

SCORRIMENTO A CALDO ED EVOLUZIONE MICROSTRUTTURALE DELL'ACCIAIO INOSSIDABILE 18Cr-10Ni-3Cu-Ti-Nb PER APPLICAZIONI IN CENTRALI TERMICHE ULTRA SUPER CRITICHE AVANZATE

Y. Minami, P. Mariani, G. Cumino, T. Fukui, T. Ono

Tenaris ha sviluppato tubi per boilers in acciaio 0.1C-18Cr-10Ni-3Cu-Ti-Nb (TEMPALLOY AA-1; ASME Code Case 2512), caratterizzato da uno stress ammissibile superiore del 30% rispetto a quello del grado TP347H (ASME SA 213) nell'intervallo di temperatura tra 600 e 700°C. Questa elevata resistenza allo scorrimento viscoso a caldo (creep) è associabile alla precipitazione di carburi MC e M₂₃C₆, e di una fase coerente ricca di Cu. Prove di scorrimento a tempi lunghi, oltre 140000 ore, hanno permesso di verificare l'elevata proprietà di resistenza allo scorrimento di questo acciaio. Lo studio dell'evoluzione microstrutturale effettuato su campioni di TEMPALLOY AA-1 sia dopo creep che dopo invecchiamento ha mostrato la significativa stabilità microstrutturale di questo acciaio nel tempo. Un'eccellente resistenza all'ossidazione da vapore è ottenuta mediante uno specifico processo di pallinatura (shot blasting) della superficie interna dei tubi. La perdita annua di metallo dovuta all'ossidazione da vapore su materiale preventivamente sottoposto a pallinatura è inferiore a 3 micrometri. Questi risultati hanno mostrato che le proprietà meccaniche e la resistenza all'ossidazione rendono l'acciaio TEMPALLOY AA-1 adatto all'utilizzo nell'ultima generazione di Centrali Termiche, in particolare in quelle Ultra Super Critiche Avanzate.

Parole chiave: Acciaio inossidabile, Corrosione, Creep, Ossidazione, Precipitazione, Trattamenti termici, Metallografia, Micrografia elettronica, Impieghi ad alte temperature

INTRODUZIONE

Le temperature elevate utilizzate nelle Centrali Termiche Ultra Super Critiche Avanzate (A-USC) richiedono l'utilizzo di materiali con eccellenti proprietà meccaniche e di resistenza al creep, all'ossidazione da vapore ed alla corrosione, e caratterizzati da un'ottima stabilità microstrutturale per tutto il tempo di servizio.

Poiché i surriscaldatori ed i risurriscaldatori di queste Centrali sono soggetti a temperature superiori anche a 650°C, la scelta dei materiali ricade sugli acciai inossidabili, contraddistinti da un'elevata resistenza all'ossidazione da vapore, alla corrosione a caldo ed al creep.

La lunga esperienza di TenarisNKKtubes nella produzio-

ne di tubi in acciaio inossidabile ha portato allo sviluppo dell'acciaio TEMPALLOY AA-1 [1-8], una versione migliorata del 18Cr10NiNbTi con aggiunta di 3% Cu.

La buona resistenza all'ossidazione a caldo di questo materiale è significativamente incrementata mediante un processo di pallinatura della superficie interna.

Le principali proprietà meccaniche e microstrutturali di questo grado austenitico, l'assessment della sua resistenza al creep, l'effetto della pallinatura e la resistenza alla corrosione a caldo sono presentati e discussi in questo articolo.

COMPOSIZIONE CHIMICA

La composizione chimica del TEMPALLOY AA-1 è mostrata in Tabella 1. L'analisi chimica è basata su quella del grado TP304H con l'aggiunta di Ti e Nb per promuovere la precipitazione di carburi fini e di fasi di Cu coerenti.

L'acciaio TEMPALLOY AA-1 è inserito nelle ASME come Code Case 2512 e nelle ASTM A 213 come UNS S30434. È anche registrato come KA-SUS321J2HTB nelle Norme Giapponesi METI. Inoltre è approvato in Europa dall'Ente TÜV (VdTÜV Werkstoffblatt 564/2).

Y. Minami, T. Fukui, T. Ono

TenarisNKKTubes, 1-10 Minamiwatarida, Kawasaki
210-0855 Kanagawa, Japan

P. Mariani, G. Cumino

TenarisDalmine, Piazza Caduti 6 Luglio 1944 1,
24044 Dalmine (BG), Italy

%		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Ti	Nb	B	(Ti+Nb/2)C
TEMPALLOY AA-1	min	0.07	-	-	-	-	2.5	9.0	17.5	0.10	0.1	0.001	2.0
	max	0.14	1.00	2.00	0.04	0.01	3.5	12.0	19.5	0.25	0.4	0.004	4.0

Tab. 1 - Composizione chimica del TEMPALLOY AA-1 in accordo alla Norma ASTM A 213

Tab. 1 - Chemical composition of TEMPALLOY AA-1 according to ASTM A213 standard

	YS (MPa)	UTS (MPa)	Allungamento (%)	Durezza (HRB)
TEMPALLOY AA-1	≥ • 205	≥ • 500	≥ • 35	≤ • 90

Tab. 2 - Proprietà meccaniche del TEMPALLOY AA-1 in accordo alla Norma ASTM A 213

