

IL RUOLO DEL MATERIALE NEL CONCURRENT ENGINEERING DI PRODOTTO/PROCESSO

**Ing. Costanzo Pietrosanti
Direttore Ingegneria dei Componenti e dei Sistemi
Centro Sviluppo Materiali SpA
T. Coppola, G. Mannucci, C. Pietrosanti, C. Sciaboni**

MATERIALE

PROCESSO

OTTIMIZZAZIONE

PROGETTAZIONE

I COMPROMESSI DELL'INGEGNERE

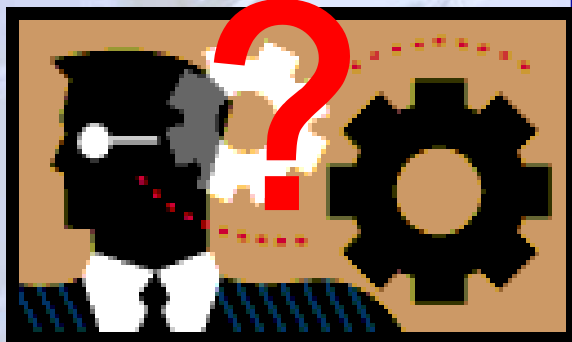
OTTIMIZZAZARE!!!!

**COSTI DI
PRODUZIONE**

**PRESTAZIONI
IN SERVIZIO**

OTTIMIZZAZIONE

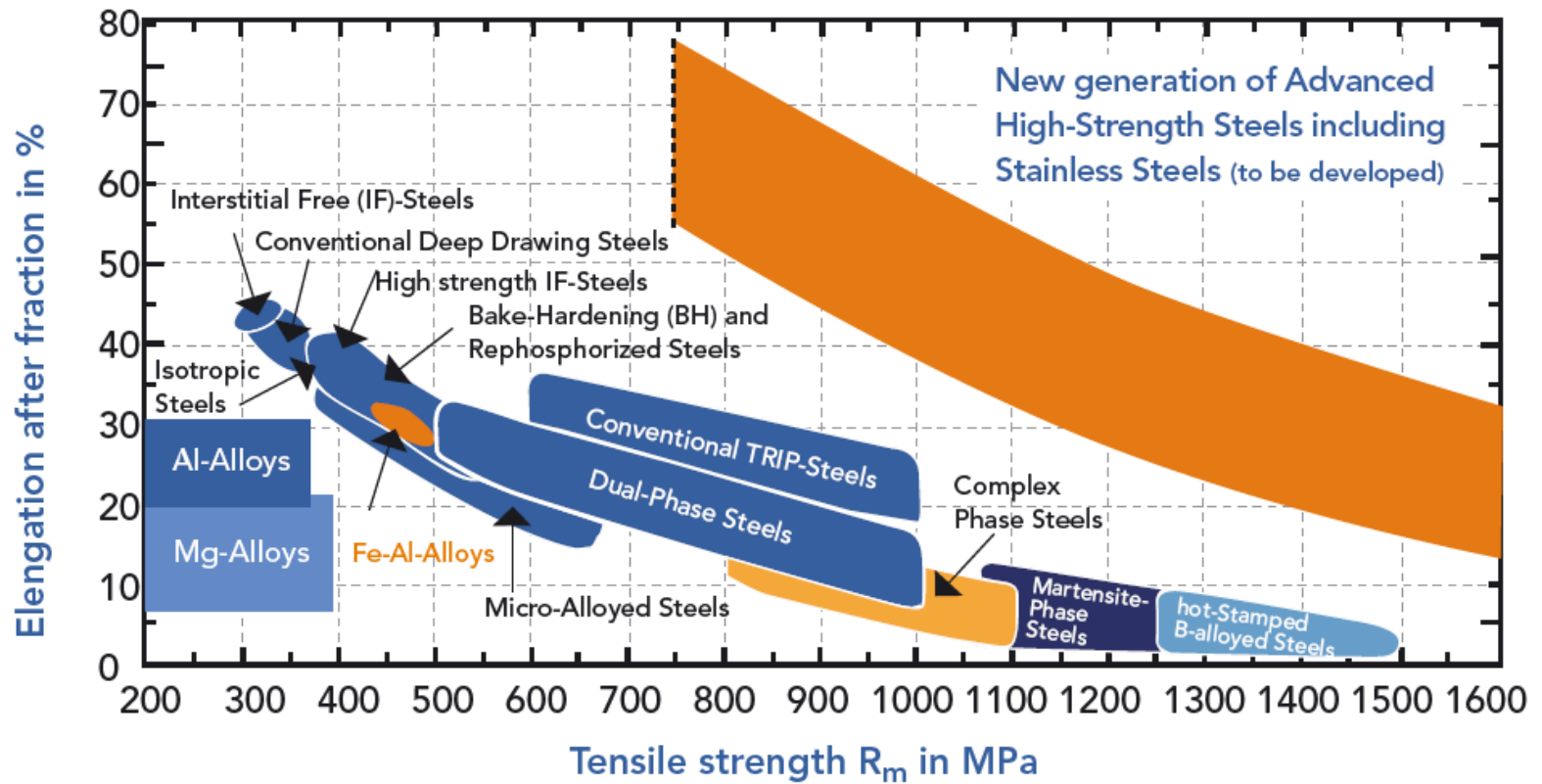
VITA ATTESA



**SCIIEGLIERE UN MATERIALE PER UN
COMPONENTE NON È MAI SCONTATO ANCHE
PER LA CONTINUA EVOLUZIONE
TECNOLOGICA;
L'OTTIMIZZAZIONE DIVIENE UN IMPERATIVO
CHE COINVOLGE LE TECNOLOGIE DI
PRODUZIONE E LA PROGETTAZIONE.**

**L'ACCIAIO È IL MATERIALE DI RIFERIMENTO DI
QUESTA PRESENTAZIONE MA LE
PROBLEMATICHE NON SONO DIVERSE PER GLI
ALTRI METALLI O PER I COMPOSITI**

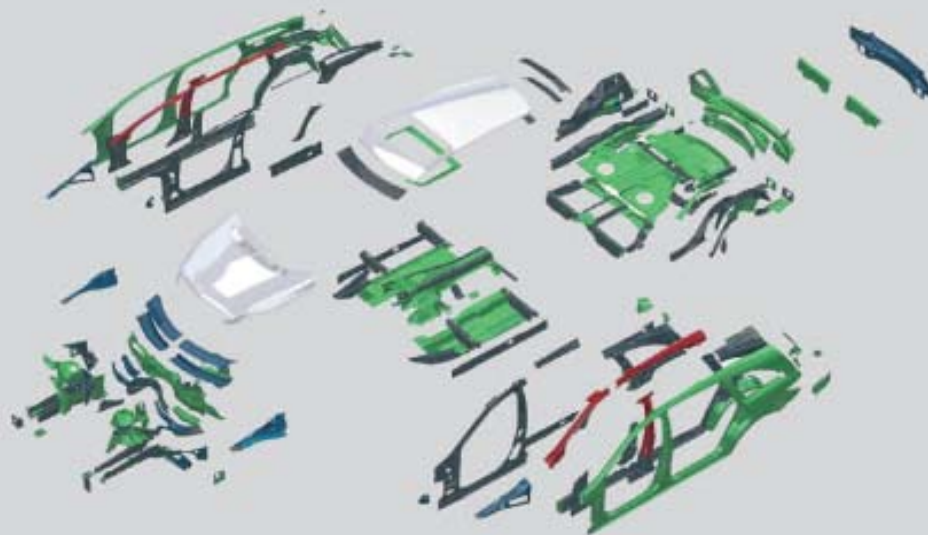
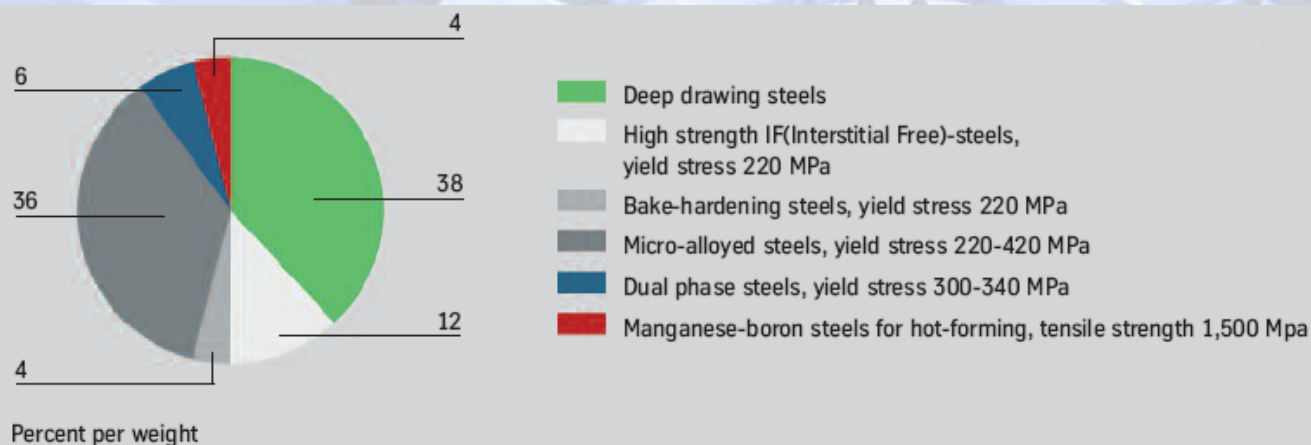
L'OFFERTA È AMPIA, PRENDIAMO A RIFERIMENTO IL SETTORE DELL'AUTOMOBILE





**Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.**

E INFATTI L'AUTO È UN "PATCHWORK" DI TIPI DI ACCIAIO DEDICATI AI COMPONENTI



Esempio:

**Mercedes Benz
Classe R**

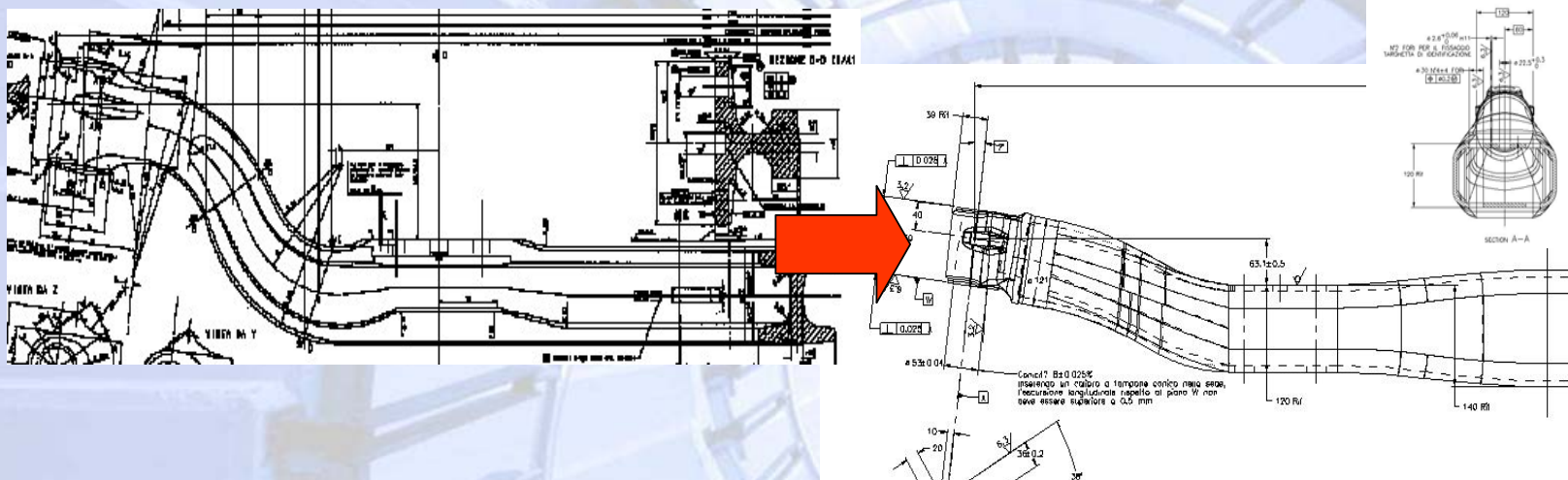
(di cui il 60% è
costituito da acciai ad
alta resistenza,
incluso le parti
mobili)

SVILUPPIAMO ALCUNI ESEMPI:

- 1) SVILUPPO DI COMPONENTI DI SOSPENSIONE
PER IL TRASPORTO INDUSTRIALE**
- 2) VARO DI TUBAZIONI IN ACCIAIO IN ACQUE
PROFONDE TRAMITE TECNICA REEL-LAYING**

SVILUPPO DI COMPONENTI DI SOSPENSIONE PER IL TRASPORTO INDUSTRIALE (*)

(*) Si ringrazia IVECO SpA per l'autorizzazione alla divulgazione delle immagini e dei dati di seguito riportati ed in particolare il Sig. Roberto Bignucolo, leader del Progetto di Ricerca volto alla messa a punto del manufatto.



Sostituzione assale forgiato con assale idroformato

**Riduzione peso del gruppo
assale + lato ruota**

**Riduzione numero di matricole
attraverso standardizzazione versioni**

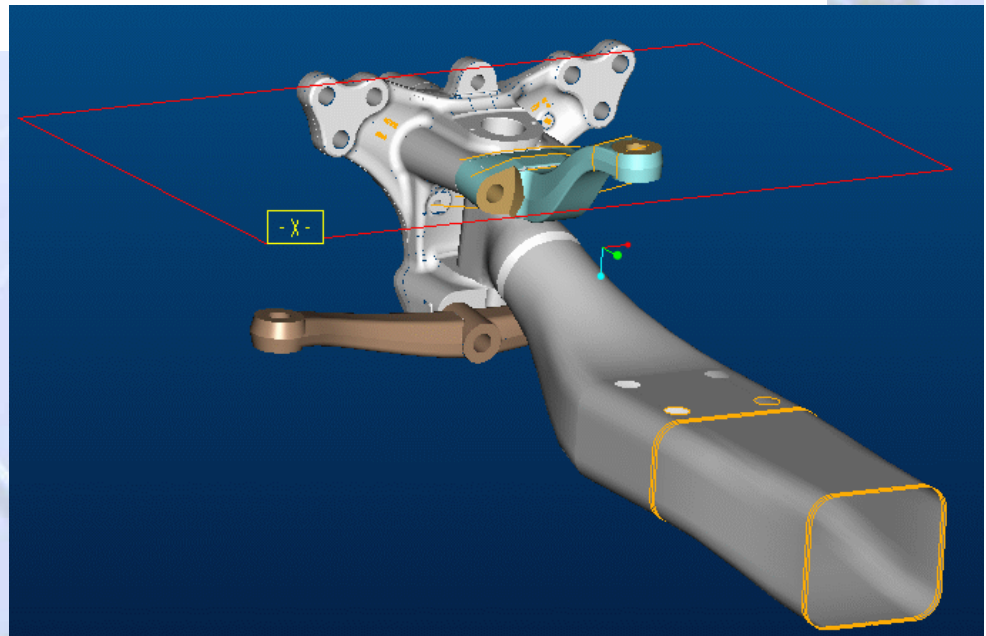
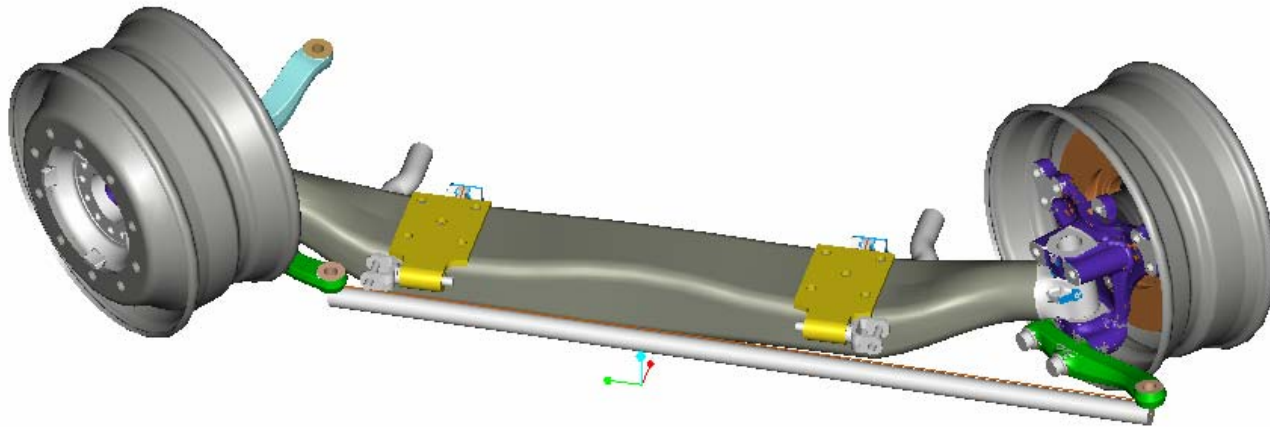
FLUSSO DELLA PROGETTAZIONE



