

**BOCCA DI LIDO TREPORTI - GRUPPI DI AGGANCIO E TENSIONAMENTO**

**RISPOSTE DEI PROFF. INGG. CARLO MAPELLI E MARCO ORMELLESE  
ALLE OSSERVAZIONI DEGLI ESPERTI DEL PROVVEDITORATO OO.PP.**

**SULLA RELAZIONE TECNICA**

**“STIMA DELLA VITA RESIDUA DEGLI STELI TENSIONATORI”  
(elaborato TECHNITAL cod. MV089P-PE-TAR-0001-C0)**

Nota del 28 agosto 2017

Il presente documento fornisce le risposte del prof. Carlo Mapelli (docente di Metallurgia presso il Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano) e del prof. Marco Ormellese (docente di “Corrosione e protezione dei materiali” presso il Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica del Politecnico di Milano), alle osservazioni formulate dagli esperti del Provveditorato OO.PP., prof. Paolucci e ing. Ramundo, in merito alla relazione tecnica sulla vita residua degli steli tensionatori di Treporti, redatta da Technital con la consulenza specialistica del Politecnico di Milano.

È opportuno fare una premessa in merito ai fenomeni corrosivi. La corrosione osservata su alcuni degli steli è dovuta a un’infiltrazione di acqua di mare che ha causato, nell’ordine, corrosione dello strato di nichel, attacco localizzato sull’acciaio al carbonio per accoppiamento galvanico con il rivestimento di nichel corrosivo o difettoso. In alcune aree è possibile anche che si sia sviluppato un attacco per aerazione differenziale.

Gli interventi integrativi in atto, come pure le procedure di controllo introdotte, dovrebbero consentire in futuro di evitare copiose infiltrazioni di acqua di mare, e quindi la presenza in massa dell’elettrolita che stimola questi fenomeni corrosivi. Si ritiene invece che sia possibile un attacco da corrosione atmosferica laddove l’acqua condensa sulla superfici metalliche. Lo strato sottile di condensa non consente il propagare della corrosione per accoppiamento galvanico.

Stante questa premessa, di seguito si riportano le risposte alle singole osservazioni.

**OSSERVAZIONE 1:**

*... il presupposto corrosionistico su cui si basa la relazione CVN e Prof. Mapelli è lontano dallo scenario in cui sono inseriti i tensionatori di Treporti. Più precisamente tale relazione prende come riferimento la Norma ISO UNI EN 9223 e UNI EN 9224. Queste Norme si riferiscono chiaramente:*

*a) alla corrosione atmosferica, cioè generalizzata;*

*b) in ambienti esterni, notoriamente ventilati.*

*Circa la corrosione atmosferica degli steli in esame, che pure è presente, sappiamo che essa non è la sola a indurre degrado, né quella prevalente, essendo contemporaneamente attive quella galvanica e quella per aerazione differenziale, che però il Prof. Mapelli non prende minimamente in considerazione. Pertanto, trascurare le azioni più aggressive e considerare solo quella generalizzata significa non considerare puntualmente lo scenario reale e, conseguentemente, ottenere conclusioni molto discutibili e parziali.*

*Riguardo alla seconda condizione, l'ambiente d'impiego, sappiamo che gli steli di Treporti sono installati in locali angusti e chiusi, e quindi in precarie condizioni di aerazione; anche sotto questo aspetto l'ambiente aggressivo preso a riferimento risulta alterato rispetto a quello reale.*

*Diamo atto agli autori della relazione del CVN di avere correttamente identificato la vera natura della lega oggetto di corrosione, cioè l'acciaio basso legato, che risulta coerente con la Norma di corrosione considerata, anche se l'aver trascurato la protezione di nichel ha nascosto un meccanismo di corrosione probabilmente preponderante nelle failure evidenziate: la corrosione galvanica.*

La normativa citata può essere comunque presa come riferimento per stimare l'avanzamento della corrosione, in quanto:

- a. l'ambiente in questione non è stagno e quindi, comunque, un ricambio di aria seppur minimo è garantito;
- b. in assenza di ristagni di acqua, la corrosione per accoppiamento galvanico non può procedere;
- c. in presenza di sola condensa, l'acciaio al carbonio si corrode solo con morfologia di tipo generalizzato, laddove la superficie è bagnata.

Il fatto di aver scelto i valori di riferimento di base contenuti nella normativa non ha implicato l'utilizzo senza modifiche delle indicazioni in essa contenute. Infatti, nella relazione è stata adottata tutta una serie di ipotesi cautelative affinché il calcolo svolto per la vita residua fosse in favore di sicurezza (es. combinazione dei carichi di fatica ai valori massimi sia per quanto concerne i valori medi sia per quanto concerne le massime escursioni di carico rispetto al valor medio, valutazione del ciclo in corrispondenza dei valori dell'onda secolare e millenaria).