Tab. 2 - Minimum required mechanical properties of TEMPALLOY AA-1 according to ASTM A213 Standard

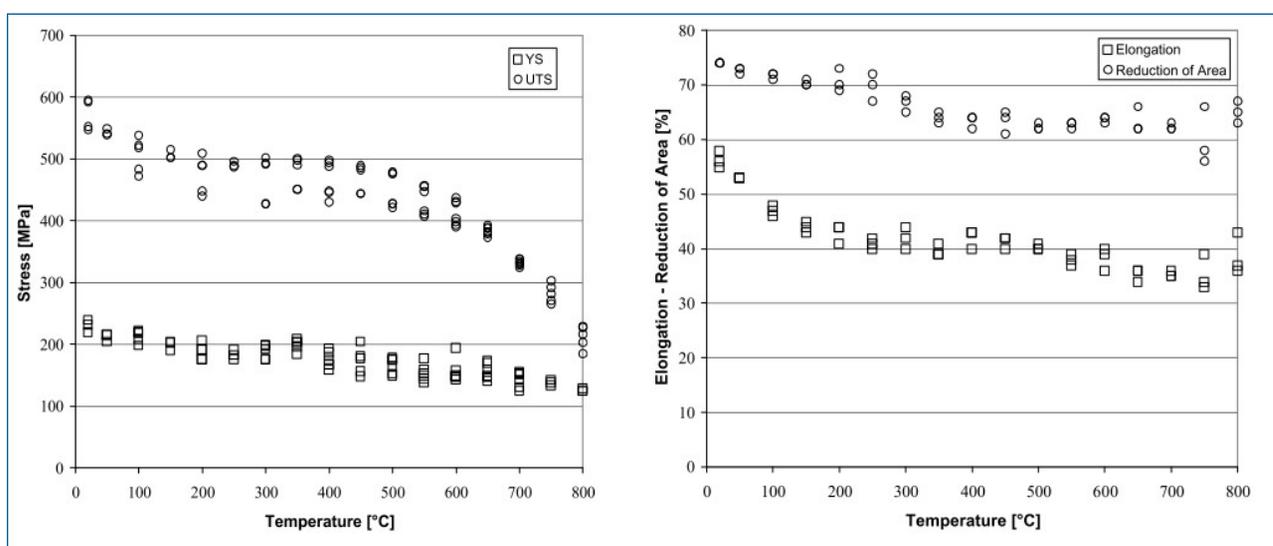


Fig. 1 - Proprietà meccaniche (YS, UTS, Allungamento e Strizione) ad alta temperatura

Fig. 1 - Mechanical tensile properties (YS, UTS, El and RoA) at high temperature.

I tubi di TEMPALLOY AA-1 sono forniti dopo trattamento di solubilizzazione a temperature superiori a 1160°C.

PROPRIETA' MECCANICHE ED EVOLUZIONE MICROSTRUTTURALE A LUNGO TERMINE

Proprietà meccaniche e resistenza al creep

In Tabella 2 sono riportate le proprietà richieste dalla Norma ASTM A 213 per l'acciaio TEMPALLOY AA-1. La Figura 1 mostra l'effetto della temperatura sullo snervamento (YS) e sulla rottura (UTS): l'acciaio TEMPALLOY AA-1 presenta un'elevata stabilità della resistenza meccanica in un vasto campo di temperatura.

La resistenza al creep è stata studiata in modo estensivo in un ampio campo di temperature (600°C-800°C) allo scopo di costruire un valido database. Sono state accumulate più di 1.6 milioni di ore di prove di creep. La provetta più longeva ha raggiunto 1.43 • 10⁵ ore e alcune prove sono tuttora in corso con durate superiori a 1.4 • 10⁵ ore. Il database delle prove di creep è molto esteso, tale da permettere di effettuare degli assessment con il

metodo Mendelson-Robertson-Manson (MRM), in accordo alle linee guida dell'European Creep Collaborative Committee (ECCC) [9-11]: i valori medi dei carichi a rottura per la prova di creep (in funzione di temperatura e tempo) dell'acciaio TEMPALLOY AA-1 sono mostrati in Tabella 3. I valori calcolati sono stati validati mediante Post Assessment Tests (PATs): i PATs coprono estrapolazioni sino a 200000 ore.

Le Figure 2-a e 2-b mostrano rispettivamente le curve isoterme dei valori medi di creep a rottura del TEMPALLOY AA-1 ed il PAT 2.1.

Sono state effettuate prove di creep su giunti di testa simili per studiare l'effetto della saldatura sulla resistenza a creep con i processi GTAW e GTAW+ SMAW, utilizzando specifici elettrodi e fili sviluppati dalla Kobelco Welding (Giappone). La resistenza al creep dei giunti saldati è molto simile a quella del materiale base nel campo di temperatura 600°C-800°C [17]. Il confronto delle proprietà di resistenza al creep a tempi lunghi del TEMPALLOY AA-1 con quelle dell'acciaio UNS S30432 (ASTM A 213, ASME Code Case 2328) [18] mostra che, anche