IL NUOVO CONCETTO DI ASSALE



Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.



IVECO

Congresso AIAS - Ancona - 14 Settembre 2006

SELEZIONE DEL MATERIALE

Sigla	Tipo laminazione	Tal Quale					Dopo TT Bonifica			Chemical Composition							
		Rp _{0.2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₈₀ (%)	A ₅ (%)	n	Rp _{0.2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₈₀ (%)	C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Al min.	Cr max.	B max.
FeP11	LAC	235-330	330-430	25	29					0,100	0,030	0,500	0,025	0,025	0,010		
FeP13	LAC	200-310	310-400	30	34					0,060	0,030	0,300	0,025	0,025	0,020		
FeP05	LAF	140-180	270-330	> 40		> 0.20				0,060	0,100	0,400	0,030		0,020		
FeP06	LAF	120-160	270-330	> 42		> 0.22				0,020	0,100	0,300	0,020				
St 33	LAC		320-510	17						-			0,055	0,055			
St 37	LAC	235	360-490	28						0,170			0,040	0,045			
St 44	LAC	275	430-560	23						0,190			0,040	0,045			
St 52 - 3	LAC	355	510-650	21						0,200			0,040	0,040			
DP 450	LAF	260-340	450-530	> 27		0,16				0,080	0,400	1,600					
DP 600	LAC	300-470	580-670	> 20	24					0,090	0,250	1,000				1,000	0,005
DP 800	LAC	560-700	750-900	> 14	14												
TRIP 600	LAF	> 380	> 600	26		0,20				0,220		2,000	0,060	0,015		0,500	
TRIP 700	LAF	> 400	> 700	24		0,19				0,220		2,000	0,060	0,015		0,500	
TRIP 800	LAF	> 420	> 800	22		0,18				0,220		2,000	0,060	0,015		0,500	
25MnCr5	LAC	> 650	800-950	> 14			890	1140-1430	> 8	0,280	0,400	1,300	0,350	0,350		1,100	
40CrMo4	LAC						835	980-1130	10	0,440	0,350	1,000	0,035	0,040	0,020	1,200	
22MnB5	LAC	320-400	490	> 20			1200	1600	4,5	0,250	0,350	1,350			0,020	0,300	0,040
AISI 304	LAF	280		> 35													

È stata valutata la possibilità di adottare un materiale tipo St52 senza ricorrere al trattamento termico di bonifica. Tuttavia la resistenza strutturale non si è rivelata sufficiente a garantire i requisiti prestazionali.

ACCIAIO SELEZIONATO:

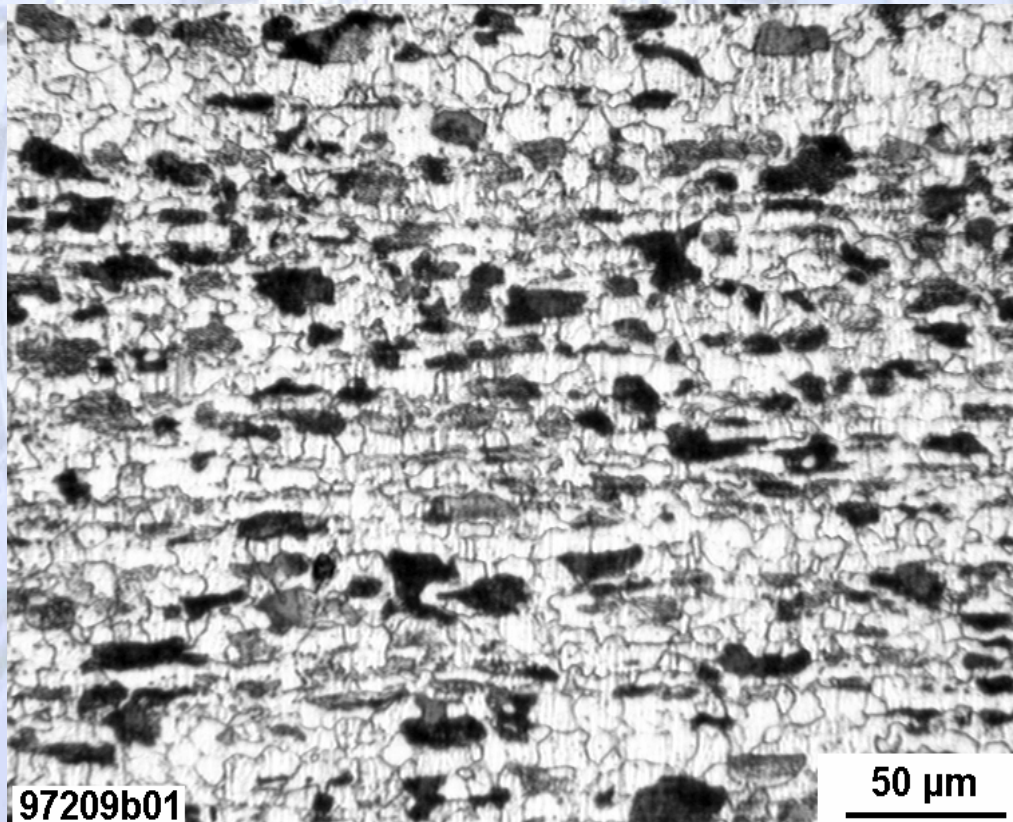
22MnB5 ACCIAIO AL BORO PER TRATTAMENTO TERMICO

