



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



*Ministero dello Sviluppo Economico*

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

## Caratterizzazione fuori pila di materiali strutturali

*A. Gessi, N. Bettocchi, S. Storai*

CARATTERIZZAZIONE FUORI PILA DI MATERIALI STRUTTURALI

A. Gessi, N. Bettocchi, S. Storai (ENEA)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Governo, Gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: Nuovo nucleare da fissione: collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare

Responsabile Progetto: Paride Meloni, ENEA

**Titolo**

**Caratterizzazione fuori pila di materiali strutturali**

**Descrittori**
**Tipologia del documento:** Rapporto Tecnico

**Collocazione contrattuale:** Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca "Nuovo nucleare da fissione"

**Argomenti trattati:** Caratterizzazione dei materiali  
 Generation IV Reactors

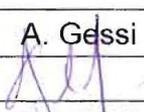
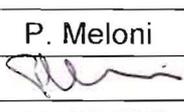
**Sommario**

Il presente rapporto riassume le attività sperimentali di caratterizzazione termo meccanica di materiali innovativi. La definizione "fori pila" è legata alla sinergia con il programma europeo GETMAT FPVII, in particolare con l'esperimento LEXURII, nel quale i medesimi materiali, prima della caratterizzazione meccanica, saranno irraggiati in spettro veloce fino a 16 dpa.

**Note**

Autori: A. Gessi, N. Bettocchi, S. Storai

**Copia n.**
**In carico a:**

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	13/09/2011	NOME	A. Gessi	M. Tarantino	P. Meloni
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	13/9/2011	REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Distrib.</b>	<b>Pag.</b>	<b>di</b>
	NNFISS – LP3 - 024	0	L	2	29

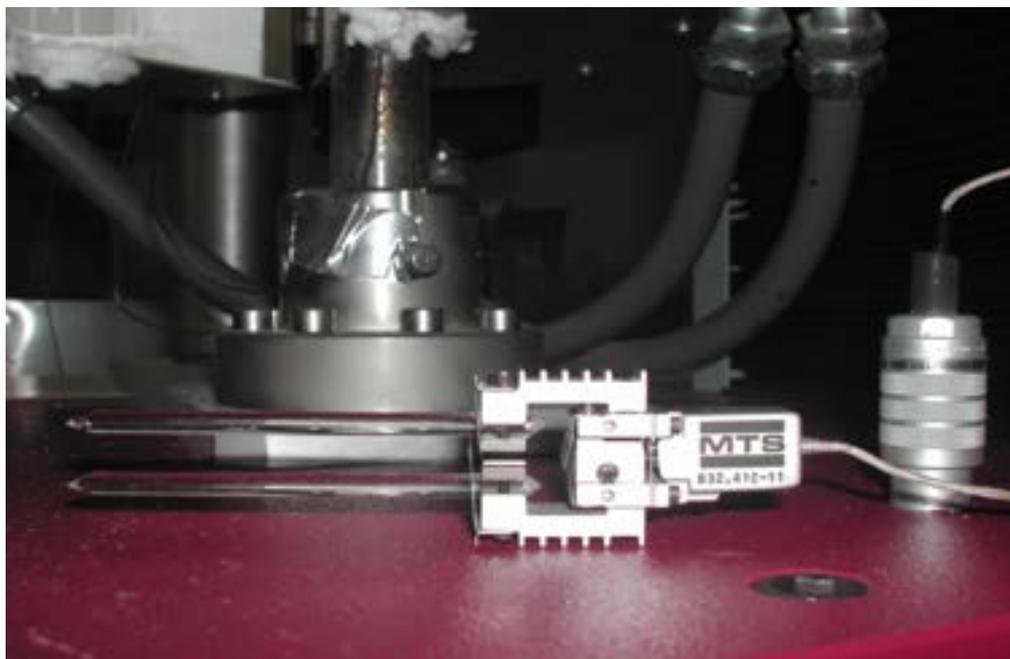
## Sommario

Introduzione.....	3
Matrice di prova.....	3
Registrazione Campioni .....	6
Misura provette.....	7
Conclusioni:.....	29
References .....	29





*Figura 1 Attrezzatura utilizzata*



*Figura 2: Estensimetro per alte temperature MTS*

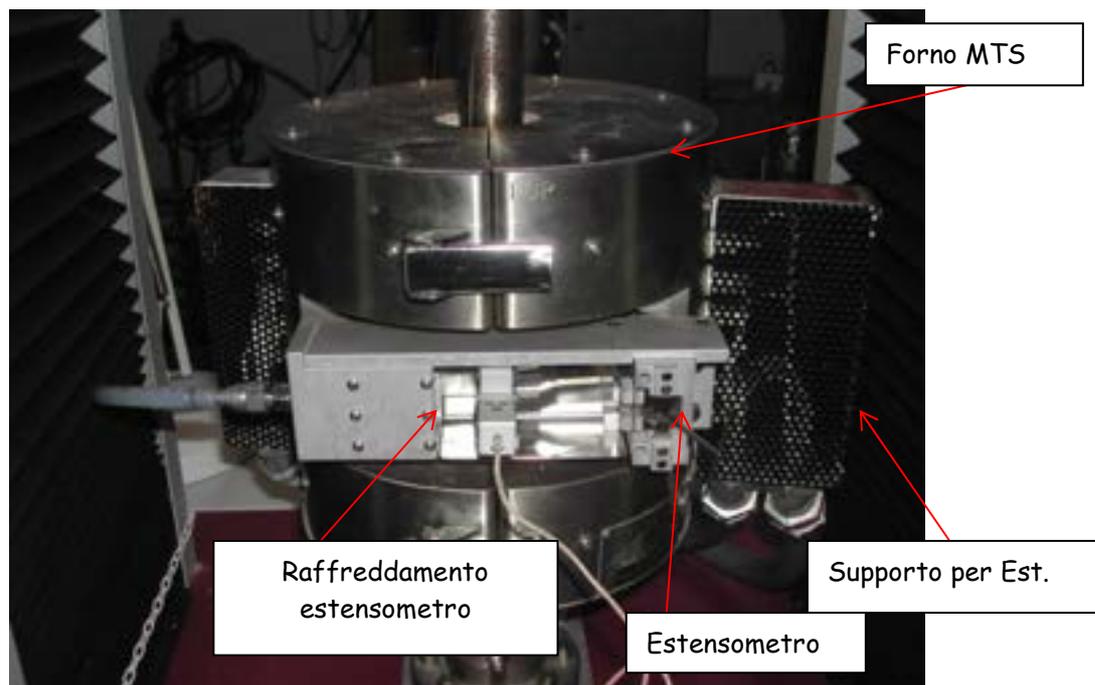


Figura 3: Forno e strumentazione di misura

I campioni sono dimensionati secondo le vigenti normative, con diametro resistente max di  $\varnothing$  3mm, essere preparati, con due bulinature nella parte a ridosso del filetto ininfluenti ai fini delle misure per alloggiare due TC Tipo "K" per il corretto controllo delle temperature che in questo caso erano di 500 °C.



Figura 4: Campione



Figura 5: Campione montato e strumentato

Nel rapporto allagato di seguito attestante le misure pre e post prova di tutti i campioni, si puo' notare l'assenza delle misure pre-prova di alcuni. In quanto non piu' ovviamente rilevabili i valori che abbiamo attribuito per effettuare i test, ed eseguire i

calcoli, sono derivati dalla media aritmetica dei campioni vergini appartenenti allo stesso lotto, di seguito l'elenco dei campioni interessati:

1. AISI 316 LN ( PM 07406 [10]; PM 07506 [11]; PM 07606 [12])
  - Diametro: 3.00 mm
  - Lunghezza tratto calibrato: 13.27 mm
2. 9Cr2WVTa ( PM 09106 [27]; PM 09006 [26]; PM 08906 [25])
  - Diametro: 2.99 mm
  - Lunghezza tratto calibrato: 13.43 mm

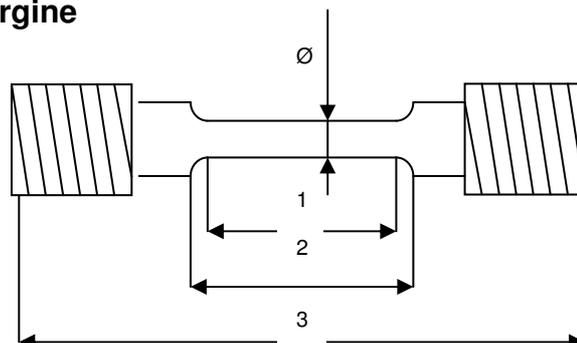
Da rilevare che i campioni testati cioè Post-PROVA, in impianto Lecor, presentano il tratto calibrato decisamente provato e fuori asse .