CARICO a ROTTURA (MPa)		Carico (MPa) vs Durata (ore)					
		100	10000	30000	100000	150000	200000
Temperatura (°C)	550	442	321	294	266	256	250
	560	423	303	277	249	240	234
	570	406	287	261	234	225	219
	580	388	271	245	218	209	204
	590	371	255	230	204	195	189
	600	355	240	215	189	181	175
	610	338	225	201	175	167	162
	620	323	211	187	162	155	149
	630	307	197	174	150	142	137
	640	292	184	161	137	130	125
	650	277	171	149	126	119	114
	660	263	158	137	115	108	104
	670	249	146	126	105	98	94
	680	235	135	115	95	89	84
	690	222	124	105	86	80	76
	700	209	114	95	77	72	68
	710	197	104	86	69	64	61
720	185	94	78	62	57	54	
730	173	86	70	55	51	48	
740	161	78	63	49	45	43	
750	151	70	56	44	40	38	

Tab. 3 – Carico medio a rottura da creep per il TEMPALLOY AA-1

Ta. 3 – Average creep rupture stresses for TEMPALLOY AA-1

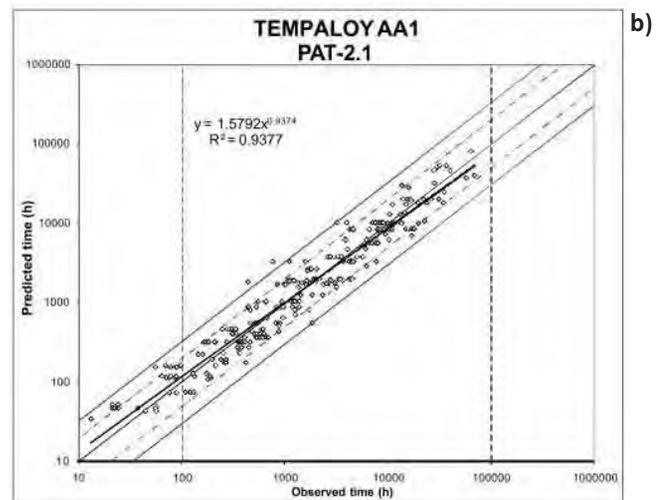
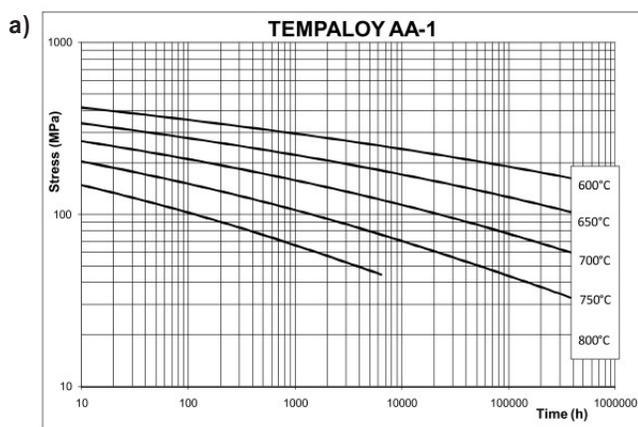


Fig. 2 – a) Assessment della rottura da creep per il TEMPALLOY AA-1 con metodo MRM; b) PAT 2.1

Fig. 2 - a) Assessment della rottura da creep per il TEMPALLOY AA-1 con metodo MRM; b) PAT 2.1

se l'acciaio S30432 possiede proprietà superiori a tempi brevi, il TEMPALLOY AA-1 presenta una resistenza al creep più elevata e più stabile a lungo termine; tale caratteristica lo rende un'ottima soluzione per l'impiego nelle moderne centrali USC avanzate (Fig. 3).

La differente resistenza al creep a tempi lunghi può essere spiegata in termini di una maggiore stabilità dei microprecipitati del TEMPALLOY AA-1, determinata dall'ottimizzazione del contenuto dei suoi elementi di lega.

Evoluzione microstrutturale a tempi lunghi

La microstruttura del TEMPALLOY AA-1 è completamente austenitica, priva di ferrite delta, grazie alle aggiunte bilanciate di Cr e Ni; le Figure 4-a e 4-b mostrano la microstruttura del materiale nella condizione di solubilizzato, osservata al Microscopio Ottico (LM) ed al Microscopio a Scansione Elettronica (SEM). Dopo il trattamento di

solubilizzazione, la precipitazione nel TEMPALLOY AA-1 è costituita da carburi primari di Nb e Ti ($\leq 1 \mu\text{m}$ medio), localizzati sia in corrispondenza del bordo dei grani sia dell'interno degli stessi.

L'esposizione a temperature di servizio nel campo 600°C-750°C promuove la precipitazione di carburi fini di Nb e Ti (MC) uniformemente distribuiti all'interno dei grani così come di carburi M23C6 lungo i bordi-grano; la presenza di questi precipitati determina un efficace rafforzamento della resistenza al creep di questo acciaio [12-13].

L'aggiunta di Cu, inoltre, favorisce la precipitazione di fasi coerenti fini e diffuse, ricche in Cu, che incrementano ulteriormente la resistenza al creep.