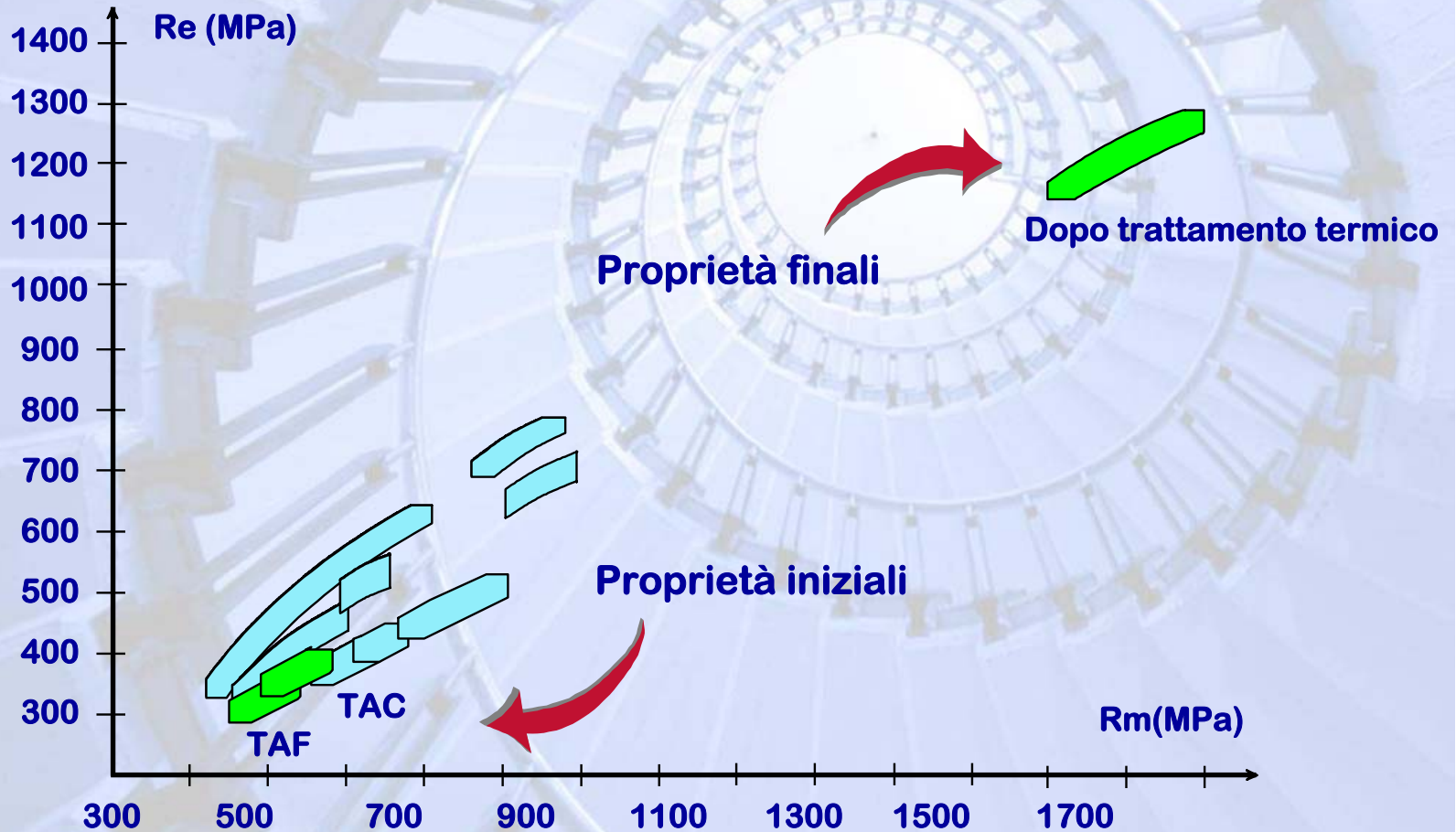
STRUTTURA METALLOGRAFICA INIZIALE

COMPOSIZIONE:

FERRITE 85%

PERLITE 15%





Solbor 1500 (22MnB5) – Composizione chimica

	C	Mn	Si		Cr	Al	B	Ti
Min	200	1100	150		150	20	2	20
Max	250	1350	350	8	300	60	4	50

Dopo trattamento termico di tempra questo materiale raggiunge caratteristiche di resistenza molto elevate che ben si adattano alle esigenze prestazionali.

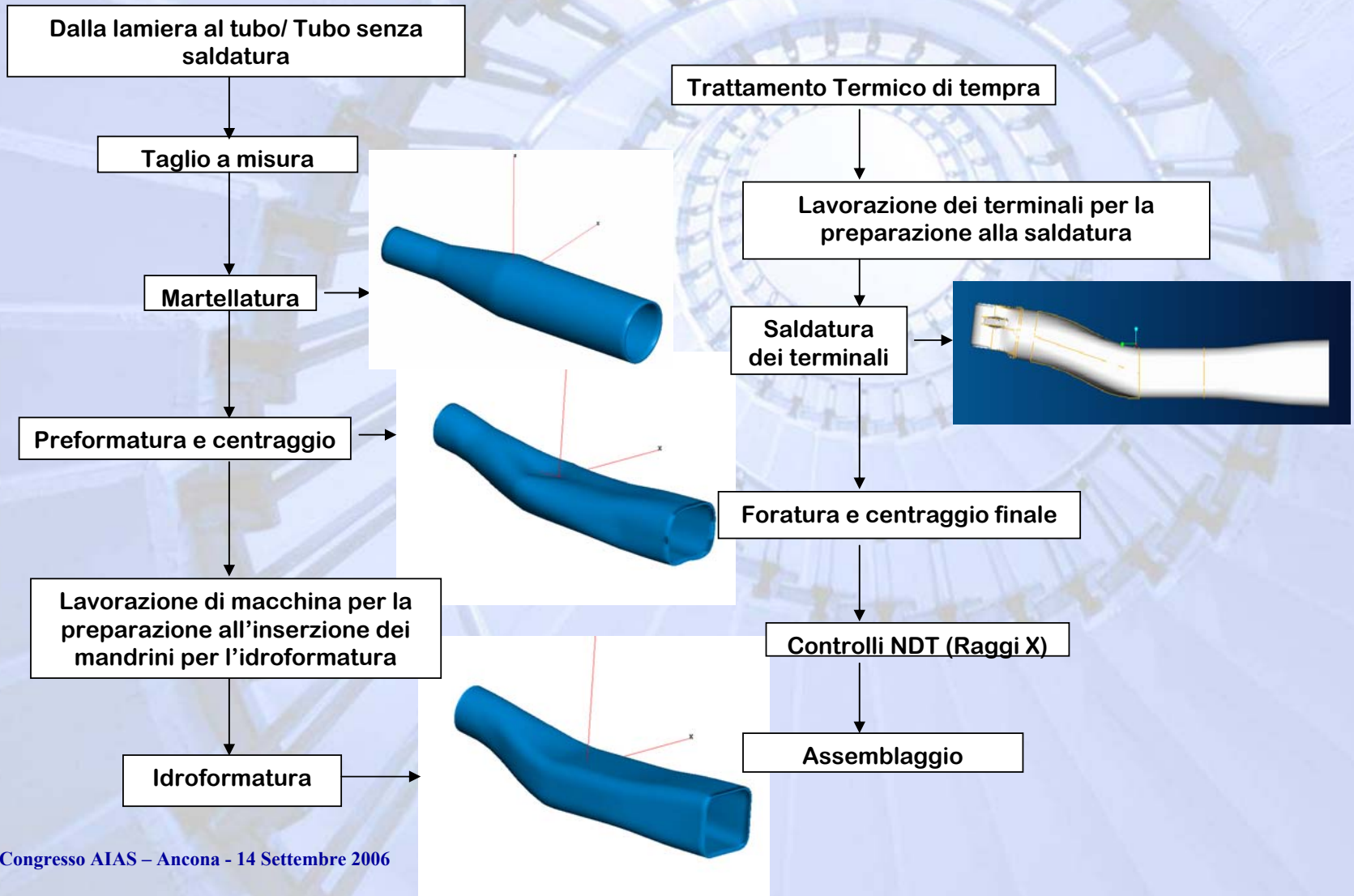
**Solbor 1500 (22MnB5)
Caratteristiche meccaniche**

	Re (MPa)	Rm (MPa)	A% (20x80)	A% (prop)
LAC	350	520	25	30
LAF	310	490	32	
TTh LAC	1240	1680		9
TTh LAF	1240	1680	6	

Il materiale prima della bonifica garantisce buone caratteristiche di formabilità che si sono rivelate adeguate all'intero processo di formatura del componente.

Sono state fatte valutazioni tecnico economiche riguardo all'adozione di tubo senza saldatura rispetto al tubo saldato.