## **OSSERVAZIONE 2:**

*Ciò premesso vengono di seguito evidenziati puntualmente alcuni specifici aspetti della relazione, dai quali gli Esperti dissentono o manifestano perplessità.*

*Iniziamo con la scelta della corrosione generalizzata in atmosfera esterna, modellata dall'espressione  $s = k \cdot t^{0,6}$ , che a nostro avviso lascia aperta la porta ad alcuni interrogativi.*

- a) *La prima obiezione sta nel fatto che a Treporti è stata condotta un'intensa attività ispettiva, con analisi e indagini strumentali effettuate da Mated s.r.l. (rapporto 2016 04014 rev0) analizzate e relazionate dalla Prof. Zanella (nel rapporto "Relazione Tecnica. Indagine sull'ossidazione presente sui gruppi di aggancio, identificazione di meccanismi, cause, azioni correttive e preventive. 6.4.2016"). Quindi risulta poco comprensibile la scelta di non utilizzare quella documentazione, come sarebbe stato logico (a meno che non s'intenda contestarla), e sentire l'esigenza di effettuare l'ispezione di un solo tensionatore.*
- b) *La corrosione generalizzata, secondo gli estensori della relazione in oggetto, è l'unico meccanismo corrosivo agente sui tensionatori. Come già espresso, non si ritiene corretto non aver cercato di quantificare anche l'effetto del/degli altro/i meccanismo/i, tenendo conto che accanto all'ossidazione ne esistono altri altrettanto attivi.  
Una corrosione di tipo generalizzato non può generare crateri ulceriformi, questo è noto. Probabilmente considerando anche l'attacco da corrosione galvanica che si concentra sull'area anodica (o da areazione differenziale), si sarebbe meglio rappresentata la realtà morfologica del danno.*
- c) *Anche volendosi concentrare solo nello studio sul tensionatore ispezionato non è assolutamente corretto ricavare la costante  $k$  della relazione riportata a pag. 5 ( $s = k \cdot t^{0,6}$ ),*

*usando la profondità di 1,5 mm dell'ulcera individuata dal Prof. Mapelli. Si poteva far riferimento alla profondità di 3 mm trovata dalla Prof.ssa Zanella, come da citata relazione: entrambe le ulcerazioni sono state ottenute dopo 1,5 anni di vita nello stesso ambiente (bocca di Treporti).*

- d) *Comunque l'affermazione riportata nel paragrafo 3 a pagina 5: "Questo tasso è quello iniziale, che è noto essere sempre molto più elevato di quello che si manifesterà su un periodo più lungo. Infatti col passare del tempo avverrà un decadimento del tasso corrosivo, in quanto le incrostazioni che si formano sullo stelo tenditore proteggeranno quest'ultimo dal contatto con l'elettrolita che partecipa al processo corrosivo. Si potrebbe ipotizzare un tasso di corrosione massimo pari a 1mm/anno sia per il primo periodo di esercizio sia per gli anni successivi", non può essere condivisa dagli Esperti del Provveditore. Poiché ancora una volta non si tiene conto delle altre componenti di attacco localizzato; ad esempio la corrosione galvanica che non troverà attenuazione di sorta se ci si trova in presenza di elettrolita ed ossigeno.*
  - e) *Ovviamente si dissente totalmente con quanto riportato anche a pagina 6 dello stesso paragrafo; soprattutto con la tabella.*
1. La corrosione per areazione differenziale è quella che assume aspetto di corrosione uniformemente distribuita, infatti la zona del bagnasciuga è variabile e non fissa e questo ha comportato uno sviluppo di ossidazione esteso su un'ampia zona della superficie. Dato che la zona soggetta ad aerazione differenziale presenta un aspetto a corrosione di tipo generalizzato, al fine di tener conto di questo aspetto si è adottata una legge per il tasso di corrosione pari a  $kt^{0.6}$ , ma il tasso di corrosione sul primo anno non è stato preso in corrispondenza della regione con corrosione uniforme (che sarebbe stato del tutto irrisorio, con un valore massimo pari a 0.3 mm) ma pari a 1.5 mm, massimo valore di corrosione locale rilevato in un unico punto del manufatto soggetto ad un fenomeno di degrado localizzato. Dato che nei fenomeni con morfologia a corrosione generalizzata la forma della curva della cinetica di corrosione è comunque assimilabile a  $kt^{0.6}$  tale funzione è stata mantenuta, ma è stato imposto un aggravamento di cinque volte rispetto al tasso rilevato sperimentalmente. Leggi di andamento lineare (kt) potrebbero essere adottate in presenza di accoppiamenti galvanici con formazione di magnetite sullo strato corrosivo, ma non vi sono state osservazioni sperimentali che avvalorassero tale scenario sul manufatto che è stato osservato.  
Proprio per rispettare puntualmente lo scenario osservato si è dovuta utilizzare una legge del tasso di corrosione quale quella applicata, in quanto non vi erano elementi per adottarne di altra natura. L'eventuale aumento della cinetica è stato imposto attraverso un tasso di corrosione iniziale (sul primo anno) del tutto cautelativo e pari ad almeno 5 volte quello osservato sullo stelo danneggiato. Si consideri anche che, in forza della variazione del livello del bagnasciuga, la corrosione non agisce sempre in corrispondenza della stessa circonferenza e quindi anche il considerare la corrosione come concentrata in una regione limitata risulta essere un assunto cautelativo.
  2. Come già detto in premessa, la corrosione galvanica associata allo strato di Ni è certamente stata presente, ma in assenza di elettrolita essa non propaga. Inoltre una volta rimosso lo strato di nichel, si manifesta solo la corrosione generalizzata dell'acciaio al carbonio. Comunque, proprio per cautelarsi, il tasso di corrosione è stato fortemente accelerato sulla base delle considerazioni svolte al punto precedente.
  3. Non si è utilizzata altra documentazione, ma solo il dato dello stelo disponibile, perché nessuno è mai stato in grado di chiarire l'effettiva profondità del metallo asportato dal fenomeno di

corrosione e neppure la metodologia e lo strumento utilizzato. Anche sullo stelo di Treporti che è stato oggetto di misurazione, esistevano testimonianze relative ad una corrosione generalizzata che aveva comportato rimozioni del metallo pari a 3 mm (!) e che non hanno trovato alcuna conferma all'atto della misurazione effettuata con uno strumento semplice ma efficace come il calibro da saldatura. Le misure ad occhio (soprattutto nei casi di corrosione) sono soggette ad una forte connotazione emozionale che non può essere posta alla base di valutazioni tecniche. Per tale ragione si è proceduto sulla base di dati misurati in modo certo, che compongono lo scenario da prendere in considerazione. Ovviamente, tali dati sono poi stati composti in uno scenario significativamente aggravato dalla selezione della componente dello spettro di carico caratterizzata dai valori massimi (anche se essi occorrono con una frequenza che è del tutto irrisoria durante l'esercizio dello stelo), al fine di svolgere una valutazione in favore di sicurezza.