I campioni testati si possono reperire presso il Laboratorio Prove Meccaniche del C.R. Brasimone STO 04

## Registrazione Campioni

Il lavoro riguarda la misura di provette cinesi vergini e testate in impianto CHEOPEIII. L'analisi ha lo scopo di dimensionare le provette da sottoporre a prova di trazione

- **PM 08411 [ 1 ] - ex PM 15505 (12CrWTi Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = metrologia - SEM**  
**provetta testata a 450 °C in impianto CHEOPEIII**
- **PM 08511 [ 2 ] - ex PM 15605 (12CrWTi Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = metrologia - SEM**  
**provetta vergine**
- **PM 08611 [ 13 ] - ex PM 07706 (AISI 316 LN) = metrologia - SEM**  
**provetta vergine**
- **PM 08711 [ 14 ] - ex PM 07806 (AISI 316 LN) = metrologia - SEM**  
**provetta vergine**
- **PM 08811 [ 15 ] - ex PM 07906 (AISI 316 LN) = metrologia - SEM**  
**provetta vergine**
- **PM 08911 [ 28 ] - ex PM 09206 (9Cr2WVTa) = metrologia - SEM**  
**provetta vergine**
- **PM 09011 [ 29 ] - ex PM 09306 (9Cr2WVTa) = metrologia - SEM**  
**provetta vergine**
- **PM 09111 [ 30 ] - ex PM 09406 (9Cr2WVTa) = metrologia - SEM**  
**provetta vergine**



## Misura provette

Provino n°	Provetta	[1] (mm)	[2] (mm)	[3] (mm)	∅ (mm)	Materiale	Note
PM 08411	1	13,40	19,69	51,64	3,06	12CrWTi Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ex PM 15505 - testata
PM 08511	2	13,76	20,43	51,58	2,97	12CrWTi Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ex PM 15605 - vergine
PM 08611	13	13,01	19,80	51,54	3,01	AISI 316 LN	ex PM 07706 - vergine
PM 08711	14	13,99	20,16	51,37	3,01	AISI 316 LN	ex PM 07806 - vergine
PM 08811	15	12,81	19,72	51,25	2,98	AISI 316 LN	ex PM 07906 - vergine
PM 08911	28	13,04	19,37	51,37	3,00	9Cr2WVTa	ex PM 09206 - vergine
PM 09011	29	13,62	19,66	51,22	2,99	9Cr2WVTa	ex PM 09306 - vergine
PM 09111	30	13,64	19,72	51,45	3,00	9Cr2WVTa	ex PM 09406 - vergine

### MISURA EFFETTUATA CON: microscopio ottico di misura Hisomet – micrometro centesimale

Le prove in oggetto sono state eseguite a temperatura di 500°C e con copertura di gas Argon flussato dall'alto verso il basso. In Fig.6 si può notare la cannula in acciaio Aisi 316l per l'ingresso del gas che, dopo l'opportuno tamponamento del forno, permette di mantenere così l'ambiente inerte per tutto il test fino a completo raffreddamento del campione in modo da non permettere ossidazione.

In Fig 7 invece è possibile notare il posizionamento delle termocoppie di controllo e regolazione della temperatura, questo ci permette di avere l'assoluta certezza del valore misurato, il campione non è un campione vergine e l'ossido che si vede è per effetto della sua esposizione.

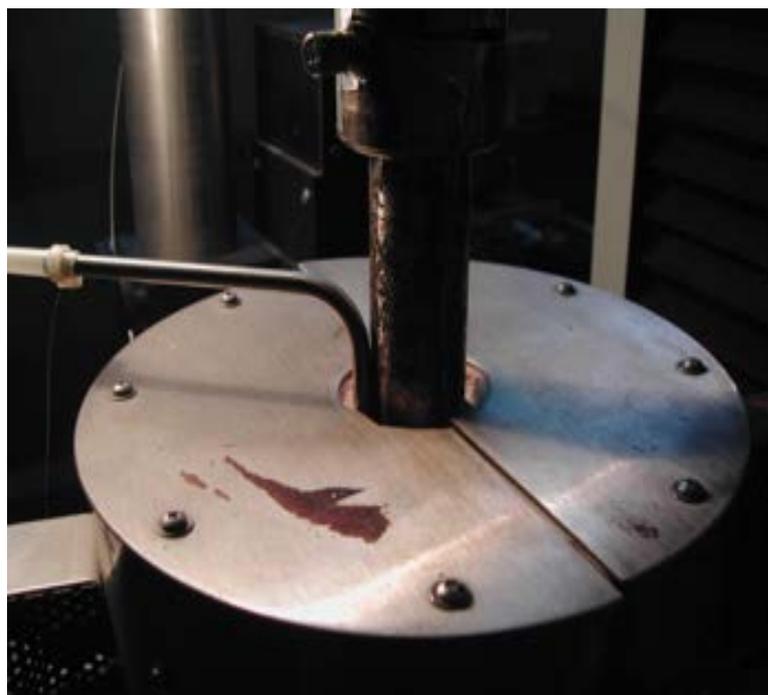


Figura 6: Copertura Gas Argon



Figura 7: Campione post test



Figura 8: Configurazione di test completa

Di seguito si potranno trovare tutti i dati completi di grafici divisi per materiale, per situazione vergine o esposto in Lecor ed anche un riassunto al termine di ogni gruppo che sono:

AISI 316 LN	vergini/testati
9Cr2WVTa	vergini/testati
12CrWTi Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	vergini/testati

Per avere un quadro piu' immediato della situazione dati nella tabella riassuntiva e comparativa di seguito riportata si sono evidenziati i parametri di maggior rilievo per questo tipo di test gia' raggruppati in valor medio aritmetico e confrontabili direttamente fra loro.

**VALORI MEDI RELATIVI A:**

- Modulo di Young (E)
- Carico Massimo (F<sub>max</sub>)
- Sforzo al carico massimo (σ<sub>max</sub>)
- Carico di snervamento 0,2% (F<sub>s0.2%</sub>)

Tabella riassuntiva e comparativa valori medi				
Lotto Campioni	E [N/mm <sup>2</sup> ]	F <sub>max</sub> [kN]	σ <sub>max</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	F <sub>s0.2%</sub> [kN]
AISI 316 LN vergini	116305	3.41	482	1.25
AISI 316 LN testati	143869	3.35	473	1.58
9Cr2WVTa vergini	172543	2.66	378	2.14
9Cr2WVTa testati	155122	2.51	357	2.08
12CrWTi Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> vergine	202722	5.55	802	5.25
12CrWTi Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> testato	184799	5.41	736	5.01

Altri dati inerenti i test sono ovviamente riportati a bordo dei grafici dei singoli test e dei riepilogativi di lotto, sono comunque a disposizione presso il Laboratorio prove meccaniche per qualsiasi ulteriore necessaria valutazione.

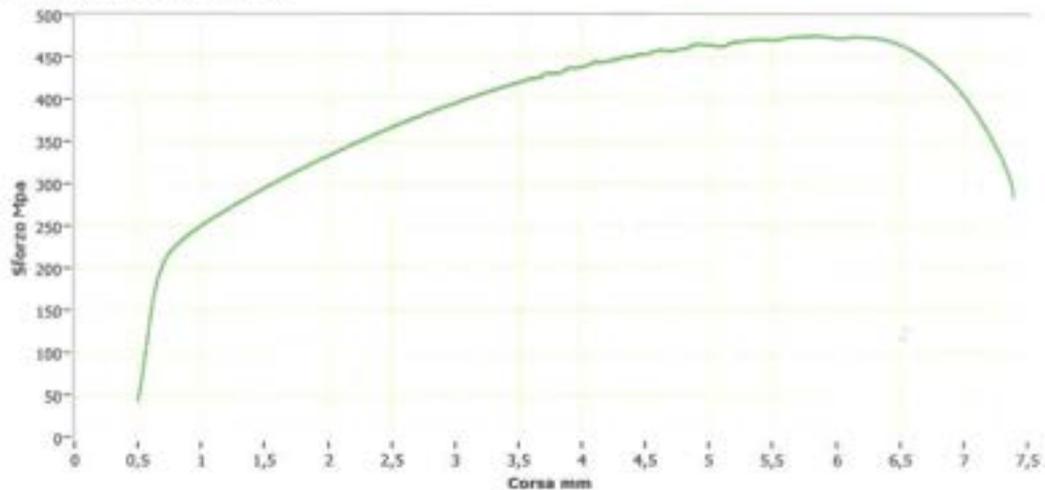


Lab. Prove Meccaniche  
 C.P. Brindani 40032 Campagnano (Bo)  
 Tel. 0534-803343-803204