La Figura 5 mostra i risultati delle prove di creep effettuate su campioni di acciaio 16Cr-14Ni a 700°C caratterizzati da differenti contenuti di Cu: un'aggiunta del 3% di Cu migliora significativamente la resistenza al creep nel caso di rottura

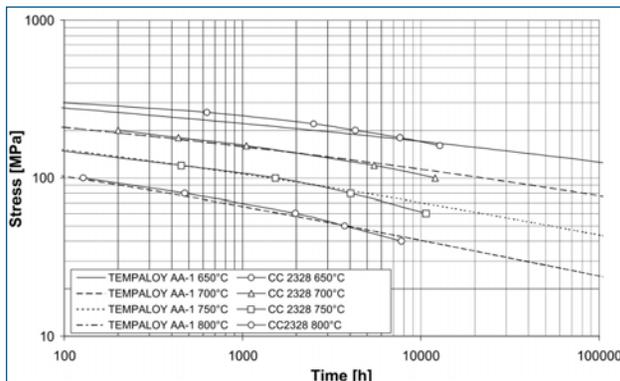


Fig. 3 - Confronto delle proprietà di creep a tempi lunghi tra TEMPALLOY AA-1 e S30432 (ASME Code Case 2328)

Fig. 3 - Comparison of long term creep strength of TEMPALLOY AA-1 and S30432 (ASME Code Case 2328)

entro le 1000 ore, mentre tenori di Cu superiori al 3% non contribuiscono efficacemente al suo incremento. [14].

La microstruttura del TEMPALLOY AA-1 dopo due anni di servizio in una centrale termica è mostrata in Figura 6: è evidente la presenza di precipitati MC e M23C6 così come della fase ricca in Cu, non osservabile nel materiale solubilizzato.

Analisi TEM e SEM sono state effettuate su campioni di creep dopo rottura, esposti a differenti temperature.

Le Figure 7, 8 e 9 mostrano le microstrutture rilevate al TEM su lamina sottile, osservate su campioni esposti rispettivamente a 600°C per 33000 ore, a 700°C per 63000 ore ed a 750°C per 68000 ore.

In tutti i campioni analizzati sono stati riscontrati carburi fini e dispersi di Nb e Ti; le loro dimensioni sono molto piccole: il diametro medio è inferiore a 10 nm dopo 63000 ore a 700°C ed a 40 nm dopo 68000 ore a 750°C. Le particelle M23C6 sono state identificate in tutti i campioni esaminati: tali precipitati sono localizzati principalmente lungo i bordi dei grani e dei grani gemelli.

Nei campioni sono state osservate alcune particelle di fase sigma. Secondo quanto riportato in letteratura, la loro presenza può causare una diminuzione della tenacità [13, 16]; tuttavia la quantità ridotta riscontrata nei campioni analizzati (inferiore all'1%) non determina in pratica alcun effetto negativo, come confermato dalle prove di invecchiamento effettuate, che mostrano come la tenacità si mantenga superiore a 100 J/cm² anche dopo 10000 ore di invecchiamento a 650°C, 700°C e 750°C.

Resistenza alla corrosione a caldo ed all'ossidazione da vapore

Sono state effettuate prove di corrosione ad alta temperatura ed a lunga durata (sino a 5000 ore) simulando l'atmosfera di una caldaia alimentata a carbone.

Come materiali di confronto sono stati utilizzati campioni di TP321H e TP304H. Le prove sono state eseguite riproducendo le condizioni ambientali generate da una combustione di carbone: la cenere sintetica, composta da 5% Na₂SO₄ + 5% K₂SO₄ +30% Fe₂O₃ +30% Al₂O₃

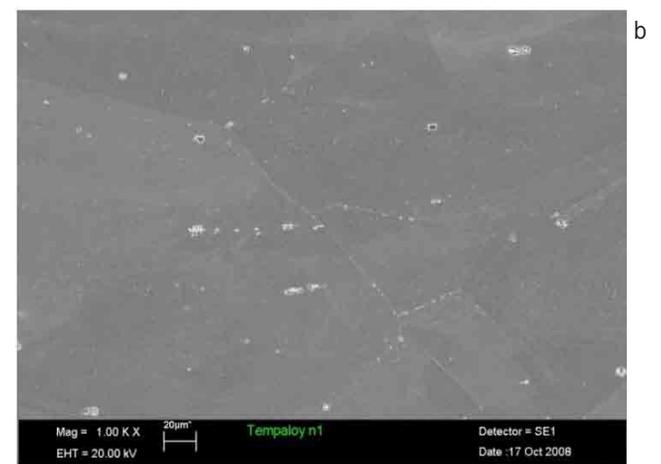
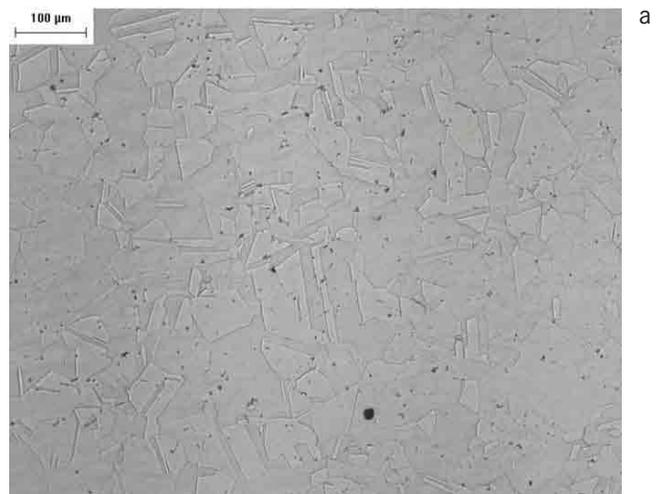


Fig. 4 - Microstrutture del TEMPALLOY AA-1 dopo trattamento termico a) con microscopio ottico b) con Microscopio Elettronico a Scansione.