La prototipazione è stata svolta utilizzando entrambe le tipologie di tubo



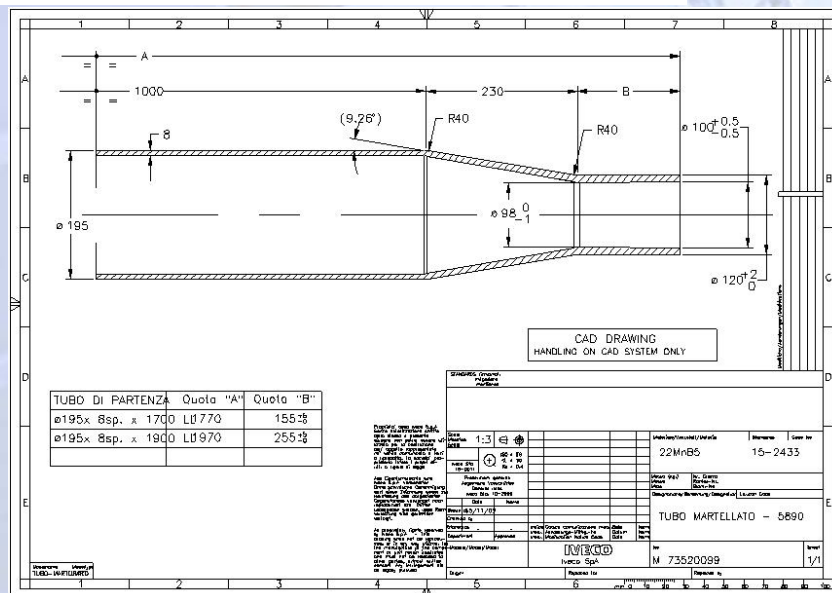
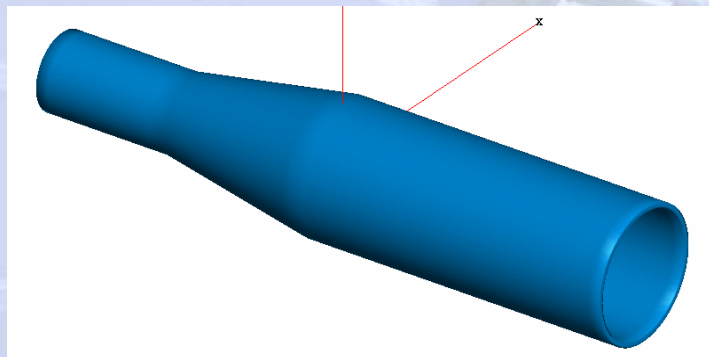
IVECO

MARTELLATURA

Tubo iniziale (saldato o s.s.) $\phi 195 \times 8$



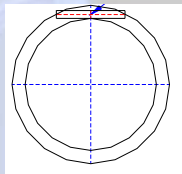
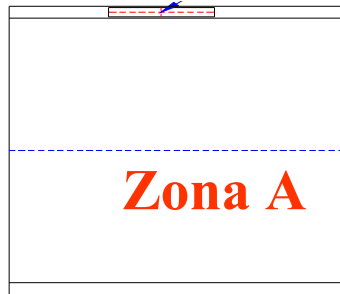
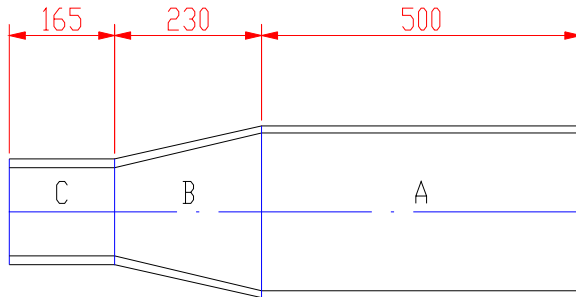
Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.



IVECO

MARTELLATURA: CARATTERIZZAZIONE

CS
MT Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.

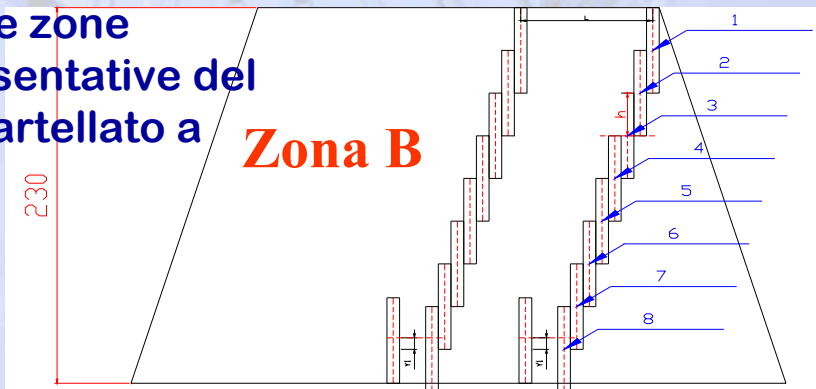


Zona C

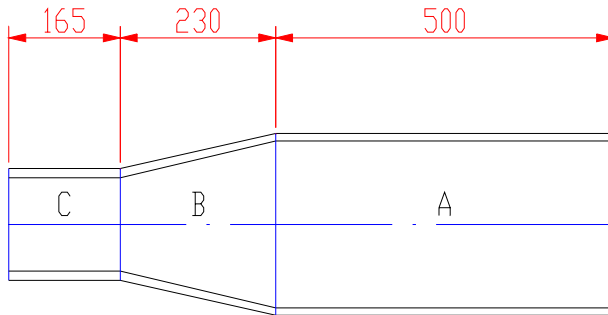
Analisi eseguite:

- Trazioni
- Durezze
- Metallografie

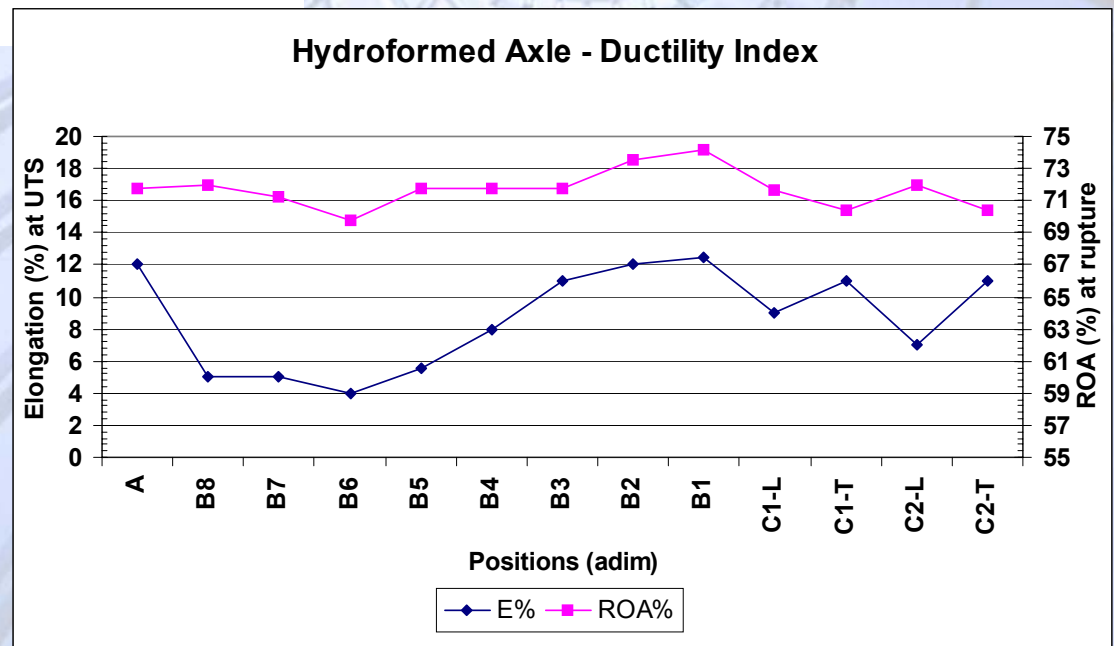
Schema di prelievo
campioni per trazioni
dalle tre zone
rappresentative del
tubo martellato a
caldo