- f) *Se abbiamo ben compreso il procedimento applicato, prima si è ricavata una riduzione di sezione dello stelo per corrosione generalizzata, poi si è dimostrato che tale sezione indebolita è comunque in grado di sopportare gli sforzi costanti e ciclici gravanti su di esso. Non si concorda con questa impostazione poiché probabilmente ciò che andava considerato avrebbe dovuto tener conto di un'azione sinergica elettrochimica/meccanica, cioè di un effetto congiunto delle componenti di corrosione e degli sforzi (costanti e ciclici).*
- g) *A pag. 8 della relazione si menziona un coefficiente d'intaglio  $K_t = 1 + 2 \cdot a/b = 3$ , dove  $a$  rappresenta la profondità dell'ulcera superficiale e  $b$  il diametro medio dell'ulcera medesima. Questo assunto non rappresenta la peggiore situazione possibile, in quanto l'ulcera viene assimilata a un paraboloide o a una calotta sferica, mentre l'ulcera può essere appuntita o avere comunque una geometria più sfavorevole. In tal caso non ci vuole niente a raddoppiare o a triplicare il valore di  $K_t$ , con conseguenze molto peggiori. Questa geometria più sfavorevole dell'ulcera non sarebbe impossibile da ottenere pensando sia all'azione degli altri meccanismi di corrosione, sia alle notevoli tensioni interne presenti all'interfaccia nichel/acciaio prodotte dal trattamento termico dopo nichelatura per raggiungere 900 HV.*

L'ulcera di corrosione può essere appuntita, come indicato dagli Esperti del Provveditore, ma questo avviene solo in presenza di cricche (da infragilimento da idrogeno, o da SCC da cloruri); non vi sono evidenze che questo sia avvenuto o che un tale fenomeno abbia interessato lo stelo. Le uniche ulcere osservate presentano tutte un raggio di curvatura elevato, quale quello considerato. Quindi, non vi era ragione per introdurre nella simulazione un aggravamento delle condizioni di esercizio che non trova riscontro nella realtà osservata. Ci si è basati solo sugli scenari che potevano essere avvalorati dall'osservazione effettuata.

- h) *A pag. 9 della relazione è scritto testualmente "Il fattore critico di amplificazione dello sforzo è stato stimato sulla base dei valori di resilienza su provette estratte dallo stelo, che hanno restituito a 0°C valori pari a 75J". Senza entrare nel merito del calcolo del fattore critico di amplificazione, ci meravigliamo di apprendere che sullo stelo sono state fatte prove di resilienza a 0°C in quanto la DL ha eseguito controlli di resilienza sempre e soltanto a 20°C. Si ricorda, inoltre, che per l'acciaio super duplex F55, con cui fare il futuro prototipo dello stelo, si pretendono prove KV a -46°C. Da ciò scaturiscono due commenti:*

- le prove andrebbero condotte sempre alle stesse temperature, per uno stesso materiale, che invece è stato testato a 0°C ed a 20°C;
- per poter confrontare, poi, materiali differenti e relative prestazioni risulta assolutamente necessario condurre le prove nelle stesse condizioni, anche come posizioni di prelievo dei provini, altrimenti non è possibile il confronto.

*Non è riportata nella relazione la posizione di prelievo delle provette di resilienza che notoriamente può influenzarne il risultato, anche pesantemente. Abbiamo altresì perplessità (e ci piacerebbe averne conferma sperimentale) sul valore di 75 J ottenuto. Per avvicinarsi alle condizioni dello scenario reale, nel caso che ci riguarda la posizione di prelievo dovrebbe essere quanto più in superficie possibile, per tenere conto delle tensioni interne prodotte dal Trattamento Termico post nichelatura, ma soprattutto del massimo effetto di flessione causate dai cicli marini.*

Le prove di resilienza che hanno restituito valori medi pari a 85J, 93J, 75J a temperatura ambiente sono state eseguite sui campioni di prova del forgiato durante i tradizionali collaudi meccanici realizzati in sede di costruzione e trattamento termico di qualità dello stelo. Le misure sono state certificate da laboratorio accreditato (Laboratorio Prove Materiali San Marco accreditato dal SINAL – rapporto n.24418 p.2) dello stelo nei tradizionali collaudi eseguiti per qualificare il componente. Nel medesimo rapporto si dichiarano misure di resilienza a 0°C pari a valori medi di 57J, 77J, 59J (tutti i valori medi riportati sono il risultato di terne di prova e nessuna provetta ha mai restituito valori inferiori a 40J).