Fig. 4 - TEMPALLOY AA-1 microstructure in as treated condition a) by LM and b) by SEM.

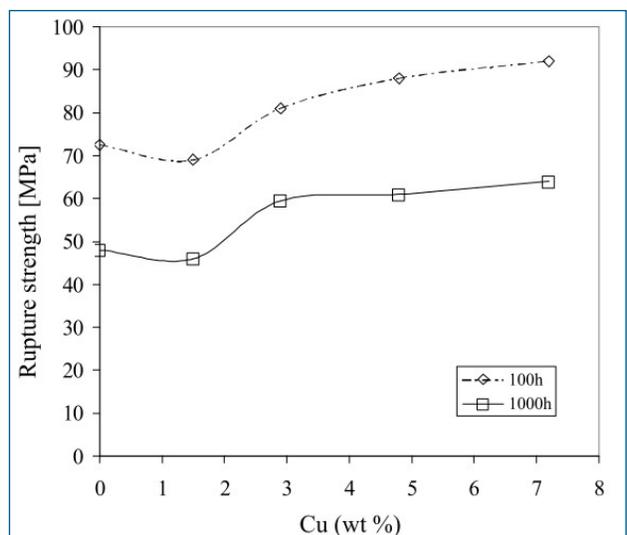


Fig. 5 - Effetto dell'aggiunta di Cu sulla resistenza al creep a 700°C per l'acciaio 16Cr-14Ni

Fig. 5 - Effect of Cu addition on creep strength at 700°C in a 16Cr-14Ni steel

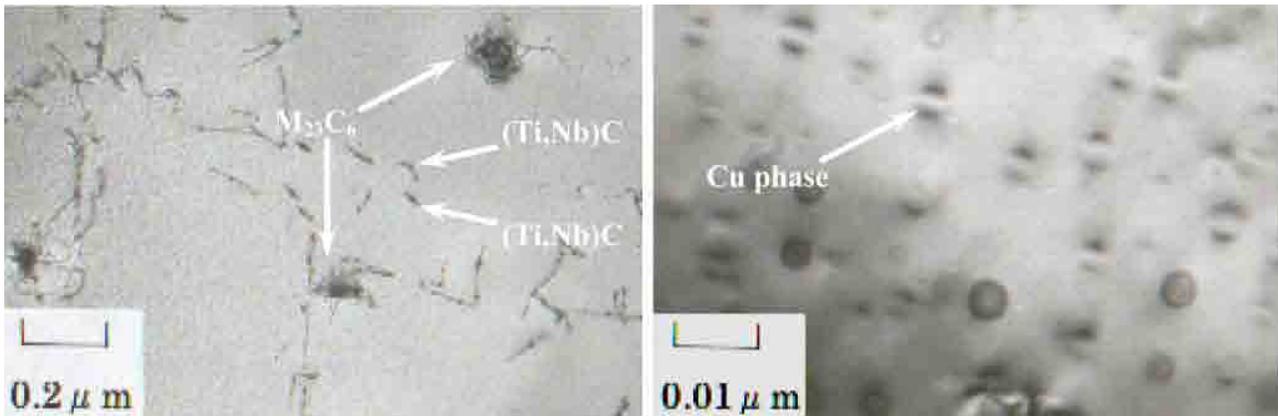


Fig. 6 - TEMPALLOY AA-1 dopo 2 anni di esercizio in Centrale Termica; le microstrutture al Microscopio Elettronico a Trasmissione mostrano presenza di precipitati $M_{23}C_6$, MC e fasi ricche in Cu

Fig. 6 - TEMPALLOY AA-1 after 2 years operation in a power plant; TEM microstructures show $M_{23}C_6$, MC and Cu phase.

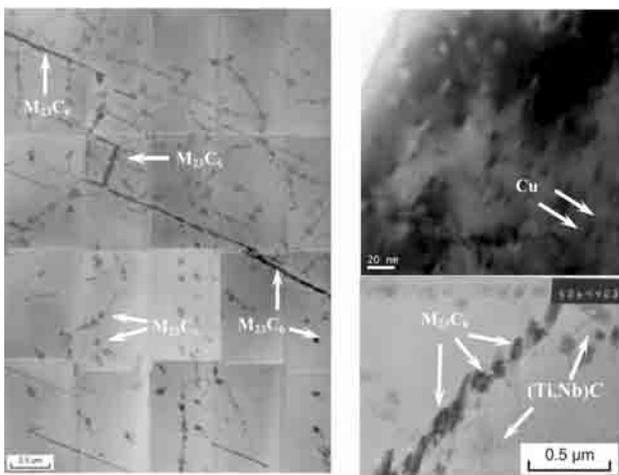


Fig. 7 - Microstruttura del TEMPALLOY AA-1 invecchiato a 600°C per 33 kh - esame al Microscopio Elettronico a Trasmissione su lamina sottile

Fig. 7 - Microstructure of TEMPALLOY AA-1 aged sample after 33kh at 600°C by TEM thin foil