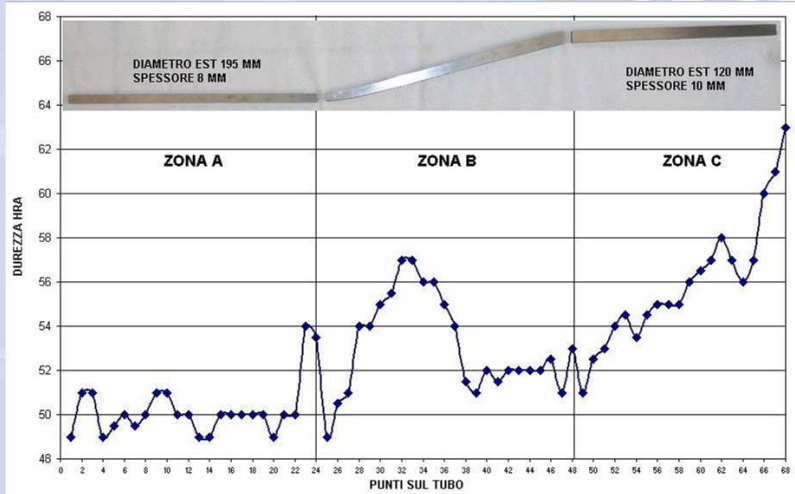
MARTELLATURA: CARATTERIZZAZIONE



Indice di duttilità

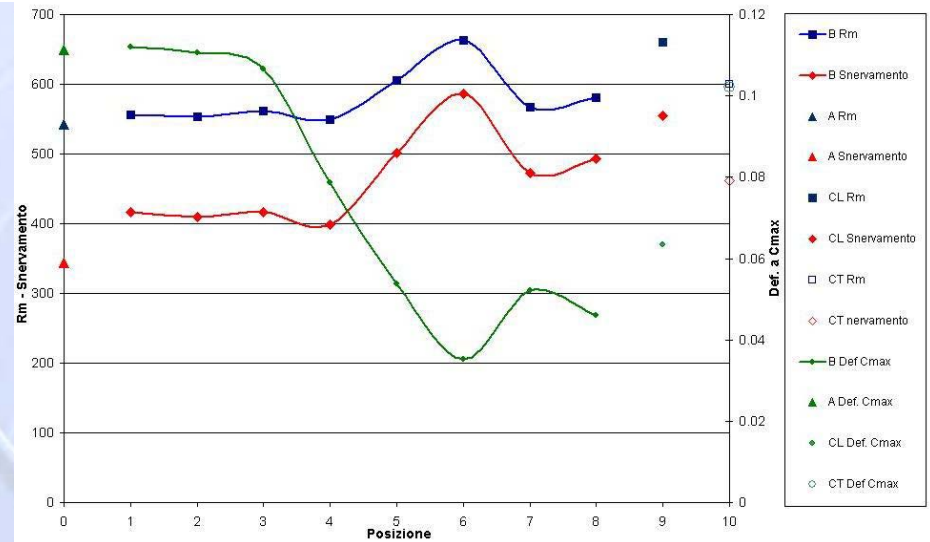


MARTELLATURA: CARATTERIZZAZIONE

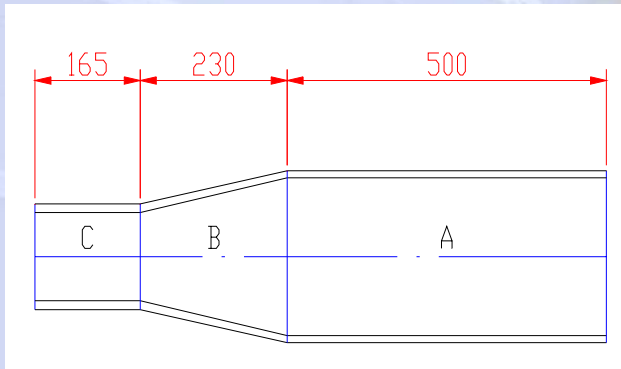


**Durezza in funzione della
posizione**

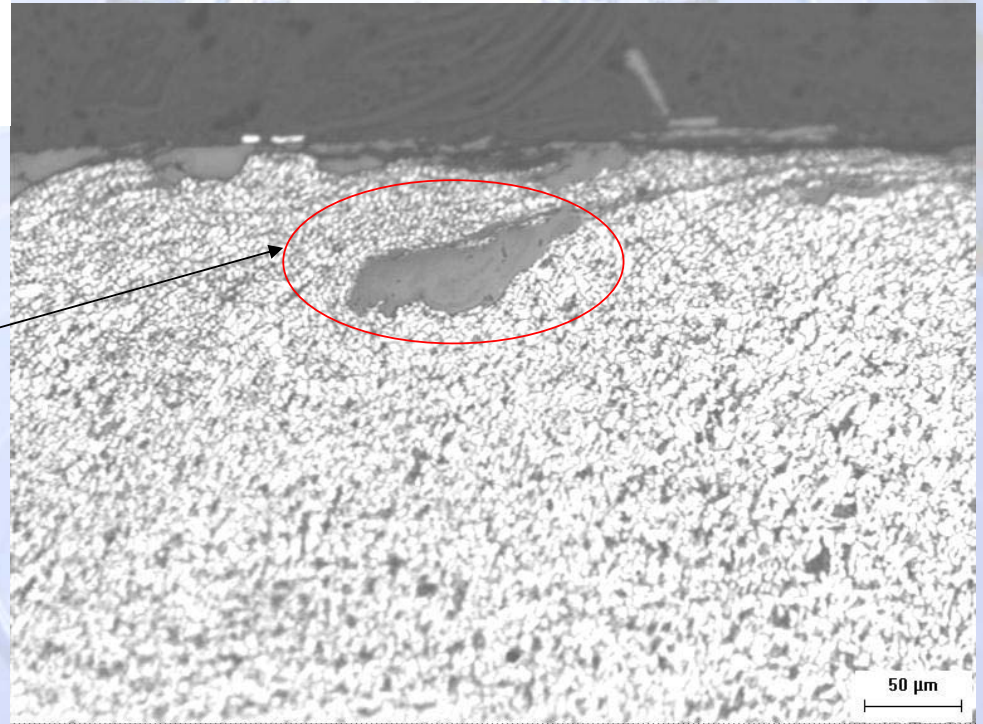
**Snervamento e allungamento a
carico max in funzione della
posizione**



MARTELLATURA: CARATTERIZZAZIONE



La scaglia che si forma sul tubo in seguito al riscaldamento preliminare viene successivamente intrappolata negli strati inferiori di materiale a seguito dell'azione meccanica degli stampi in fase di martellatura.