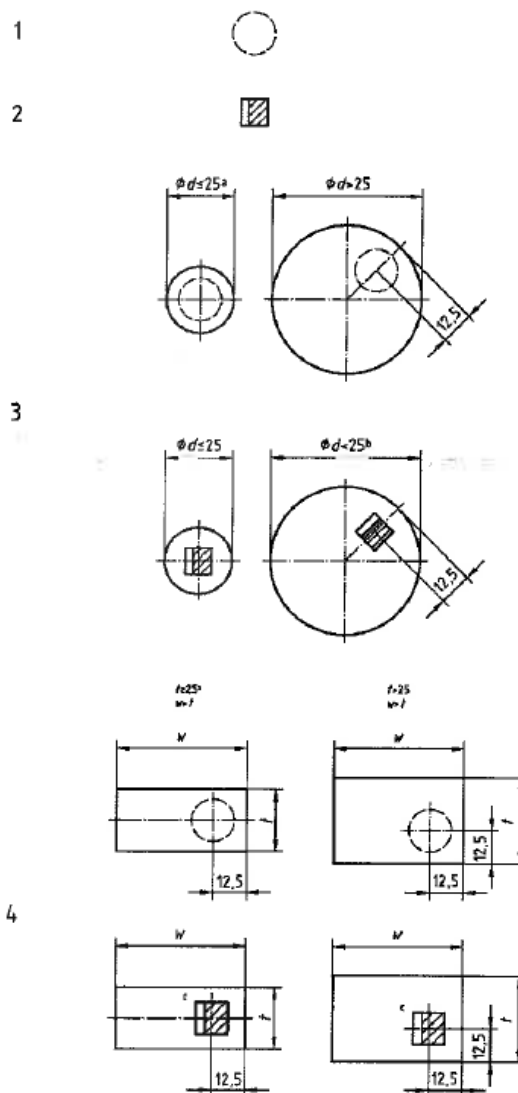
Per le ulteriori informazioni si rimanda all'allegato Rapporto di prova 24418-2009 del Laboratorio San Marco.

I campioni di prova appartengono alla stessa barra forgiata dello stelo e sono stati estratti prima delle lavorazioni finali per realizzare quest'ultimo. Quindi, queste prove sono precedenti a quelle della DL e sono servite per qualificare lo stelo prima di inviarlo al cantiere di montaggio.

Si illustra la posizione di prelievo dei campioni - che è la stessa sia per quelli di pre-serie utilizzati da RTM Breda, sia per gli elementi di serie - ricavati secondo i dettami della norma di prodotto EN 10083-3 (di cui si riporta stralcio) da apposito codolo aggiuntivo sulla parte terminale dello stelo (lato cilindrico, in direzione opposta alla testa a martello).



Dimensions in millimetres



**Key**

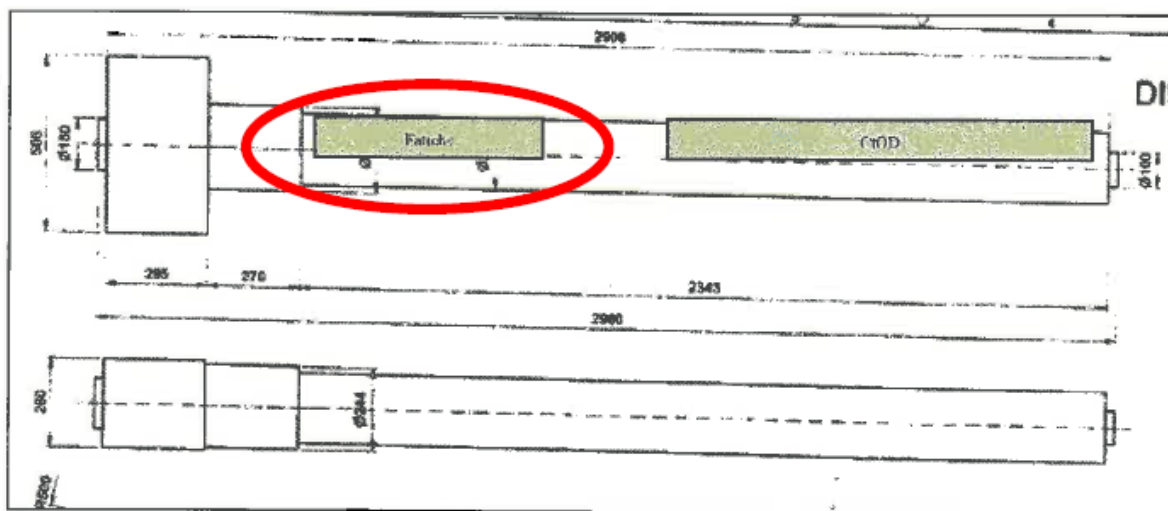
- 1 tensile test piece
- 2 notched bar impact test piece
- 3 round and similar shaped sections
- 4 rectangular and square sections

- <sup>a</sup> For small products ( $d$  or  $w \leq 25$  mm), the test piece shall, if possible, consist of an un-machined part of the bar.
- <sup>b</sup> For round bars the longitudinal axis of the notch shall be about parallel to the direction of a diameter.
- <sup>c</sup> For rectangular bars, the longitudinal axis of the notch shall be perpendicular to the wider rolling surface.

**Figure 1 — Location of the test pieces in bars, seamless rolled rings and rods**

i) A pag. 16 della relazione si riportano i diagrammi di Smith ottenuti da RTM Breda nel 2009 da saggi in acciaio estratti dal materiale forgiato con cui sono stati realizzati gli steli tenditori. Si tratta di diagrammi costruiti attraverso prove di fatica, che sono anch'esse sensibili alla posizione di prelievo delle provette, nonché alle modalità di carico (flessione alterna, flessione rotante, ecc.). Nessuna di queste informazioni è presente nella relazione CVN e Prof. Mapelli, per cui non possiamo avallare l'uso di questi diagrammi e le relative conclusioni.