**Data:** 18 aprile 2011  
**Tipo test:** Trazione con estensimetro  
**Lotto campioni:** AISI 316 LN cinese VERGINE  
**Temperatura test:** 500 °C  
**Estensimetro:** Estensimetro 1  
**Macchina:** MetrocM  
**Cella di carico:** 50 kN  
**Variabile di controllo:** Corsa  
**Materiale:** AISI 316 LN cinese  
**Caratteristiche del campione:** campione vergine  
**Procedura:** trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 39,06		
Diametro [mm]	: 3,01	Carico massimo Fmax [kN]	: 3,39	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 475,74
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,12	Carico ultimo Fu [kN]	: 2,02	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 283,71
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,01	Snervamento superiore Fel [kN]	: 1,51	O se_h [N/mm <sup>2</sup> ]	: 211,84
		Snervamento inferiore Fel [kN]	: 1,50	O se_l [N/mm <sup>2</sup> ]	: 211,28
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 1,34	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 188,15
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 1,46	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 205,12
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 1,58	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 222,21
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 121455		
		Strizione Z [%]	: 5,44		

**Nome del campione:** PM 08611 [13]

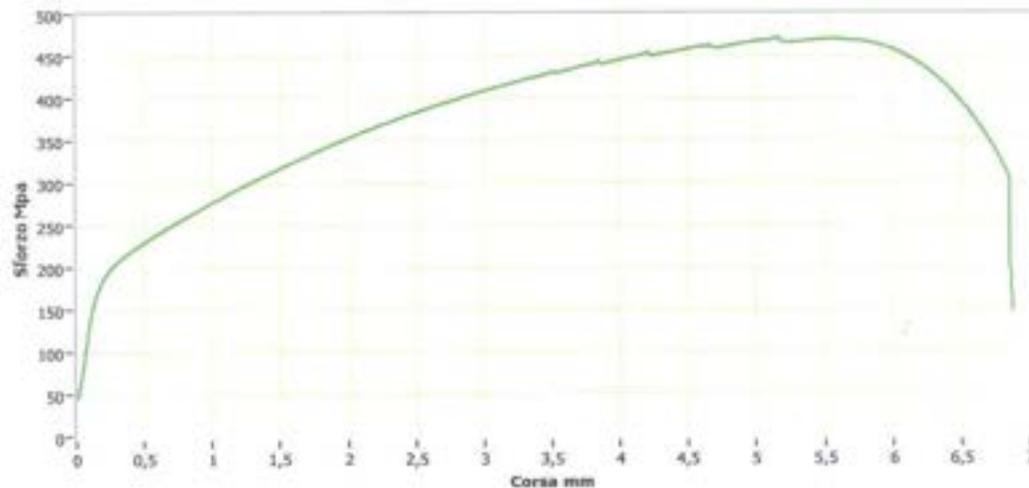



 Lab. Prove Meccaniche  
 C.R. Bracciano 40032 Capotigno (Br)  
 Tel. 0534-801443-801204

Data:	18 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	AISI 316 LN cinese vergine
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	AISI 316 LN cinese
Caratteristiche del campione:	campione vergine
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 35,18		
Diametro [mm]	: 3,01	Carico massimo Fmax [kN]	: 3,36	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 472,09
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,12	Carico ultimo Fu [kN]	: 1,04	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 146,24
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,99	Snervamento superiore FeH [kN]	: 2,14	O se_h [N/mm <sup>2</sup> ]	: 300,23
		Snervamento inferiore FeL [kN]	: 2,12	O se_l [N/mm <sup>2</sup> ]	: 298,52
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 1,16	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 162,98
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 1,29	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 181,32
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 1,42	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 199,66
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 111320		
		Strizione Z [%]	: 16,00		

Nome del campione: PH 08711 [14]

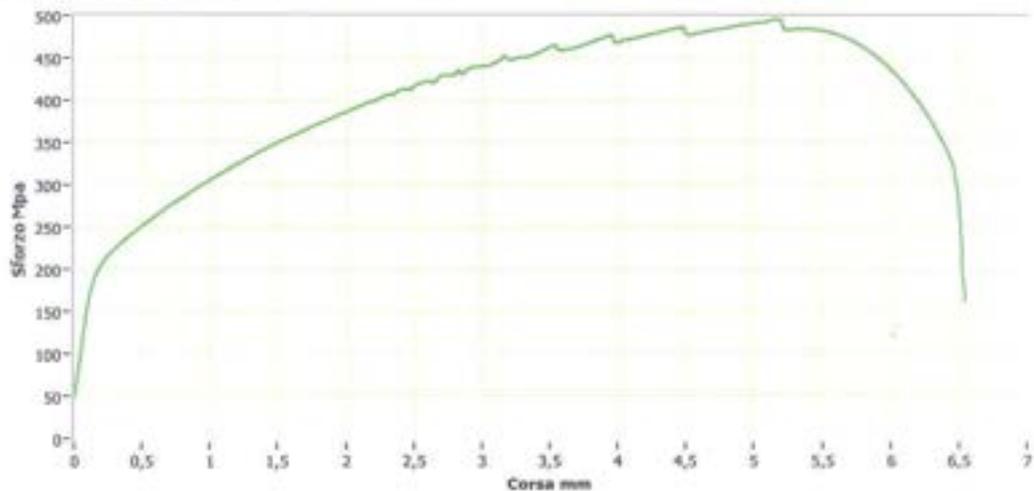



 Lab. Prove Meccaniche  
 C.P. Brasimone 40032 Casignone (Bo)  
 Tel. 0534-803343-806204

Data:	19 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	AISI 316 LN cinese VERGINE
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	AISI 316 LN cinese
Caratteristiche del campione:	campione vergine
Procedura :	trazione 500 °C

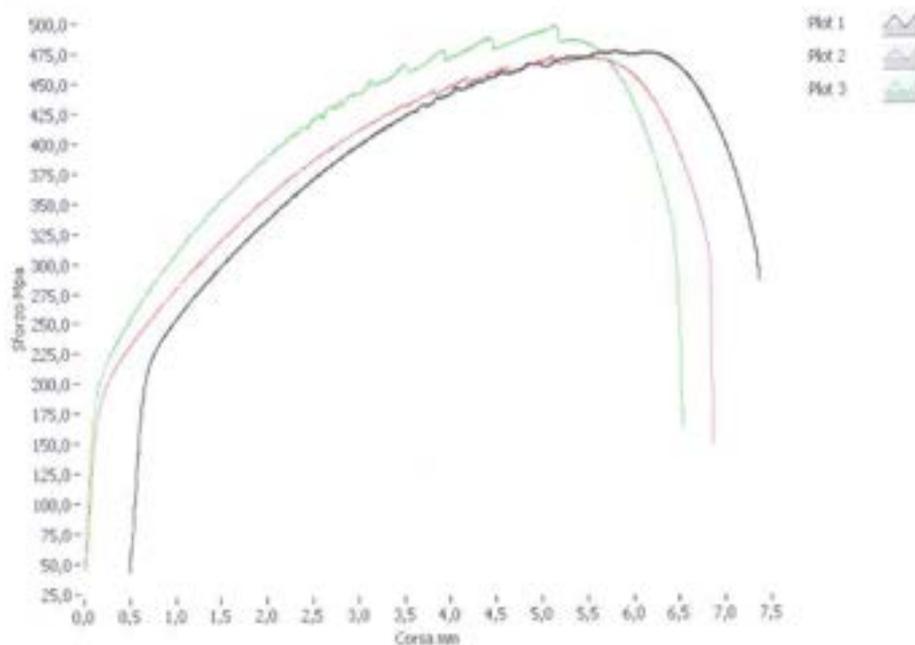
Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 38,65		
Diametro [mm]	: 2,98	Carico massimo Fmax [kN]	: 3,47	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 497,10
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 6,97	Carico ultimo Fu [kN]	: 1,12	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 160,94
Tratto calibrato L0 [mm]	: 12,81	Snervamento superiore FeH [kN]	: 1,95	O se_h [N/mm <sup>2</sup> ]	: 280,51
		Snervamento inferiore FeL [kN]	: 1,95	O se_l [N/mm <sup>2</sup> ]	: 279,81
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 1,24	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 178,13
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 1,37	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 195,91
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 1,49	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 213,58
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 116140		
		Strizione Z [%]	: 7,11		

Nome del campione: PM 08811 [15]



 Lab. Fluidi Dinamici C.P. Bassano 40032 Casoleone (Pd) Tel. 0534-60141-606294	Data: 29 aprile 2011. Tipo test: Trazione con estensimetro Lotto campioni: AISI 316 LN cinese Temperatura test: VERGINE Estensimetro: 500 °C Macchina: Estensimetro 1 Cella di carico: MetroCOM Variabile di controllo: 50 kN Corsa
	Materiale: AISI 316 LN cinese.

