

大阪大学工学部

西本和俊 ○才田一幸 福岡秀忠

(株) クボタ

乾 正弘 高橋 誠

Thermal Embrittlement of Long Term Aged HP-Alloys

by Kazutoshi NISHIMOTO, Kazuyoshi SAIDA, Hidetada FUKUOKA,

Masahiro INUI and Makoto TAKAHASHI

1. 緒言

Nb, Mo, W を含む HP 系耐熱鋳鋼は高温長時間の使用後の補修溶接時において、母材の高温延性低下に起因した高温割れが発生しやすいとの報告がなされているが^{1,2)}、高温延性の低下要因解析は十分であるとはいいがたい。

そこで、本報告では、合金組成の異なる数種類の HP 系耐熱鋳鋼の時効に伴う組織変化ならびに高温延性を系統的に調査し、HP 系耐熱鋳鋼の熱脆化挙動および脆化機構について検討した。

2. 供試材料および実験方法

実験に供試した HP 系耐熱鋳鋼の公称化学組成を Table 1 に示す。時効条件は 1323K × 3.6ks ~ 36Ms であり、一部実機使用 (3~4 年) 材も用いた。母材の高温引張試験はグリーンブル試験機にて行い、試験温度 673~1373K、引張速度 0.33mm/s とした。

3. 母材のミクロ組織に及ぼす時効時間の影響

時効時間を変化させたときの KHR35C のミクロ組織の変化を Fig.1 に示す。組織はいずれも鋳造材特有のデンドライト組織を呈し、デンドライト境界上には多くの生成相が認められる。時効時間が 360ks 程度まで明瞭に観察されていた共晶状の生成相は時効時間 10.8Ms では完全に塊状の生成相に形態変化する。さらに、実機使用材 (約 3 年) では生成相はデンドライト境界を取り囲むように生成する。このような傾向は KHR35H や KHR45A でも認められ (Fig.2)、特に KHR35H では時効時間に伴い生成相の形態は粗大な塊状に変化することが明らかとなった。

Fig.3 は KHR35C の時効に伴う生成相の種類および生成量の変化を示したものである。鋳放し材では M_7C_3 と NbC が生成しているが、時効時間が 3.6ks で M_7C_3 が $M_{23}C_6$ に変化している。その後、時効時間に伴い $M_{23}C_6$ の生成量が増加するが、時効時間が 10.8Ms より長時間になると、NbC が消滅し η 相 (Nb_3Ni_2Si) が新たに生成することがわかる。なお、KHR45A も全く同じ傾向を示す。一方、Nb を含有しない KHR35H の場合、NbC や η 相は出現せず、鋳放し材の M_7C_3 がごく短時間時効で消滅し、その後の時効に伴い $M_{23}C_6$ のみが増加する。

4. 長時間時効に伴う高温延性の変化

4.1 高温引張試験による高温延性の調査

時効に伴う KHR35C の 773K における高温延

Table 1 Nominal compositions of HP-alloys (mass%)

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	W	Mo	Ti
KHR35C	0.45	1.75	1.0	25	35	1.0	-	-	-
KHR35H	0.45	1.75	1.0	25	35	-	-	1.2	-
KHR35W	0.45	1.75	1.0	25	35	-	4	-	-
KHR35CT	0.45	1.75	1.0	25	35	0.5	-	-	0.1
KHR45A	0.45	1.75	1.0	31	43	1.3	-	-	0.1

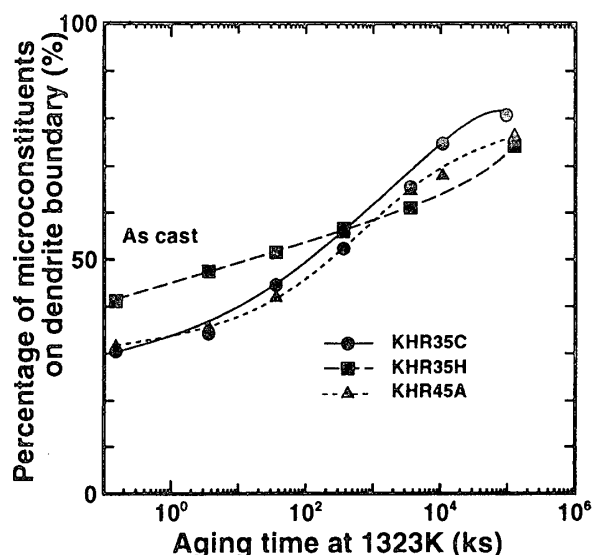


Fig.2 Effect of aging time on percentage of microconstituents on dendrite boundary

性の変化をFig.4に示す。時効時間の増加に伴い高温延性は低下し、実機使用材では10%をかなり下回る延性となる。また、KHR35HおよびKHR45Aの高温延性もKHR35Cと全く類似の変化傾向を示していた。