I diagrammi di Smith sono stati realizzati da RTM Breda, sempre su campioni del forgiato estratti dagli steli. La posizione di prelievo delle provette per le prove a fatica è illustrata nella figura seguente:



Per le ulteriori informazioni si rimanda all'allegato Rapporto di prova 12252-2009 del Laboratorio RTM Breda.

Technital Spa  
Ing. Paolo Versace

## **ALLEGATI**

- Rapporto di prova 24418-2009 del Laboratorio San Marco
- Rapporto di prova 12252-2009 del Laboratorio RTM Breda





LABORATORIO PROVE MATERIALI



TEST REPORT n° 24418 pag. 1 of 2

Customer:

Spett.le

FOC CISCATO S.p.A.

Via Pasin, 1

36010 SEGHE DI VELO D'ASTICO (VI)

Attention to Mr. Zanarotti

Schio, 21/01/2009

Test required ..... tension test  
impact test

Material ..... n° 3 tension specimens, n° 6 sets of impact test KV declared 39NiCrMo3

Date of reception ..... 20/01/2009

Sampling ..... by Customer

Applicable procedure ..... UNI EN 10002-1:2004  
UNI EN 10045-1:1992

Equipment ..... Macchina Universale Galdabini CTM60 matr.33814  
Pendolo per Resilienze 300J RMU A46.1 matr.250688

Ending of test ..... 20/01/2009

Customer reference ..... delivery note n° 202844 dated 19/01/2009

Internal identification	Customer identification
20828 A	T.2676
20828 A1	T.2676/1
20828 B	T.2677
20828 B1	T.2677/1
20828 C	T.2678
20828 C1	T.2678/1



The material tested out will be preserved for 3 months.

The possible wasted material will be preserved for 30 days, unless customer's written application.

The test's results refer exclusively to the material subjected to tests.

This document cannot be reproduced, in whole or in part, without the written approval of "Laboratorio Prove Materiali S. Marco S.r.l."

**LABORATORIO PROVE MATERIALI S. MARCO srl**

36015 Schio - VI - Via Lago di Alleghe, 30 - Tel. 0445 575623 - Fax 0445 579049

C.F. e P. IVA 01983950245 - www.labsanmarco.it - E-mail: info@labsanmarco.it



## TEST RESULTS

### Tension test (UNI EN 10002-1:2004)

Internal identification	Customer identification	Dimensions mm	Area mm <sup>2</sup>	Lo mm	Rm N/mm <sup>2</sup>	A %	Rp0,2% N/mm <sup>2</sup>	Z %
20828 A	T.2676	Ø 10,0	78,5	50	774	22	566	60
20828 B	T.2677	Ø 10,0	78,5	50	778	18	561	63
20828 C	T.2678	Ø 10,0	78,5	50	791	21	583	60

### Impact test (UNI EN 10045-1:1992)

Internal identification	Customer identification	Dimensions mm	Temp. °C	Impact values KV J
20828 A	T.2676	10x10	Amb	96 - 71 - 87
20828 B	T.2677	10x10	Amb	81 - 90 - 108
20828 C	T.2678	10x10	Amb	65 - 81 - 78
20828 A1	T.2676/1	10x10	0	53 - 60 - 58
20828 B1	T.2677/1	10x10	0	79 - 65 - 87
20828 C1	T.2678/1	10x10	0	47 - 56 - 75



Laboratorio Prove Materiali  
S. Marco S.r.l.  
The Manager  
G. Toldo




The material tested out will be preserved for 3 months.

The possible wasted material will be preserved for 30 days, unless customer's written application.

The test's results refer exclusively to the material subjected to tests.

This document cannot be reproduced, in whole or in part, without the written approval of "Laboratorio Prove Materiali S. Marco S.r.l."

**LABORATORIO PROVE MATERIALI S. MARCO srl**

36015 Schio - VI - Via Lago di Alleghe, 30 - Tel. 0445 575623 - Fax 0445 579049

C.F. e P. IVA 01983950245 - www.labsanmarco.it - E-mail: info@labsanmarco.it

## RAPPORTO DI PROVA n° 12252 - 2009



Cormano (MI) 18/09/2009

Spett.le **FIP INDUSTRIALE S.P.A.**

Via Scapacchiò, 41  
35030 Selvazzano PD

C.a. ing. Gian Paolo Colato

Ordine: ING. GIAN PAOLO COLATO RIF. 2009-92

*I risultati delle prove sottoriportati si riferiscono esclusivamente agli esiti dei controlli effettuati sui saggi di cui alla tabella sottostante arrivati in data 07/07/2009*

Identificazione RtmBreda	Descrizione	Identificazione del cliente	n° saggi test
A	Spezzone 48x150x125 [mm] ca. A182 f53	P-1; Colata 244782	16
B	½ barra Ø280x220x136 [mm] ca. 39NiCrMo3	P2676; Colata 3910832	16

Materiale dichiarato: **ASTM A182 f53 - EN 10083 39NiCrMo3**

### Risultati delle prove

**Test: Fatica a temperatura ambiente in controllo di carico (HCF)**

**Norma di prova:** ASTM E466-07  
UNI 3964:1985

**Procedura:** PT024

**Apparecchiatura utilizzata:** Pulsatore  
**Marca:** ROELL-AMSLER

**Codice interno:** 01043  
**Data di scadenza taratura (± 15 gg):** 10/06/2010

Temperatura: 25 [°C] Tipologia di forno: - Condizione di fine prova: 10 mln di cicli Descrizione prova: assiale