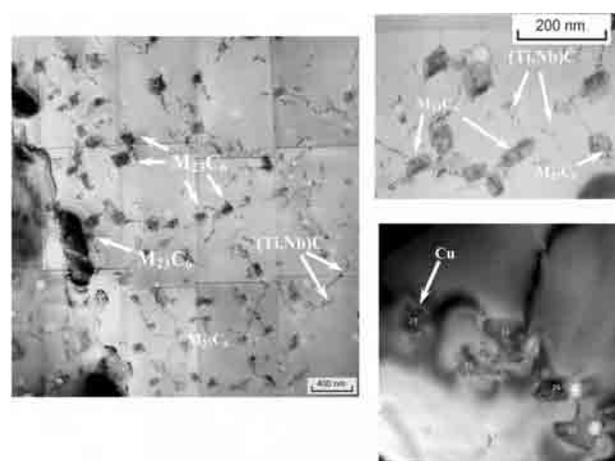


Fig. 8 - Microstruttura del TEMPALLOY AA-1 invecchiato a 700°C per 63 kh - esame al Microscopio Elettronico a Trasmissione su lamina sottile

Fig. 8 - Microstructure of TEMPALLOY AA-1 aged sample after 63kh at 700°C by TEM thin foil

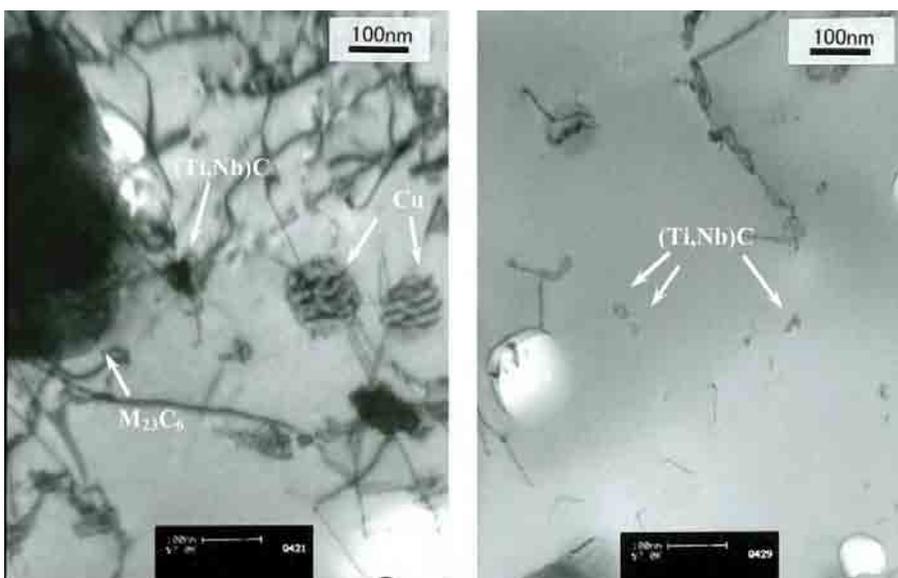


Fig. 9 - Microstruttura del TEMPALLOY AA-1 invecchiato a 750°C per 68 kh - esame al Microscopio Elettronico a Trasmissione su lamina sottile

Fig. 9 - Microstructure of TEMPALLOY AA-1 after 68kh at 750°C

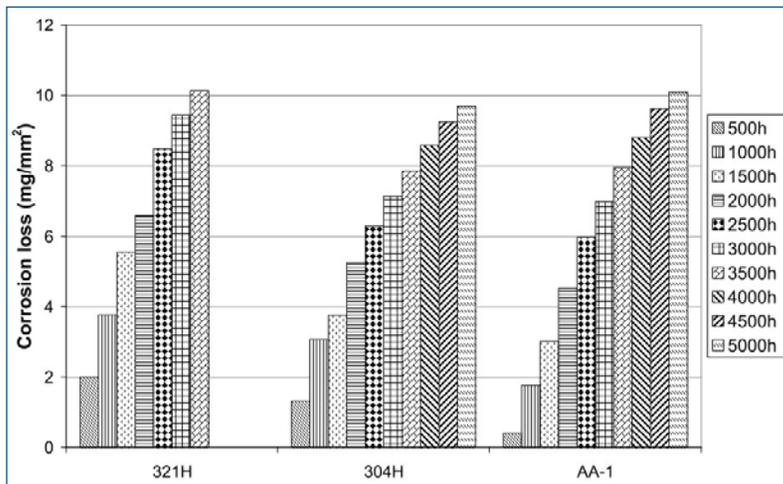


Fig. 10 - Risultati delle prove di corrosione da ceneri di carbone dopo differenti tempi di esposizione

Fig. 10 - Results of corrosion tests simulating coal ash combustion after different exposure times.

+30% SiO₂ è stata applicata su campioni collocati in una miscela di 0.25% SO₂ + 3.5% O₂ + 15% CO₂ e N₂. La prova è stata effettuata a 700°C, che rappresenta la temperatura più critica in tale ambiente. La variazione di peso dei campioni è stata misurata ad intervalli di 500 ore.

I risultati sono sintetizzati in Figura 10. I campioni di TP321H hanno mostrato una corrosione completa prima di raggiungere le 4000 ore.

Non si è osservata corrosione a bordo grano su nessuno dei campioni analizzati.

La perdita di metallo del TEMPALLOY AA-1 è praticamente equivalente a quella del TP304H ed inferiore del 25% circa rispetto a quella del TP321H. Questo comportamento è riferibile al differente tenore di Cr, pur conforme ai limiti definiti dalle Norme Internazionali, dei 3 acciai analizzati: 17.15%, 18.40% e 17.85% rispettivamente per gli acciai TP321H, TP304H e TEMPALLOY AA-1.

