が進み、格子定数が増加する。また $\{100\}_N // \{100\}_\alpha$, $\langle 010 \rangle_N // \langle 011 \rangle_\alpha$ なる方位関係が存在する。以上のことから、19Cr-2Mo-Nb鋼の時効硬化はMo, Nbを固溶したコヒーレントなCrN型窒化物の全面析出によって起ることが結論される。なお、時効がさらに進むとA鋼では $MN \rightarrow M_2N$ (六方)、B鋼では $MN \rightarrow Z$ 相(正方)なる窒化物反応が起り、軟化する。B鋼の1000℃溶体化処理材中にはすでに1000~2000ÅのZ相粒子が比較的均一に分布しており、時効しても組織はほとんど変化しない。

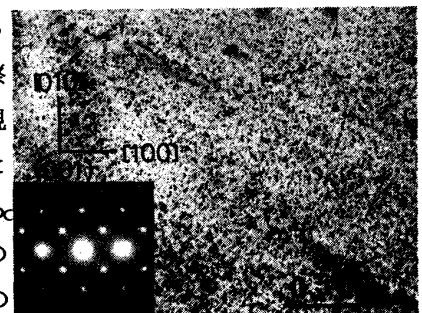


写真1 B鋼の650℃×10min 時効組織

3.3 時効脆化の機構: A鋼にみられる著しい時効脆化の主因は連続的なフィルム状Cr窒化物の粒界析出によるものである。600℃時効ではCrN, 800℃時効では Cr_2N (いずれもMoを含まない)の薄いフィルムが粒界に析出する。800℃においては時効が進むと粒界の Cr_2N は粒状化する。B鋼では時効初期段階から粒界に粒状Z相が存在し、フィルム状窒化物は生成しない。

4. 結論: 19Cr-2Mo-Nb鋼の時効硬化は微細な板状のfcc窒化物の整合析出によって起る。一方、時効脆化の主因は連続フィルム状Cr窒化物の粒界析出により亀裂発生が容易になるためであり、微細なfcc窒化物の存在は亀裂の粒内伝播を助ける。B鋼を低温溶体化した場合にC, NがZ相として固定され、粒界のフィルム状窒化物および粒内の整合窒化物の析出が起らないため時効脆化しない。