Disegno provetta: 01891 Forma d'onda: Sinusoidale Tipo di macchina: A risonanza

Prog.	Diametro tratto utile [mm]	Frequenza [Hz]	Rapporto di carico	Ampiezza di sforzo [MPa]	Sforzo massimo [MPa]	Sforzo minimo [MPa]	Cicli a fine prova · 10 <sup>3</sup>	Criterio di fine prova	Note
A01	8,01	100	0	260	520	0	1044,9	Rottura	-
A02	8,01	100	0	250	500	0	10000,0	Run-Out	-
A03	8,01	102	0	260	520	0	682,9	Rottura	-
A04	8,01	100	0	255	510	0	810625,0	Rottura	-
A05	8,02	100	0	255	510	0	1693,5	Rottura	-
A06	8,00	101	0	250	500	0	1876,0	Rottura	-
A07	8,00	101	0	245	490	0	1839,0	Rottura	-
A08	8,01	101	0	240	480	0	10000,0	Run-Out	-
A09	8,00	100	0	245	490	0	10000,0	Run-Out	-
A10	7,98	100	0	250	500	0	10000,0	Run-Out	-
A11	7,98	101	0	255	510	0	4444,6	Rottura	-
A12	7,99	101	0	250	500	0	1577,4	Rottura	-
A13	7,99	99	0	255	510	0	3455,1	Rottura	-
A14	8,00	101	0	250	510	0	1752,7	Rottura	-
A15	7,99	101	0	245	490	0	10000,0	Run-Out	-

**Test: Elaborazione dati di fatica secondo Stair-Case (UNI 3964)**

Norma di prova: - \* Procedura:

Apparecchiatura utilizzata: - Codice interno: -

Prog.	Tipo di prova di fatica	Condizione di run-out (cicli) · 10 <sup>3</sup>	Ampiezza gradino [MPa]	Sollecitazione media [MPa]	Limite a fatica 10% [MPa]	Limite a fatica 50% [MPa]	Limite a fatica 90% [MPa]	Scarto tipo [MPa]
A	Assiale	10000,0	10	-	505	495	480	10
B	Assiale	2000,0	20	-	510	490	465	17

R.d.P. 12252 - 2009

<b>Test:</b> Fatica a temperatura ambiente in controllo di carico (HCF)	
<b>Norma di prova:</b> ASTM E466-07 UNI 3964:1985	<b>Procedura:</b> PT024
<b>Apparecchiatura utilizzata:</b> Macchina di prova materiali <b>Marca:</b> DARTEC	<b>Codice interno:</b> 00778 <b>Data di scadenza taratura (<math>\pm 15</math> gg):</b> 10/06/2010

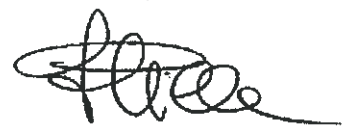
<b>Temperatura:</b> 25 [°C]	<b>Tipologia di forno:</b> -	<b>Condizione di fine prova:</b> 2 mln di cicli	<b>Descrizione prova:</b> assiale
<b>Disegno provetta:</b> 01891	<b>Forma d'onda:</b> Sinusoidale	<b>Tipo di macchina:</b> Servoidraulica	

Prog.	Diametro tratto utile [mm]	Frequenza [Hz]	Rapporto di carico	Ampiezza di sforzo [MPa]	Sforzo massimo [MPa]	Sforzo minimo [MPa]	Cicli a fine prova $\cdot 10^3$	Criterio di fine prova	Note
B01	8,00	15	0	240	480	0	665,7	Rottura	-
B02	8,01	15	0	250	500	0	318,2	Rottura	-
B03	7,99	15	0	240	480	0	2000,0	Run-Out	-
B04	8,00	15	0	220	440	0	2000,0	Run-Out	-
B05	8,01	20	0	230	460	0	2000,0	Run-Out	-
B06	7,98	20	0	230	460	0	2000,0	Run-Out	-
B07	7,97	20	0	230	460	0	2000,0	Run-Out	-
B08	7,98	20	0	240	480	0	2000	Run-Out	-
B09	7,99	20	0	250	500	0	2000,0	Run-Out	-
B10	7,97	20	0	250	500	0	1005,4	Rottura	-
B11	8,01	20	0	240	480	0	2000,0	Run-Out	-
B12	8,01	20	0	260	520	0	2000,0	Run-Out	-
B13	8,00	20	0	250	500	0	2000,0	Run-Out	-
B14	8,00	20	0	260	520	0	2000,0	Run-Out	-
B15	7,99	20	0	270	540	0	2000,0	Run-Out	-

Distinti saluti.

**Rapporto di prova redatto da:**  
Pietro Villa  
Responsabile reparto Resistenza Materiali

**Approvazione**  
Dr. ing. Pietro Villa  
Responsabile reparto Resistenza Materiali



*Firma dell'ispettore del*

E' vietata la riproduzione parziale del presente Rapporto di Prova senza l'autorizzazione di RTM BREDA. Dichiarazioni false, fittizie o fraudolente e modifiche del presente certificato costituiscono reato punibile secondo le norme penali vigenti.  
L'eventuale campionamento del materiale secondo modalità statistiche è da intendersi a cura del cliente.

Gli spezzoni identificati dei saggi verranno conservati per un anno; dopo tale periodo saranno rottamati.

\* Prova non accreditata dal SINAL.