4.2 高温延性の低下要因に関する考察

HP系耐熱鋳鋼の長時間時効に伴う高温延性の低下は、母材のミクロ組織、特に生成相の変化と密接な関係があることは容易に想像される²⁾。Nbを含有したKHR35CおよびKHR45Aでは、長時間の時効により生成相が変化し、 $M_{23}C_6$ に加えてより硬い η 相が生成するとともに、これらの生成相はデンドライト境界のほぼ全域を占有する。一方、Nbを含有しないKHR35Hでは、 η 相は生成しないものの $M_{23}C_6$ の生成量は多く、その形態もかなり粗大な塊状でかつ、ネットワークを形成する。いずれの場合においても、デンドライトセルは非常に硬い生成相の殻で囲まれたような状態となり、外部応力が作用すると生成相内あるいは生成相とマトリックスの界面に応力やひずみ集中が生じ、結果として脆弱な生成相内にき裂を容易に発生させる可能性が考えられる。このことは、高温引張破断が生成相中でかなりの頻度で生じていた観察結果を支持するものといえる。したがって、高温延性の低下は、生成相の形態変化に起因した生成相の脆弱化によるものであることが推察された。

参考文献

- 1) 中尾ら：本概要集，52（1993），270.
- 2) 中尾ら：本概要集，55（1994），168.

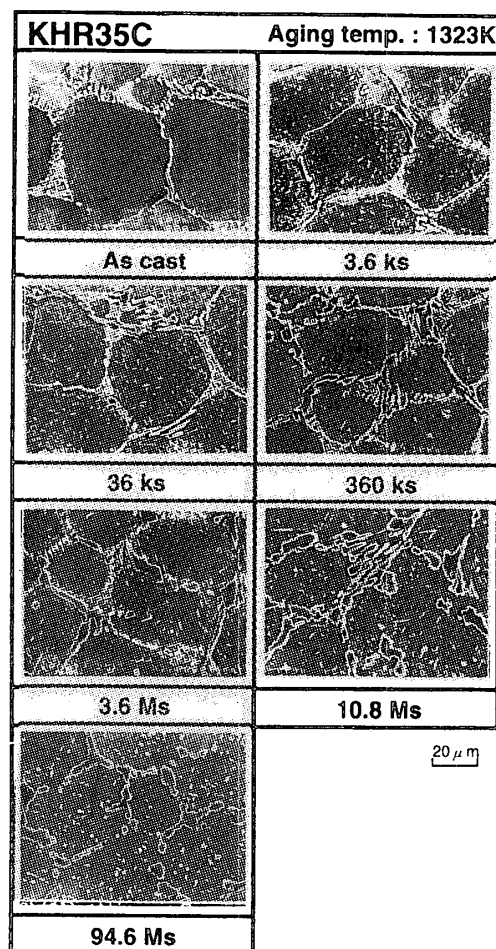


Fig.1 Change in microstructure of KHR35C with aging time

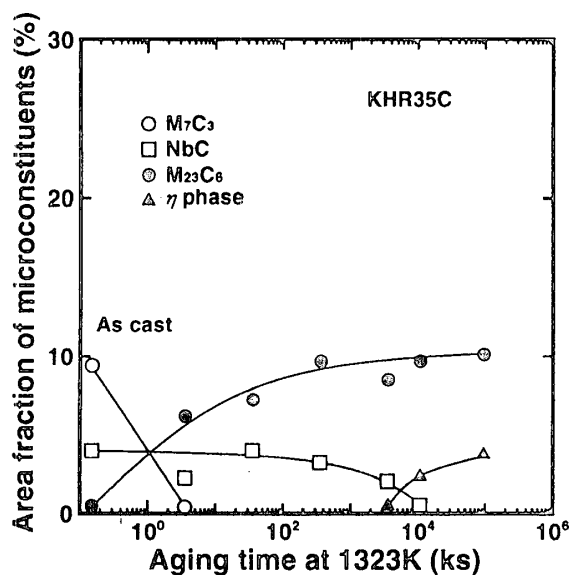


Fig.3 Effect of aging time on area fraction of microconstituents in KHR35C alloy

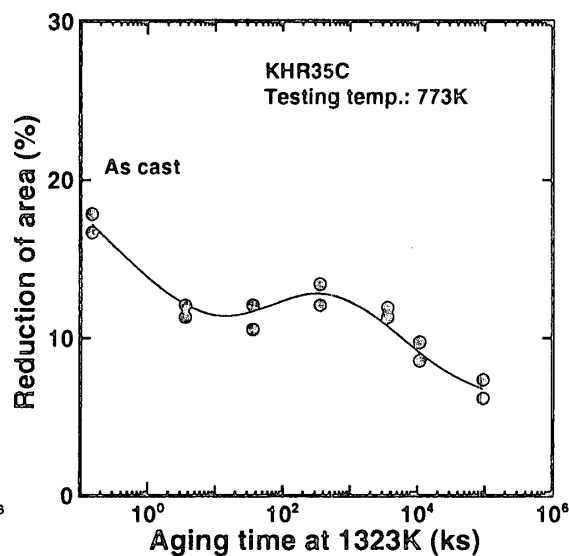


Fig.4 Effect of aging time on reduction of area at 773K of KHR35C alloy