L'acciaio TP321H presenta il più basso tenore di Cr e la più alta velocità di corrosione. Gli acciai TEMPALLOY AA-1 e TP304H hanno un contenuto di Cr più elevato e sono caratterizzati da una maggiore resistenza alla corrosione da prodotti di combustione da carbone.

Le proprietà di resistenza all'ossidazione da vapore sono state valutate sulla superficie interna dei tubi. Prove dedicate sono state eseguite su materiale di TEMPALLOY AA-1 sia prima che dopo il processo di pallinatura della superficie interna, a 600°C, 650°C, 700°C e 750°C. L'acciaio TP321H è stato utilizzato come materiale di confronto.

Le prove sono state effettuate fino al raggiungimento delle 1000 ore: in Figura 11 sono mostrati i risultati. La perdita di metallo in un anno è stata calcolata mediante una legge parabolica: i valori corrispondenti sono riportati in Tabella 4.

I risultati delle prove di ossidazione da vapore a 750°C sono mostrati in Figura 12.

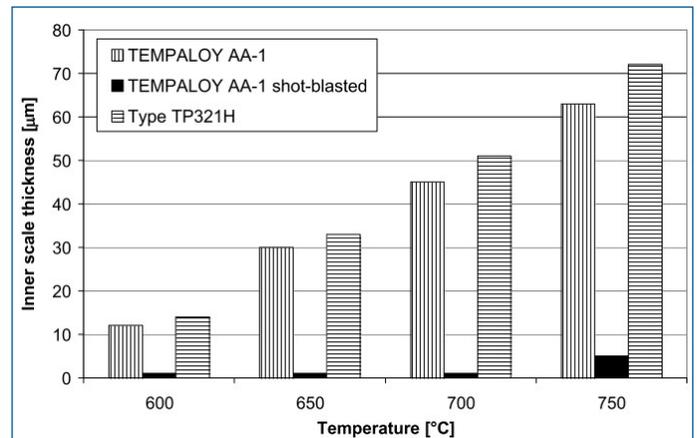


Fig. 11 - Risultati delle prove di ossidazione da vapore

Fig. 11 - Results of steam oxidation tests

Il metallo base mostra una resistenza all'ossidazione da vapore praticamente equivalente a quella del tubo di grado TP321H, presumibilmente perché i due materiali possiedono un analogo contenuto di Cr.

Il metallo sottoposto a pallinatura mostra invece un'ottima resistenza all'ossidazione da vapore. La deformazione a freddo localizzata generata dalla pallinatura promuove una veloce diffusione di Cr lungo linee di scorrimento verso la superficie interna durante il primo periodo di esercizio del materiale, determinando la formazione di uno strato sottile e stabile arricchito in Cr, che riduce significativamente la velocità di ossidazione.

Esposizione di campioni in Centrali Termiche

Tubi di TEMPALLOY AA-1 sono stati installati e sottoposti a reali condizioni di esercizio nelle seguenti Centrali Termiche:

- Takehara Power Station Unit 1, Electric Power Development Co., Ltd, Japan, nel 1995
- Ogishima Thermal Power Plant Unit 1, Japan, nel 1997
- Esbjerg Power Station, Unit No.3, Denmark, nel 1997
- Fyn Power Station, Unit No.8, Denmark, nel 2009
- Mannheim Power Station (GKM), Germany, nel 2009

CONCLUSIONI

Sono state descritte le principali proprietà dell'acciaio inossidabile austenitico TEMPALLOY AA-1.

La resistenza media alla rottura da creep è stata verificata col metodo MRM.

L'elevata resistenza alla rottura da creep è favorita dalla precipitazione di carburi M₂₃C₆ e MC, e di una fase coerente ricca in Cu.

Le analisi condotte al TEM su materiale esposto in Centrali hanno mostrato che tali precipitati sono stabili anche dopo lunghi tempi di esposizione alle condizioni di servizio.

La resistenza alla corrosione a caldo e le proprietà dopo invecchiamento per lungo tempo del TEMPALLOY AA-1 sono comparabili a quelle degli acciai inossidabili 18Cr-8Ni; la resistenza all'ossidazione da vapore sulla superficie in-

	TEMPALOY AA-1				Shot-blasted TEMPALOY AA-1			
	600°C	650°C	700°C	750°C	600°C	650°C	700°C	750°C
Spessore scaglia di ossido dopo esposizione al vapore per 1000 ore [μm]	12	30	45	63	1	1	1	5
Perdita di metallo in un anno [μm]	35	90	130	190	3	3	3	15

Tab. 4 - Risultati delle prove di ossidazione da vapore a varie temperature

Tab. 4 - Results of steam oxidation tests at different temperatures



Fig. 12- Micrografia di un campione di TEMPALOY AA-1 pallinato all'interno ed esposto a vapore a 750°C per 1 kh; a sx: lucidato; a dx: dopo attacco chimico

Fig. 12 - Left: As-polished micrograph from a TEMPALOY AA-1 shot-blasted tube exposed to steam at 750°C for 1000h; Right: Etched micrograph from a TEMPALOY AA-1 shot-blasted tube exposed to steam at 750°C for 1000h

terna dei tubi è significativamente migliorata mediante un processo di pallinatura (shot blasting).