## Rapporto di Prova 12252-2009 – Allegato 1

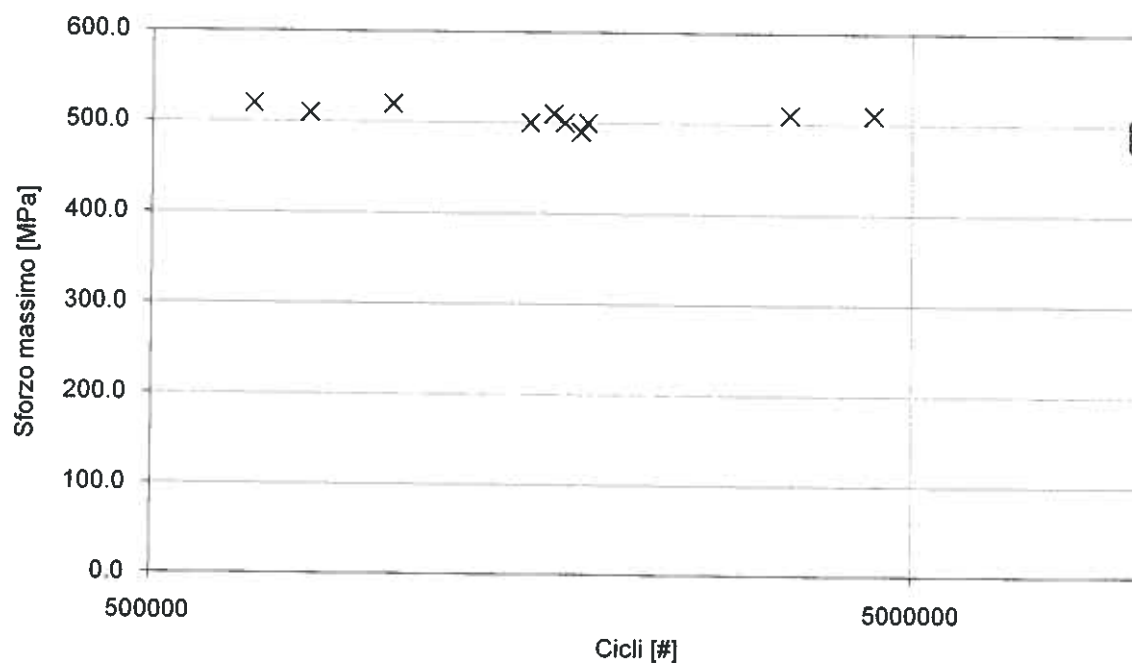


Figura 1: Curva S/N campione A (ASTM A182 gr. F53).

sigma max MPa	Ordine delle prove														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
550															
540															
530															
520	x			x											
510		x			x		x						x		
500			x			o		x				o		x	
490									x		o				o
480										o					
470															
460															
450															

Figura 2: Diagramma stair case, campione A (ASTM A182 gr. F53).

## Rapporto di Prova 12252-2009 – Allegato 1

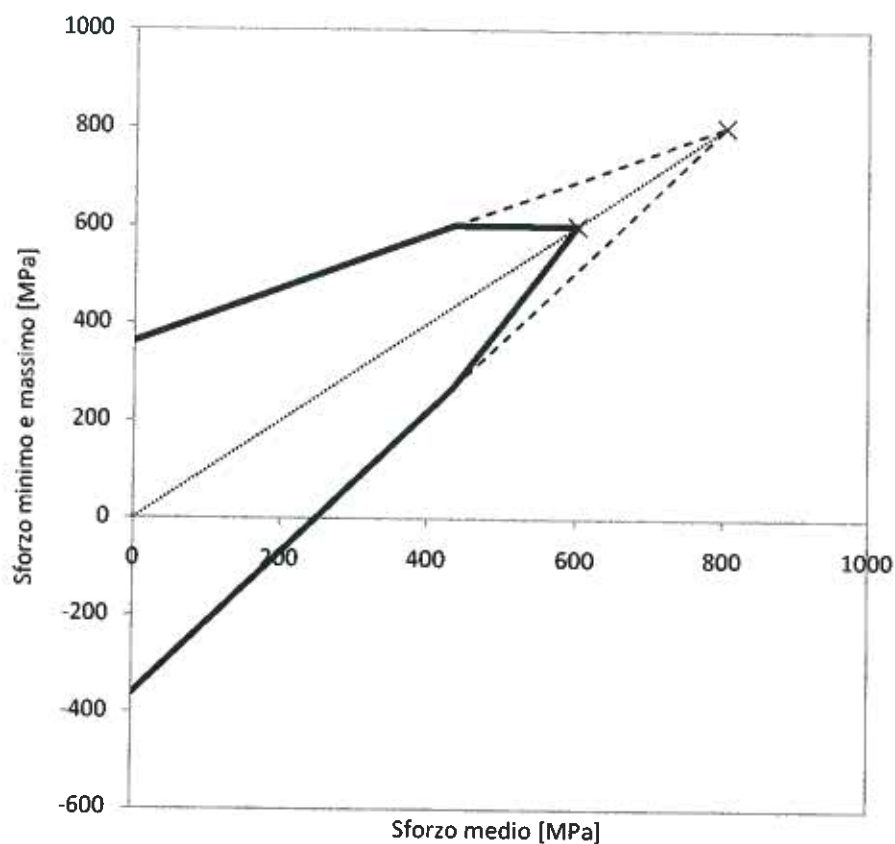


Figura 3: Diagramma di Smith semplificato per il campione A (ASTM A182 gr. F53, caratteristiche tensili da certificati produttore).