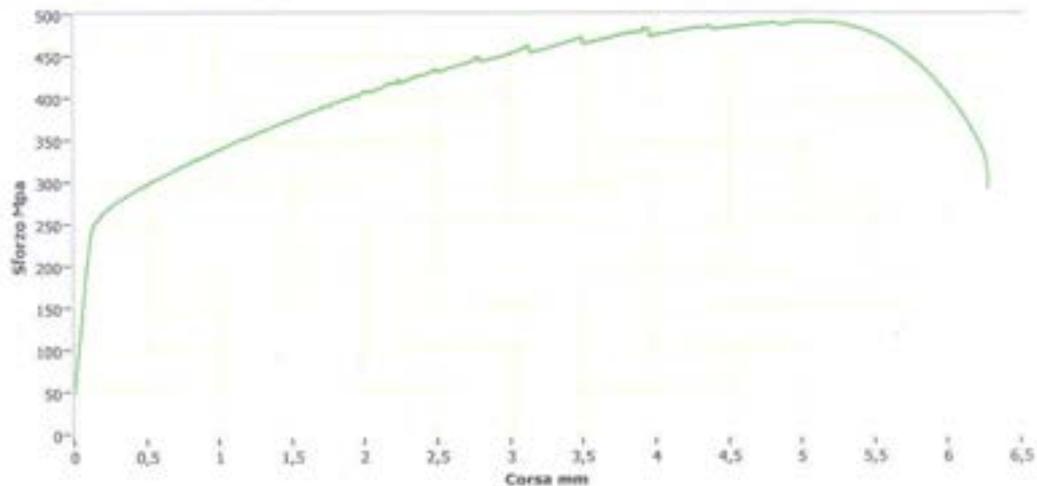
	Nome del campione	Fs 0,2% [kN]	Ft [kN]	Fmax [kN]	Fu [kN]	Os0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	O t [N/mm <sup>2</sup> ]	O max [N/mm <sup>2</sup> ]	O u [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	Agf [%]
1	PM 08611 [13]	1,34	1,58	3,39	2,02	188,15	222,21	475,74	283,71	121455	35,1
2	PM 08711 [14]	1,16	1,42	3,36	1,04	162,98	199,66	472,09	146,24	111320	35,2
3	PM 08811 [15]	1,24	1,49	3,47	1,12	178,13	213,58	497,10	160,94	116340	38,6
	Media	1,25	1,50	3,41	1,39	176,42	211,82	481,64	196,96	116305,0	37,63




 Lab. Prove Meccaniche  
 C.P. Braconne - 40032 Campiano (Bo)  
 Tel. 051-480143-808204

Data:	21 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	AISI 316 LN cinese Testati
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetroCOM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	AISI 316 LN cinese
Caratteristiche del campione:	campione testato
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 35,88		
Diametro [mm]	: 3,00	Carico massimo Fmax [kN]	: 3,48	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 491,87
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,07	Carico ultimo Fu [kN]	: 2,05	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 290,08
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,27	Snervamento superiore FeH [kN]	: 2,77	O se_h [N/mm <sup>2</sup> ]	: 391,20
		Snervamento inferiore FeL [kN]	: 2,76	O se_l [N/mm <sup>2</sup> ]	: 390,17
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 1,77	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 250,18
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 1,82	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 257,52
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 1,90	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 269,33
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 160840		
Nome del campione: PM 07406 [10]		Strizione Z [%]	: 11,11		

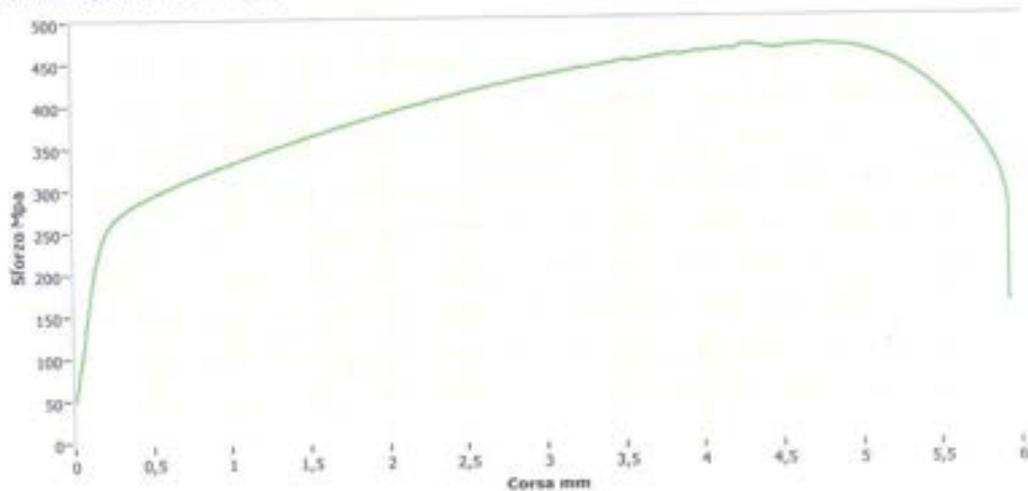



 Lab. Prove Meccaniche  
 C.P. Braconato 40032 Camignone (Bo)  
 Tel. 0514-801043-801204

Data:	21 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	AISI 316 LN cinese Testati
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	Metrocam
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	AISI 316 LN cinese
Caratteristiche del campione:	campione testato
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 33,47		
Diametro [mm]	: 3,00	Carico massimo Fmax [kN]	: 3,31	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 468,25
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,07	Carico ultimo Fu [kN]	: 1,11	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 156,85
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,27	Snervamento superiore Fel [kN]	: 2,28	O se_h [N/mm <sup>2</sup> ]	: 322,76
		Snervamento inferiore Fel [kN]	: 2,28	O se_l [N/mm <sup>2</sup> ]	: 322,18
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 1,60	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 226,90
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 1,77	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 250,29
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 1,90	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 268,41
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 119548		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

Nome del campione: PM 07506 [11]



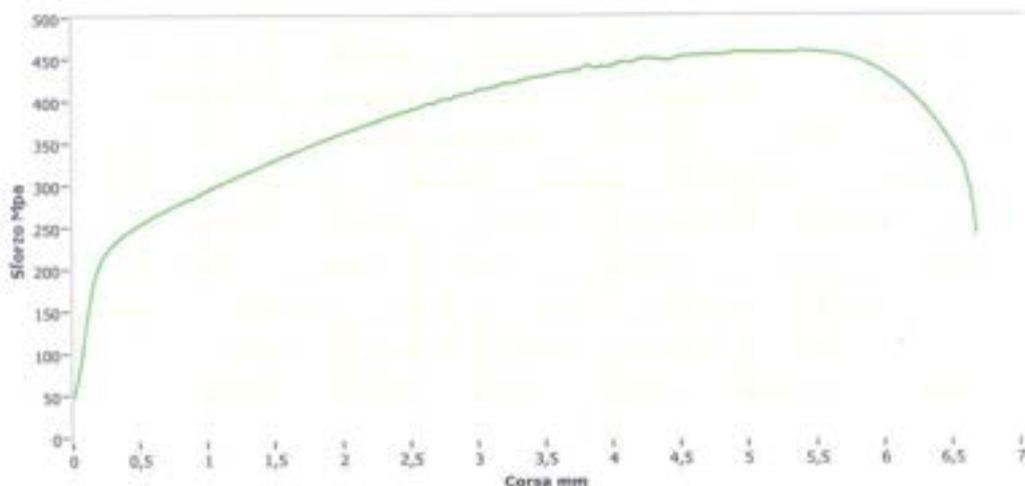


Lab. Prove Meccaniche  
CR. Braconero - 40032 Casignola (Bo)  
Tel. 0534-801143-801204

Data: 26 aprile 2011  
 Tipo test: Trazione con estensimetro  
 Lotto campioni: AISI 316 LN cinese Testati  
 Temperatura test: 500 °C  
 Estensimetro: Estensimetro 1  
 Macchina: MetrocoM  
 Cella di carico: 50 kN  
 Variabile di controllo: Corsa  
 Materiale: AISI 316 LN cinese  
 Caratteristiche del campione: campione testato  
 Procedura: trazione 500 °C