Le prove eseguite sia in laboratorio sia in esercizio hanno mostrato che l'acciaio TEMPALOY AA-1 di Tenaris è in grado di soddisfare tutti i severi requisiti previsti per l'utilizzo nell'ultima generazione di Centrali Termiche Ultra Super Critiche avanzate.

BIBLIOGRAFIA

- 1] Minami Y, Tohyama A., Hayakawa H.: Properties And Experience With A New Austenitic Stainless Steel (TEMPALOY AA-1) For Boiler Tube Application; 8th Liege Conference, 18-20 September 2006
- 2] Minami Y., Tohyama A.: High Temperature Characteristics of High Cr Austenitic Stainless Steel Boiler Tubes for Ultra Super Critical Pressure Thermal Power Plants; First Int. Conf. on Heat Resistant Materials, 23-26 Sept. 1993, p. 533, Fontana, Wisconsin USA
- 3] Minami Y., Tohyama A.: Development of the High Temperature Materials for Ultra Super Critical Boilers (NKK TEMPALOY Series), Int. Conf. Advanced Heat Resistant Steels for Power Generation, April 1998, San Sebastian, Spain
- 4] Y. Minami, M. Yuzuki: TEMPALOY A-3 Tubes with High Corrosion Resistance for High Temperature Use; NKK Technical review N° 61 (1991)
- 5] S. Caminada, G. Cumino, T. Ono, Y. Minami, L. Cipolla, A. Di Gianfrancesco, D. Venditti: Microstructure and long term creep behaviour of the advanced austenitic stainless steel TEMPALOY AA-1; 11th International Conference on Creep and Fracture of Engineering Materials and Structures - Creep 2008, May 2008, Bayreuth, Germany
- 6] S. Caminada, G. Cumino, T. Ono, Y. Minami, L. Cipolla, A. Di Gianfrancesco, D. Venditti: Ferritic and austenitic grades for new generation of Steam Power Plants; New developments on Metallurgy and Applications of high strength steels, May 2008, Buenos Aires, Argentina
- 7] Y. Minami, T. Fukui: Properties and experience of high Cr austenitic stainless steel for boiler tubes; Eighth International Conference on Creep and Fatigue at Elevated Temperatures, July 22-26, 2007, San Antonio, Texas
- 8] S. Caminada, G. Cumino, L. Cipolla, D. Venditti, A. Di Gianfrancesco, Y. Minami, T. Ono: Creep properties and microstructural evolution of austenitic TEMPALOY steels, 2nd International ECCC Creep Conference, April 21-23, Dübendorf, Switzerland
- 9] Creep data validation and assessment procedures, ECCC Recommendations Volumes (2005). Published by European Technology Development.
- 10] ECCC Data Sheets 2005. Published by European Technology Development
- 11] S.R. Holdsworth, C.K. Bullough and J. Orr, BS PD6605 creep rupture data assessment procedure. ECCC Recommendations 2005, Volume 5, Appendix D3
- 12] Metallographic Atlas of long term crept materials No. M-5
- 13] T. Sourmail, Precipitation in creep resistant austenitic stainless steels; Materials science and technology, Vol. 17 (2001)
- 14] H. Kimura, Y. Minami et al.: International Conference on Creep, April 1986, Tokyo, pp. 221-226

- 15] N. Komai, M. Igarashi, Y. Minami, H. Mimura, F. Masuyama, M. Prager, P.R. Boyles: Field test results of newly developed austenitic steels in the Ed-dystone unit no.1 boiler; Eighth International Conference on Creep and Fatigue at Elevated Temperatures, July 22-26, 2007, San Antonio, Texas
- 16] Y. Minami, H. Kimura, Y. Ihara: Microstructural change in austenitic stainless steels during long-term aging, Material Science and Technology, 1986, Vol.2
- 17] Y. Minami, S. Caminada, T. Fukui, T. Ono: Long term properties and microstructural evolution of 18Cr-10Ni-3Cu-Ti-Nb austenitic stainless steel for boiler tube application, 9th Liège Conference on Materials for Advanced Power Engineering September 27th -29th, 2010 Liège, Belgium
- 18] NIMS creep datasheet n°56, 2009, National Institute of Material Science, 2009, Japan

Long term properties and microstructural evolution of 18Cr-10Ni-3Cu-Ti-Nb austenitic stainless steel for advanced boiler application

Keywords: Stainless Steel - Corrosion - Creep - Metallography - Heat treatment - High Temperature applications

0.1C-18Cr-10Ni-3Cu-Ti-Nb steel (TEMPALLOY AA-1; ASME C.C. 2512) shows allowable stresses 30% higher than those of ASME SA-213 Grade TP347H in the temperature range 600-700°C. This high creep rupture strength is obtained by the precipitation of MC and M₂₃C₆ carbides, and Cu-rich coherent phase. Long term creep rupture tests over 1.4·10⁵h enabled to verify the superior creep rupture strength of this steel. The investigation of microstructural evolution on the creep ruptured and aged specimens has shown the high structural stability of this material. Excellent steam oxidation resistance is achieved by proprietary shot-blasting method. The yearly metal loss because of steam oxidation on shot-blasted tubes at 700°C is below 3 micrometers. These results have revealed that the mechanical properties and environmental resistance of this steel enable the use of TEMPALLOY AA-1 in the latest generation of advanced USC boiler.