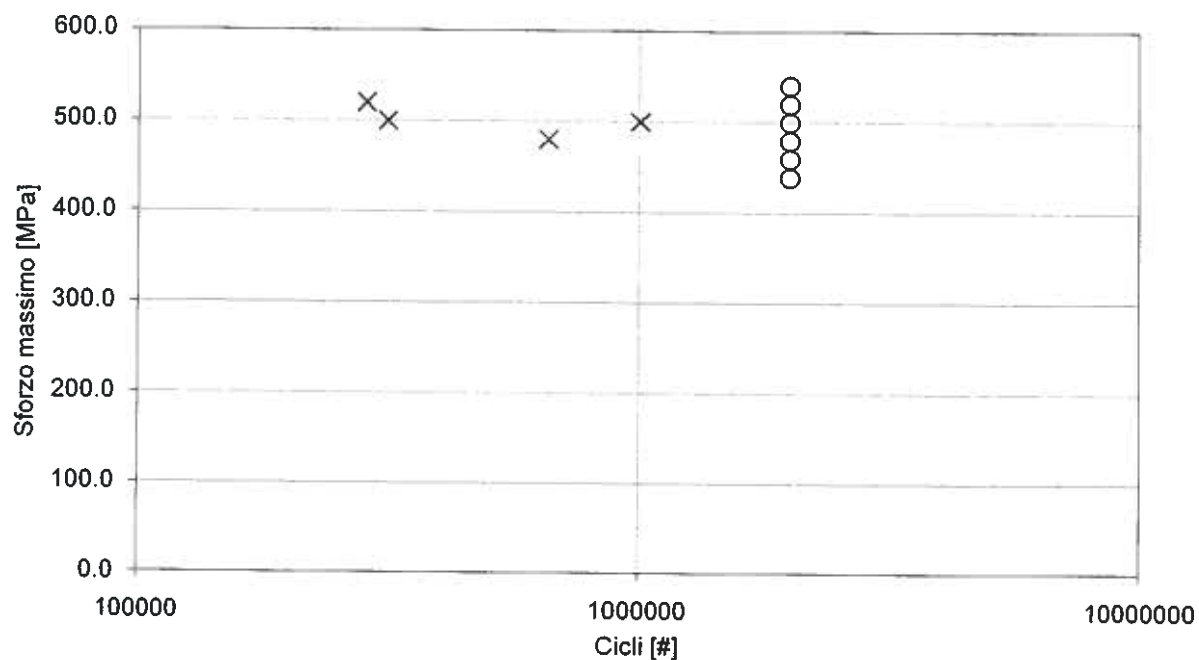
**Rapporto di Prova 12252-2009 – Allegato 1**


Figura 4: Curva S/N campione B (EN 10083 39NiCrMo3).

sigma max	Ordine delle prove														
MPa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
600															
580															
560															
540															
520								x							
500									x		x				
480				x											
460															
440															
420															
400															

Figura 5: Diagramma stair case, campione B (EN 10083 39NiCrMo3).

## Rapporto di Prova 12252-2009 – Allegato 1

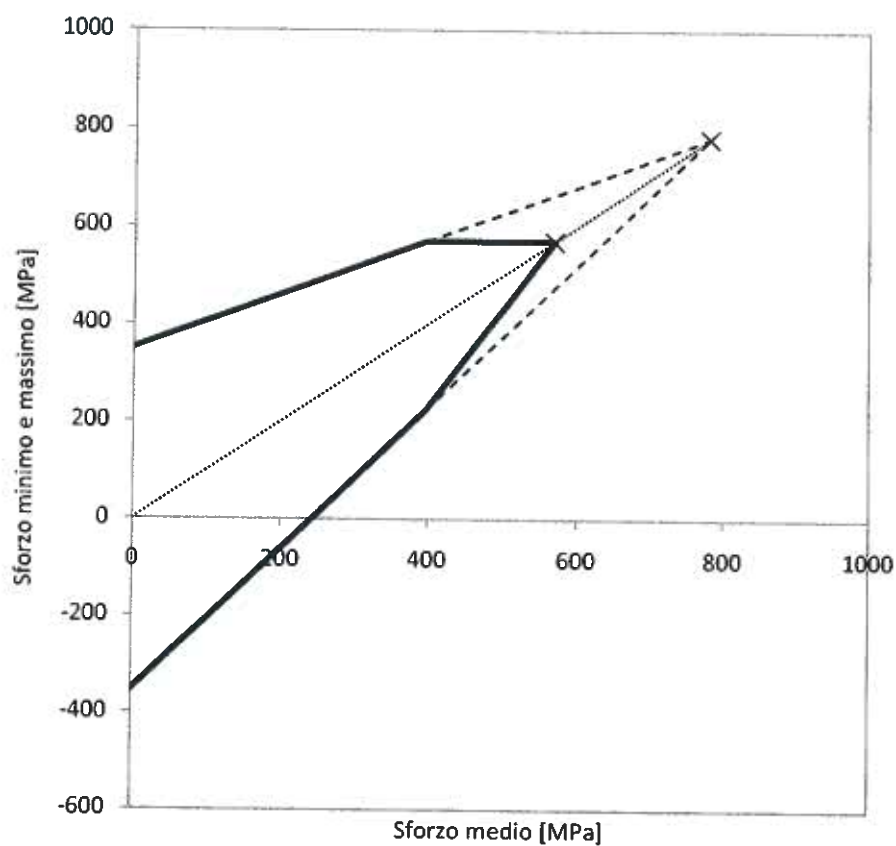


Figura 6: Diagramma di Smith semplificato per il campione B  
(EN 10083 39NiCrMo3, caratteristiche tensili da certificati produttore).