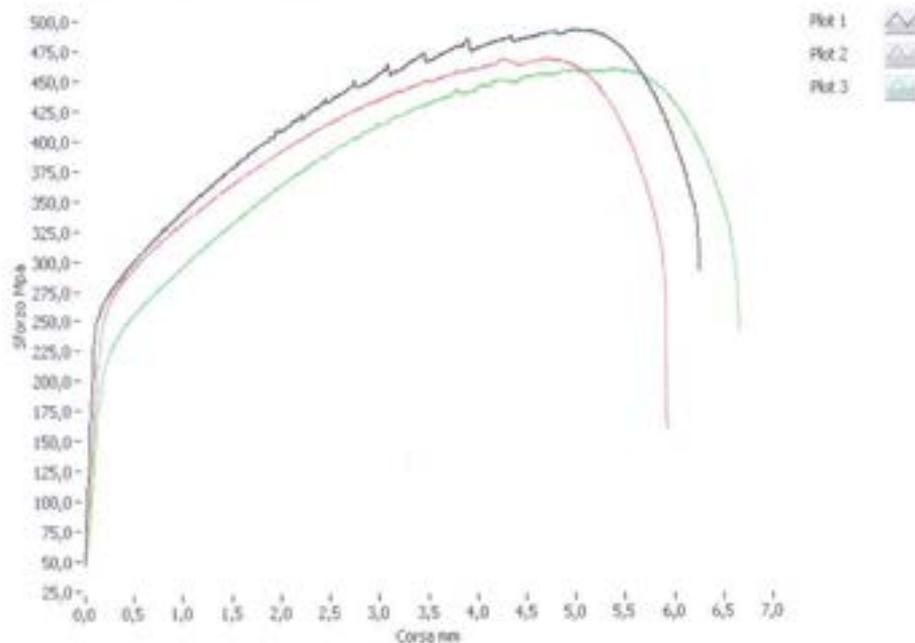
Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 38,59		
Diametro [mm]	: 3,00	Carico massimo Fmax [kN]	: 3,25	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 459,08
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,07	Carico ultimo Fu [kN]	: 1,68	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 238,37
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,27	Snervamento superiore FeH [kN]	: 2,01	O se_h [N/mm <sup>2</sup> ]	: 284,35
		Snervamento inferiore FeL [kN]	: 2,00	O se_l [N/mm <sup>2</sup> ]	: 283,54
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 1,36	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 191,70
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 1,49	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 210,97
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 1,62	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 228,97
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 151220		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

Nome del campione: PM 07606 [12]



 Lab. Prova Meccanica C.R. Bracciano 40032 Capotone (Br) Tel. 0514-601143-600204	Data: 29 aprile 2011 Tipo test: Trazione con estensimetro Lotto campioni: AISI 316 LN cinese Testati Temperatura test: 500 °C Estensimetro: Estensimetro 1 Macchina: MetroCOM Cella di carico: 50 kN Variabile di controllo: Corsa
	Materiale: AISI 316 LN cinese

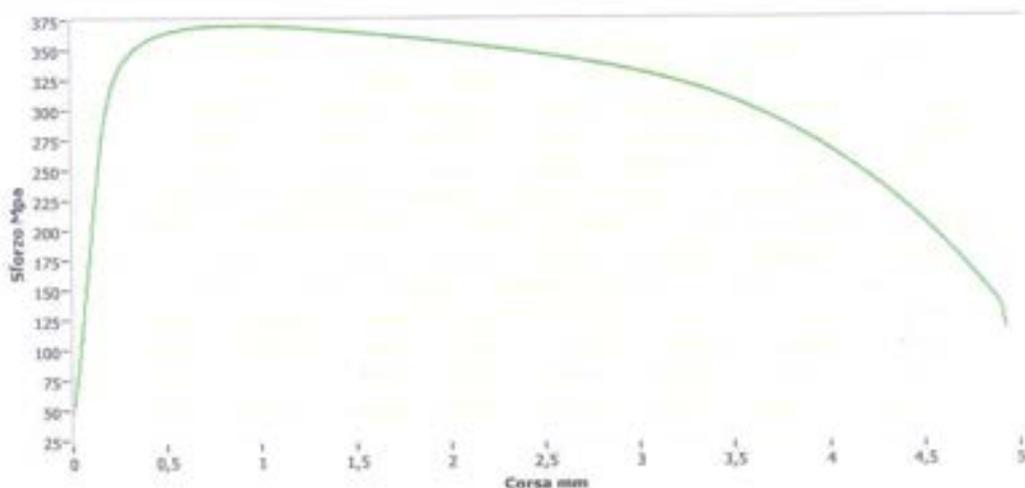
	Nome del campione	Fs 0,2% [kN]	Ft [kN]	Fmax [kN]	Fu [kN]	σ s0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	σ t [N/mm <sup>2</sup> ]	σ max [N/mm <sup>2</sup> ]	σ u [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	Agf [%]
1	PM 07406 [10]	1,77	1,90	3,48	2,05	250,18	269,33	491,87	290,08	160840	35,9
2	PM 07506 [11]	1,60	1,90	3,31	1,11	226,90	268,41	468,25	156,85	119548	33,5
3	PM 07606 [12]	1,36	1,62	3,25	1,68	191,70	228,97	459,08	238,37	151220	38,6
	Media	1,58	1,81	3,35	1,61	222,93	255,57	473,07	228,43	143869,3	36,00




 Lab. Prove Meccaniche  
 C.P. Braconne - 40032 Casignale (Bo)  
 Tel. 0524-801143-801204

Data:	20 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	9Cr2WVTa cinese Vergine
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro I
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	9Cr2WVTa cinese
Caratteristiche del campione:	campione vergine
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 5,84		
Diametro [mm]	: 3,00	Carico massimo Fmax [kN]	: 2,62	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 370,68
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,07	Carico ultimo Fu [kN]	: 0,81	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 114,54
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,04	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 2,52	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 356,46
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 2,12	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 299,48
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 2,29	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 323,33
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 2,42	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 342,13
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 178163		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

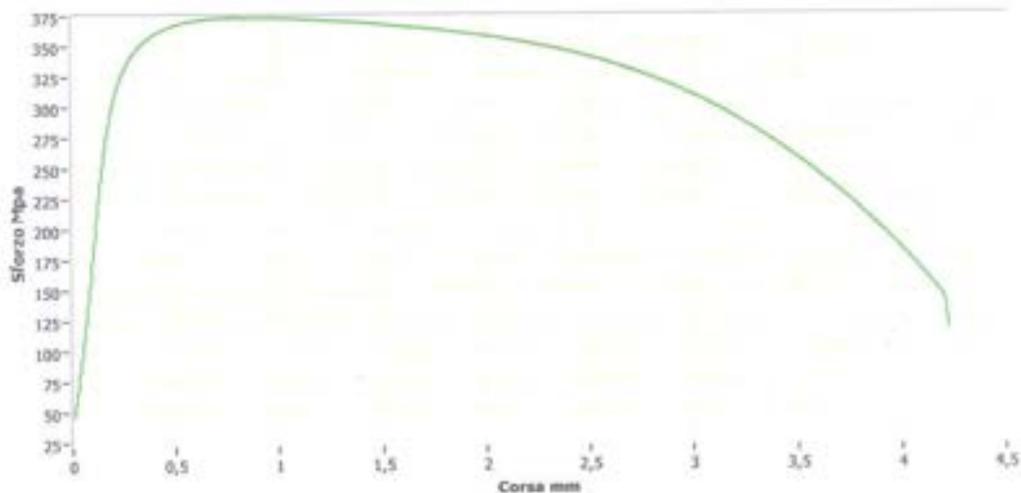
**Nome del campione: PM 08911 [28]**



 Lab. Provi. Ricerche  
 C.R. Braconero - 40032 Camugnano (Bo)  
 Tel. 0534-801143-801204

Data:	20 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	9Cr2WVTa cinese Vergine
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetrocM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	9Cr2WVTa cinese
Caratteristiche del campione:	campione vergine
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 4,81		
Diametro [mm]	: 2,99	Carico massimo Fmax [kN]	: 2,63	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 374,20
Area [mmq]	: 7,02	Carico ultimo Fu [kN]	: 0,81	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 115,65
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,62	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 2,51	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 357,24
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 2,07	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 295,02
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 2,26	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 321,80
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 2,42	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 343,96
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 163817		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

Nome del campione: PM 09011 [29]