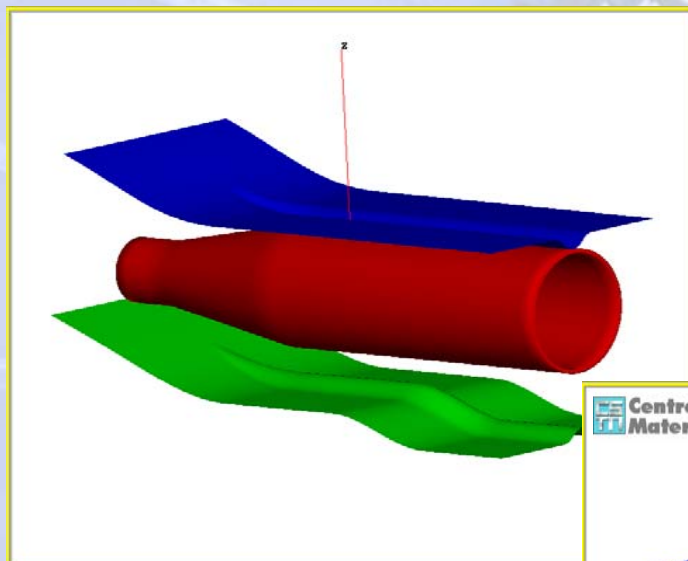
Campione metallografico prelevato su tratto conico B

IVECO

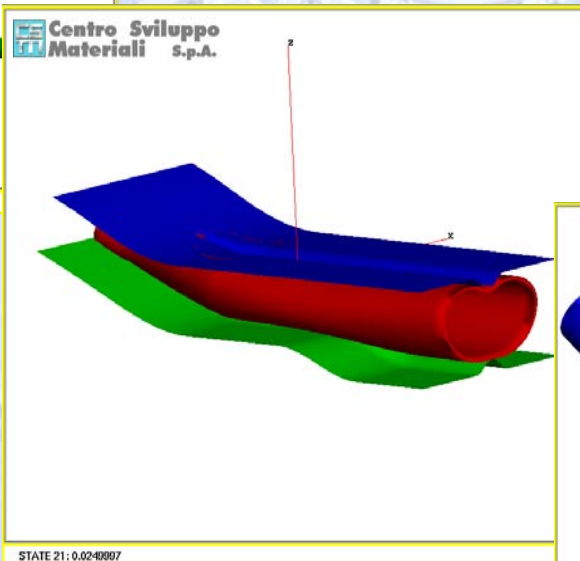
PRE-FORMATURA



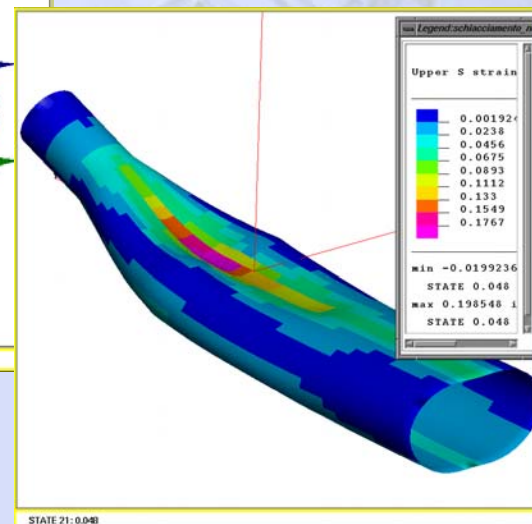
**Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.**



INITIAL STATE



STATE 21: 0.0240907

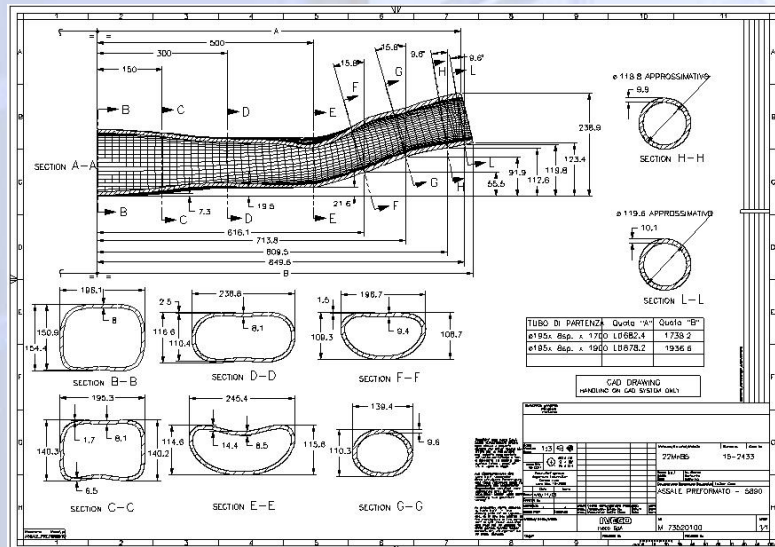
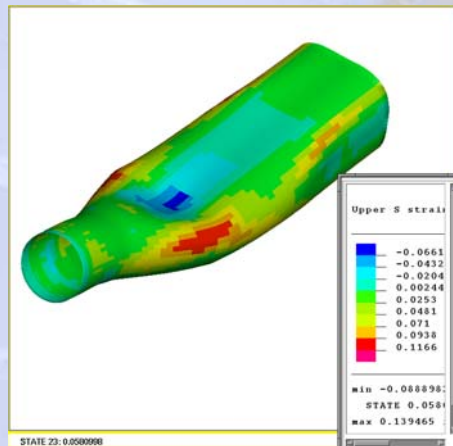


STATE 21: 0.048

IVECO

PRE-FORMATURA

CS Centro Sviluppo
MT Materiali S.p.A.



IVECO

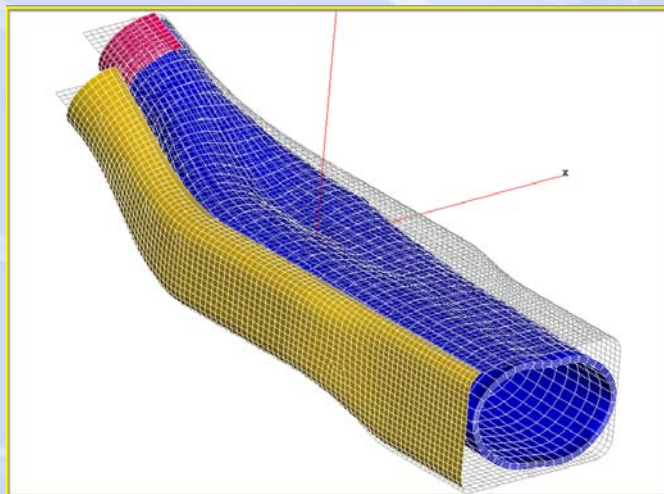
PRE-FORMATURA



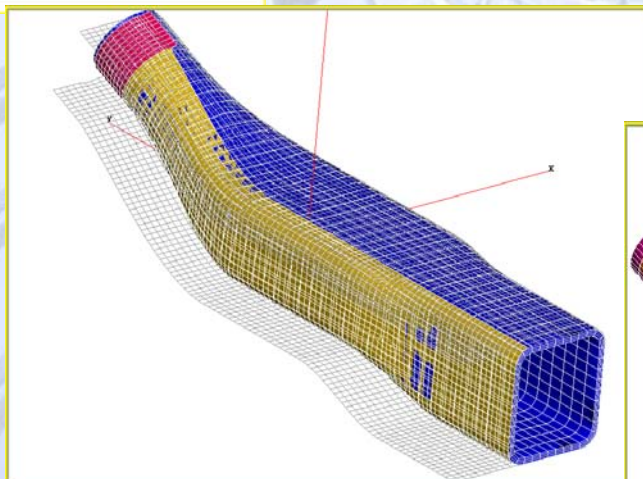
Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.