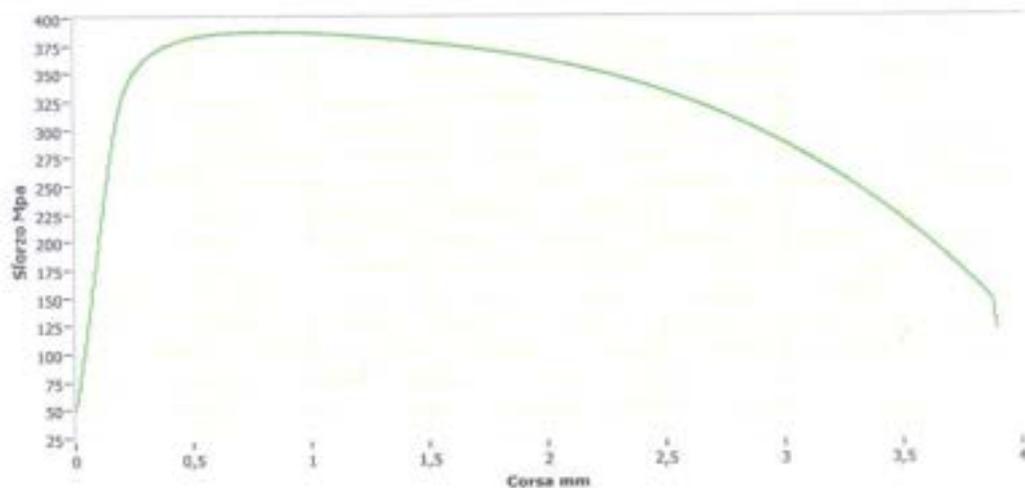



 Lab. Prove Meccaniche  
 C.R. Braconzo - 40032 Casignone (Pr)  
 Tel. 0534-801143-801204

Data:	19 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	9Cr2WVTa cinese Vergine
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	9Cr2WVTa cinese
Caratteristiche del campione:	campione vergine
Procedura :	trazione 500 °C

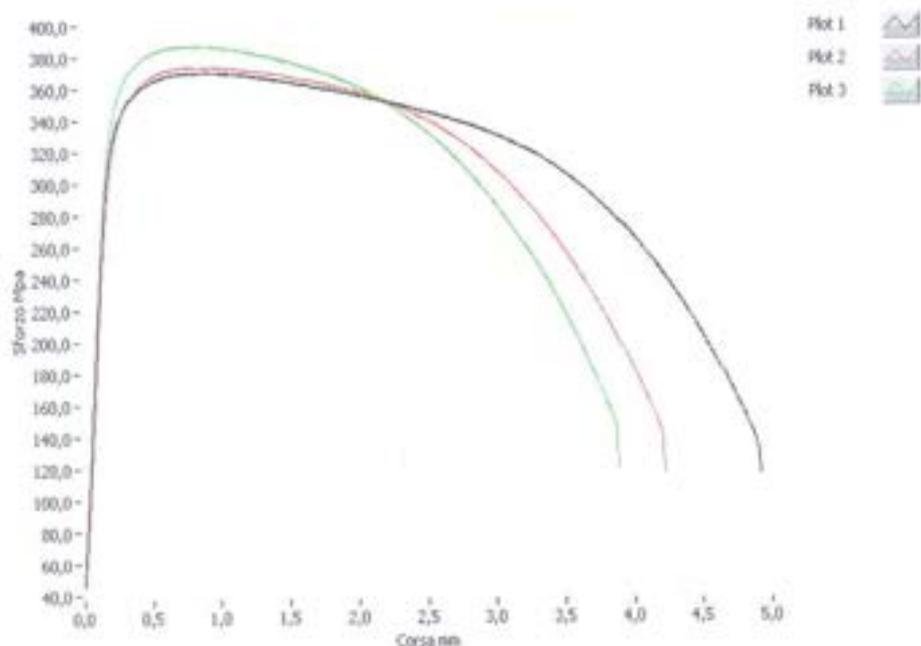
Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 5,18		
Diametro [mm]	: 3,00	Carico massimo Fmax [kN]	: 2,74	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 387,76
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,07	Carico ultimo Fu [kN]	: 0,84	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 118,55
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,64	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 2,65	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 375,15
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 2,24	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 317,60
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 2,42	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 342,25
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 2,56	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 361,51
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 175651		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

Nome del campione: PM 09111 [30]



 Lab. Prove Meccaniche C.P. Braconero 40032 Casignola (Bo) Tel. 051480043-801204	Data: 29 aprile 2011 Tipo test: Trazione con estensimetro Lotto campioni: 9Cr2WVTa cinese Vergine Temperatura test: 500 °C Estensimetro: Estensimetro 1 Macchina: Metrocom Cella di carico: 50 kN Variabile di controllo: Corsa
	Materiale: 9Cr2WVTa cinese Caratteristiche del campione: campione vergine

	Nome del campione	Fs 0,2% [kN]	Ft [kN]	Fmax [kN]	Fu [kN]	O s0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	O t [N/mm <sup>2</sup> ]	O max [N/mm <sup>2</sup> ]	O u [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	Agt [%]
1	PM 08911 [28]	2,12	2,42	2,62	0,81	299,48	342,13	370,68	114,54	178163	5,8
2	PM 09011 [29]	2,07	2,42	2,63	0,81	295,02	343,96	374,20	115,65	163817	4,8
3	PM 09111 [30]	2,24	2,56	2,74	0,84	317,60	361,51	387,76	118,55	175651	5,2
	Media	2,14	2,47	2,66	0,82	304,03	349,20	377,55	116,25	172543,7	5,27

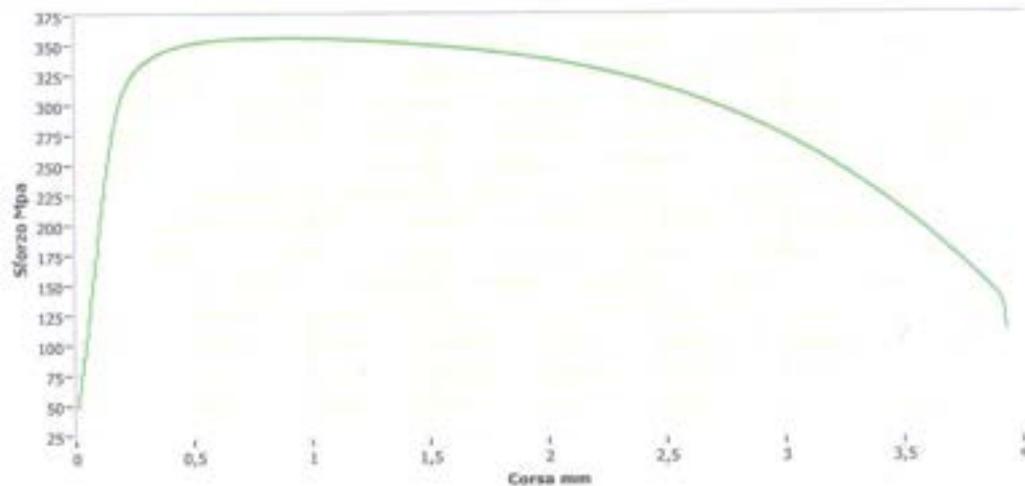



 Lab. Franco Meccaniche  
 C.R. Braconate 40032 Casugnano (Rv)  
 Tel. 0334-601043-601204

Data:	26 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	9Cr2WVTa cinese Testati
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	9Cr2WVTa cinese
Caratteristiche del campione:	campione testato
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 5,42		
Diametro [mm]	: 2,99	Carico massimo Fmax [kN]	: 2,50	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 356,43
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,02	Carico ultimo Fu [kN]	: 0,77	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 110,00
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,43	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 2,42	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 345,23
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 2,06	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 293,41
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 2,22	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 316,38
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 2,35	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 334,38
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 168330		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

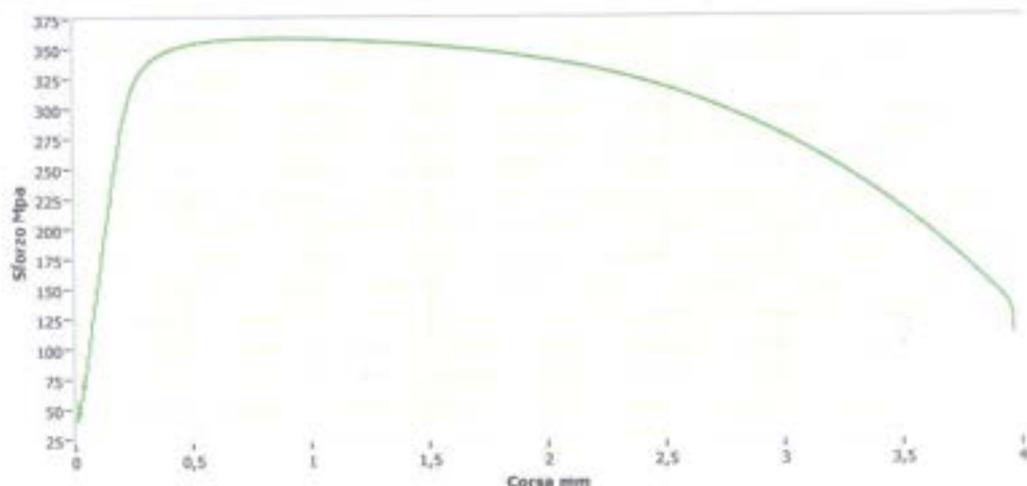
Nome del campione: PM 08906 [25]




 Lab. Prove Meccaniche  
 C.R. Braconne 40032 Casignone (Bo)  
 Tel. 0521/801143-801204

Data:	27 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	9Cr2WVTa cinese Testati
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro I
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	9Cr2WVTa cinese
Caratteristiche del campione:	campione testato
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 5,56		
Diametro [mm]	: 2,99	Carico massimo Fmax [kN]	: 2,52	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 358,85
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,02	Carico ultimo Fu [kN]	: 0,77	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 110,11
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,43	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 2,41	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 342,69
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 2,09	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 297,45
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 2,26	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 321,92
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 2,37	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 337,50
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 136249		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

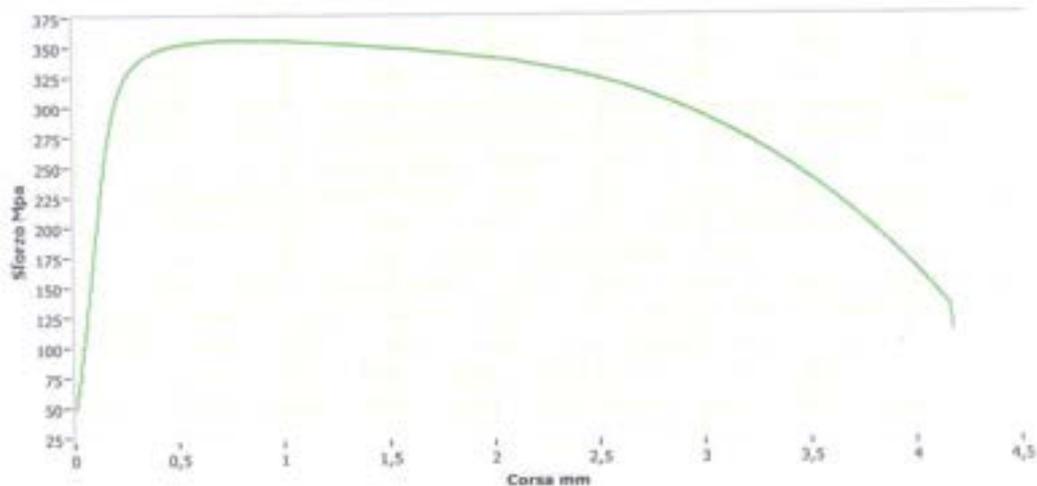
**Nome del campione: PM 09006 [26]**



 Lab. Prove Meccaniche  
 C.R. Bracciano 40032 Capignone (Br)  
 Tel 0514-801143-806204

Data:	27 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	9Cr2WVTa cinese Testati
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	9Cr2WVTa cinese
Caratteristiche del campione:	campione testato
Procedura :	trazione 500 °C

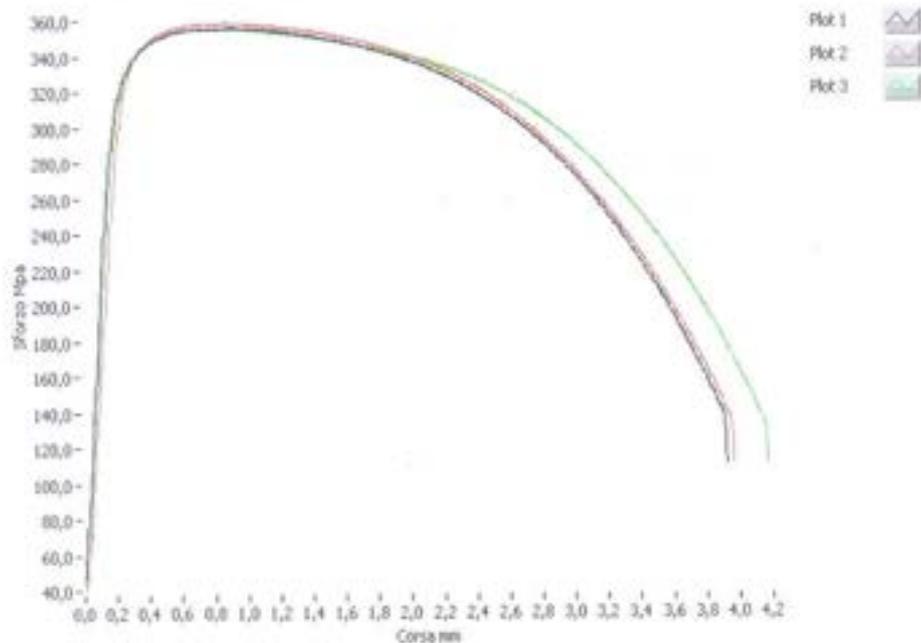
Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 5,19		
Diametro [mm]	: 2,99	Carico massimo Fmax [kN]	: 2,50	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 355,97
Area [mmq]	: 7,02	Carico ultimo Fu [kN]	: 0,77	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 110,11
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,43	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 2,39	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 340,04
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 2,09	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 297,22
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 2,25	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 320,65
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 2,36	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 336,81
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 160789		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

Nome del campione: PM 09106 [27]



 Lab. Prove Meccaniche C.R. Bracciano 40032 Capranica (Br) Tel 0574-60143-601294	Data: 29 aprile 2011 Tipo test: Trazione con estensimetro Lotto campioni: 9Cr2WVTa cinese Testat Temperatura test: 500 °C Estensimetro: Estensimetro 1 Macchina: MetrocM Cella di carico: 50 kN Variabile di controllo: Corsa
	Materiale: 9Cr2WVTa cinese

	Nome del campione	Fs 0,2% [kN]	Ft [kN]	Fmax [kN]	Fu [kN]	σ s0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	σ t [N/mm <sup>2</sup> ]	σ max [N/mm <sup>2</sup> ]	σ u [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	Agt [%]
1	PM 08906 [25]	2,06	2,35	2,50	0,77	293,41	334,38	356,43	110,00	168330	5,4
2	PM 09006 [26]	2,09	2,37	2,52	0,77	297,45	337,50	358,85	110,11	136249	5,6
3	PM 09106 [27]	2,09	2,36	2,50	0,77	297,22	336,81	355,97	110,11	160789	5,2
	Media	2,08	2,36	2,51	0,77	296,03	336,23	357,08	110,07	155122,7	5,40

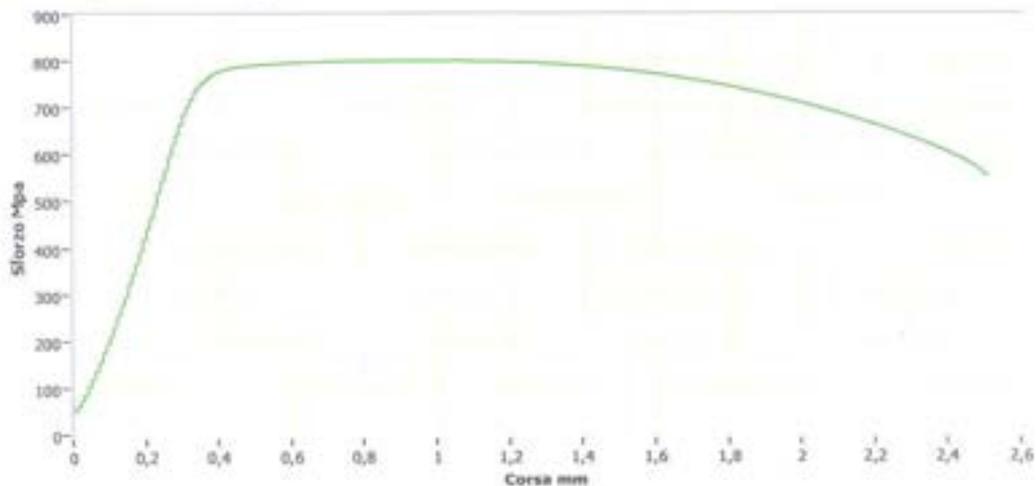



 Lab. Prova Meccanica  
 C.R. Boissano 40032 Casignone (Bo)  
 Tel. 051-481143-801204

Data:	20 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	12CrWTi 2Y 3O cinese Vergine
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	Metrocom
Cella di carico:	50 kN
Variabile di controllo:	Corsa
Materiale:	12CrWTi 2Y 3O
Caratteristiche del campione:	campione vergine
Procedura :	trazione 500 °C

Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 4,59		
Diametro [mm]	: 2,97	Carico massimo Fmax [kN]	: 5,55	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 801,69
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 6,93	Carico ultimo Fu [kN]	: 3,82	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 551,69
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,76	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 5,50	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 793,26
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 5,25	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 758,40
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 5,40	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 778,99
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 5,45	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 786,48
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 202722		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

Nome del campione: PM 08511 [2]



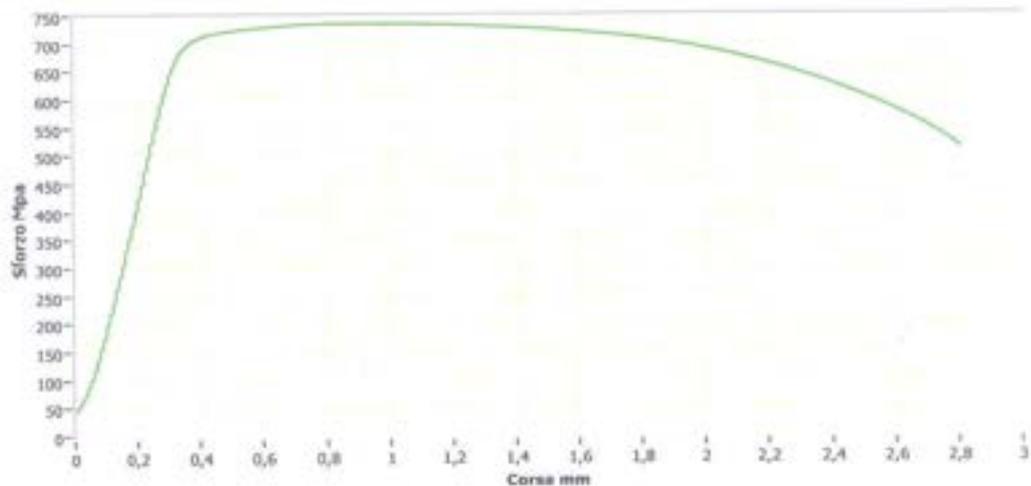


Lab. Prove Meccaniche  
 C.R. Braconero - 40032 Casignola (Bo)  
 Tel. 0534-801143-801204

Data:	28 aprile 2011
Tipo test:	Trazione con estensimetro
Lotto campioni:	12CrWTi 2Y 30 cinese Testato
Temperatura test:	500 °C
Estensimetro:	Estensimetro 1
Macchina:	MetrocoM
Cella di carico:	50 kN
Variable di controllo:	Corsa
Materiale:	12CrWTi 2Y 30 cinese
Caratteristiche del campione:	campione testato
Procedura :	trazione 500 °C

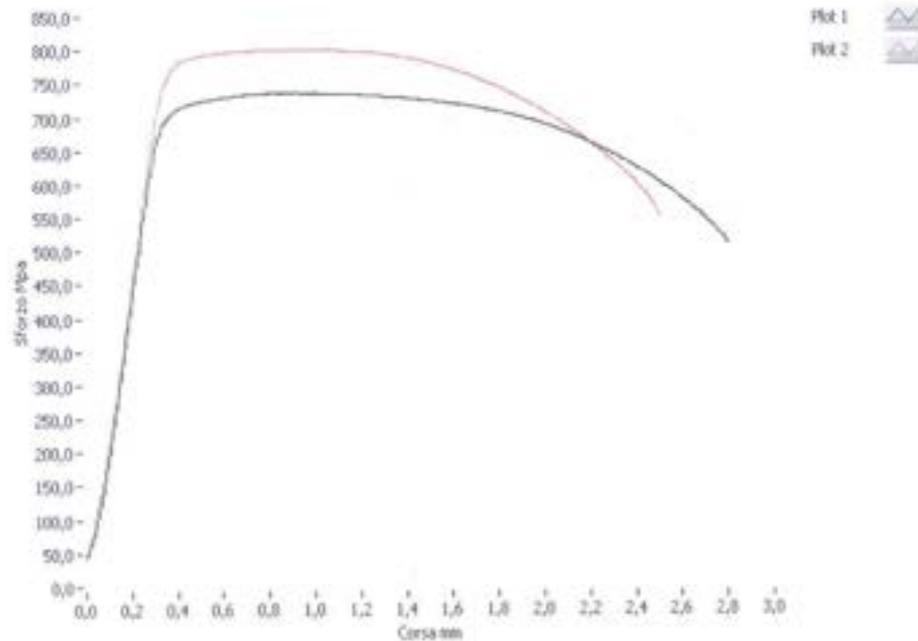
Tipo di sezione	: Cilindrica	Allungamento Agt %	: 5,20		
Diametro [mm]	: 3,06	Carico massimo Fmax [kN]	: 5,41	O smax [N/mm <sup>2</sup> ]	: 736,27
Area [mm <sup>2</sup> ]	: 7,35	Carico ultimo Fu [kN]	: 3,77	O su [N/mm <sup>2</sup> ]	: 512,67
Tratto calibrato L0 [mm]	: 13,40	Carico proporzionale p 1,0% [kN]	: 5,34	O p 1,0% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 725,58
		Carico proporzionale s 0,2% [kN]	: 5,01	O s 0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 680,95
		Carico proporzionale s 0,4% [kN]	: 5,17	O s 0,4% [N/mm <sup>2</sup> ]	: 702,99
		Carico ad allungamento residuo Ft [kN]	: 5,24	O st [N/mm <sup>2</sup> ]	: 712,46
		Modulo elastico E [N/mm <sup>2</sup> ]	: 184799		
		Strizione Z [%]	: 11,11		

Nome del campione: PM 08411 [1]



 Lab. Prova Ricerche CP. Braconzo - 40030 Capranza (Rt) Tel. 0514-80143-801204	<b>Data:</b> 29 aprile 2011 <b>Tipo test:</b> Trazione con estensimetro <b>Lotto campioni:</b> 120WT1 2Y 30 cinese <b>Temperatura test:</b> Vergine <b>Estensimetro:</b> 500 °C <b>Macchina:</b> Estensimetro 1 <b>Cella di carico:</b> Metrocom <b>Variable di controllo:</b> 50 kN cinese
	<b>Materiale:</b> 120WT1 2Y 30

	Nome del campione	Fs 0,2% [kN]	Ft [kN]	Fmax [kN]	Fu [kN]	Os0,2% [N/mm <sup>2</sup> ]	Ot [N/mm <sup>2</sup> ]	Omax [N/mm <sup>2</sup> ]	Ou [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	Agt [%]
1	PM 08411 [1]	5,01	5,24	5,41	3,77	680,95	712,46	736,27	512,67	184799	5,2
2	PM 08511 [2]	5,25	5,45	5,55	3,82	758,40	786,48	801,69	551,69	202722	4,6
	Media	5,13	5,35	5,48	3,79	719,67	749,47	768,98	532,18	193760,5	4,90



 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Distrib.</b>	<b>Pag.</b>	<b>di</b>
	NNFISS – LP3 - 024	0	L	29	29

## Conclusioni:

Le principali conclusioni che si possono derivare da questo lavoro sono:

- L'esiguo numero dei campioni, conseguenza delle difficoltà di reperimento e lavorazione degli stessi non permette una statistica accettabile dei dati
- L'ossidazione dei campioni in Pb sembra inibire in fragilimenti da corrosione
- Il 12CR ODS ha una inattesa modificazione delle sue proprietà meccaniche, risultando più duttile dopo l'esposizione.

## References

- [1] M. Schikorr, E. Ebulis, G. Van den Eynde, L. Mansani, Core thermal hydraulics of XT-ADS», Deliverable D1.53, DM1–DESIGN of EC FP6 EUROTRANS project FI6W-CT-2004-516520.
- [2] W. Maschek, Prog. Nucl. Energy 50 (2008) 333–340.
- [3] D. Gorse et al., Influence of liquid lead and lead–bismuth eutectic on tensile, fatigue and creep properties of ferritic/martensitic and austenitic steels for Transmutation Systems, this issue.
- [4] T. Auger, G. Lorang, J. Nucl. Mater. 335 (2004) 227–231.
- [5] A. Aiello, P. Agostini, G. Benamati, B. Long, G. Scaddozzo, J. Nucl. Mater. 335 (2004) 217–221.