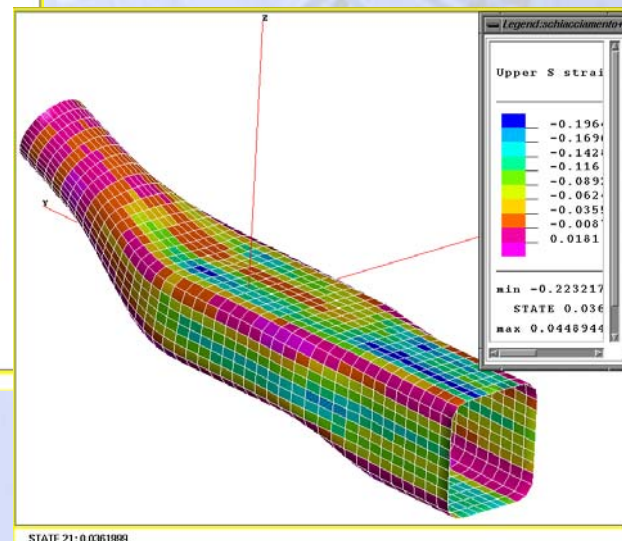
IDROFORMATURA



STATE 7: 0.0108001



STATE 21: 0.0361999



STATE 21: 0.0361999

IVECO

**CS
MT** Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.

IDROFORMATURA



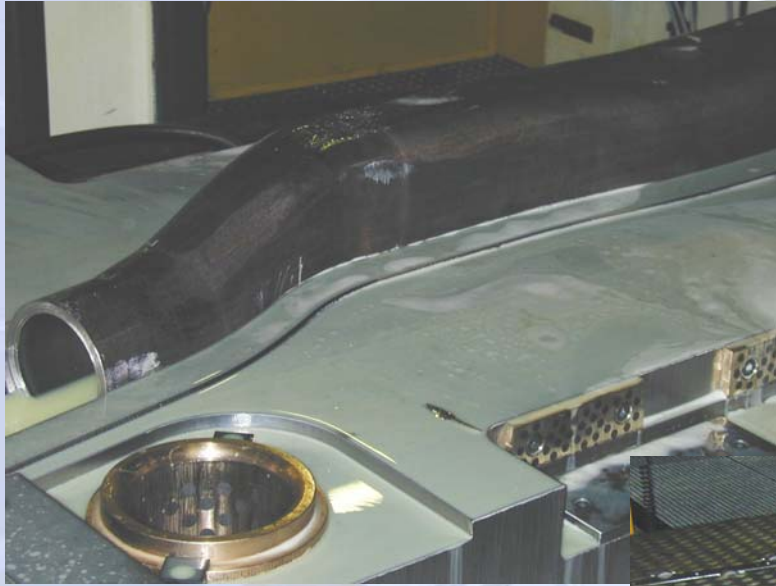
IVECO

IDROFORMATURA

**CS
MT** Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.

Pressa di idroformatura SCHULER

Forza di chiusura necessaria 5 kt



**Tubo idroformato dopo
apertura stampo**

Tubo idroformato

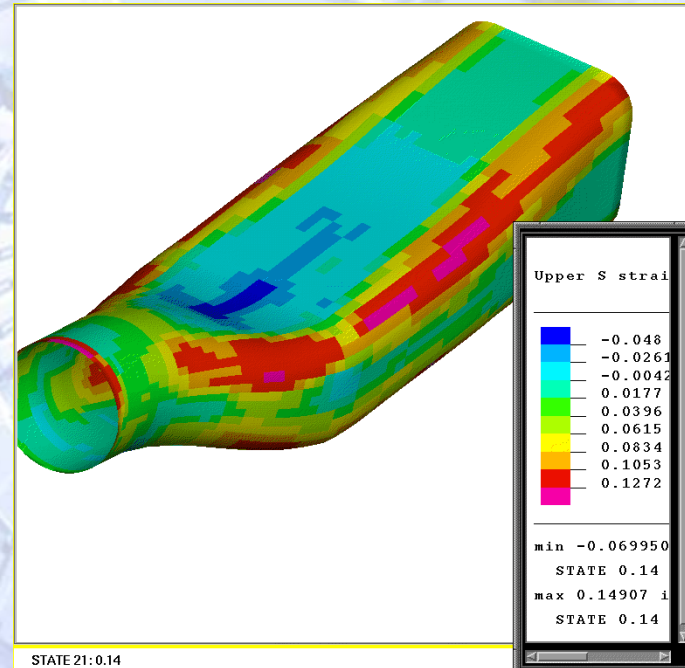
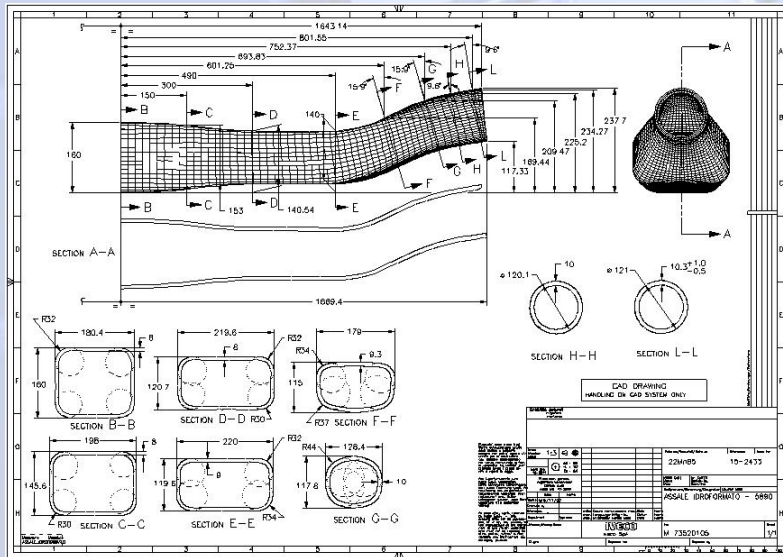
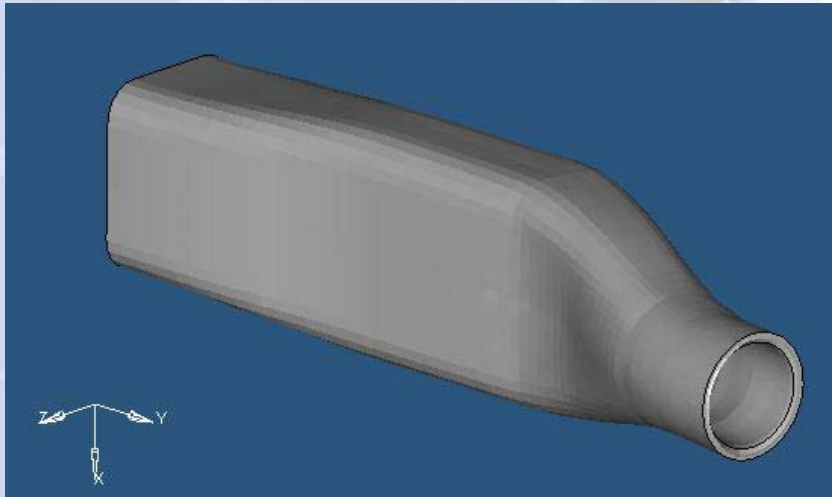


IVECO

IDROFORMATURA



Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.



**Deformazione principale
massima al termine della fase
di idroformatura.**

Valore massimo ~ 14 %



Foto 1) – Assale Idroformato in esame.

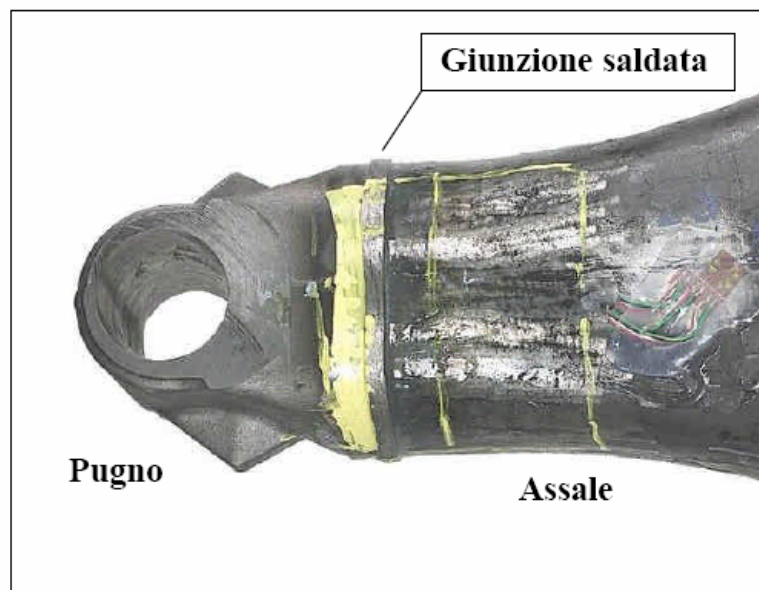
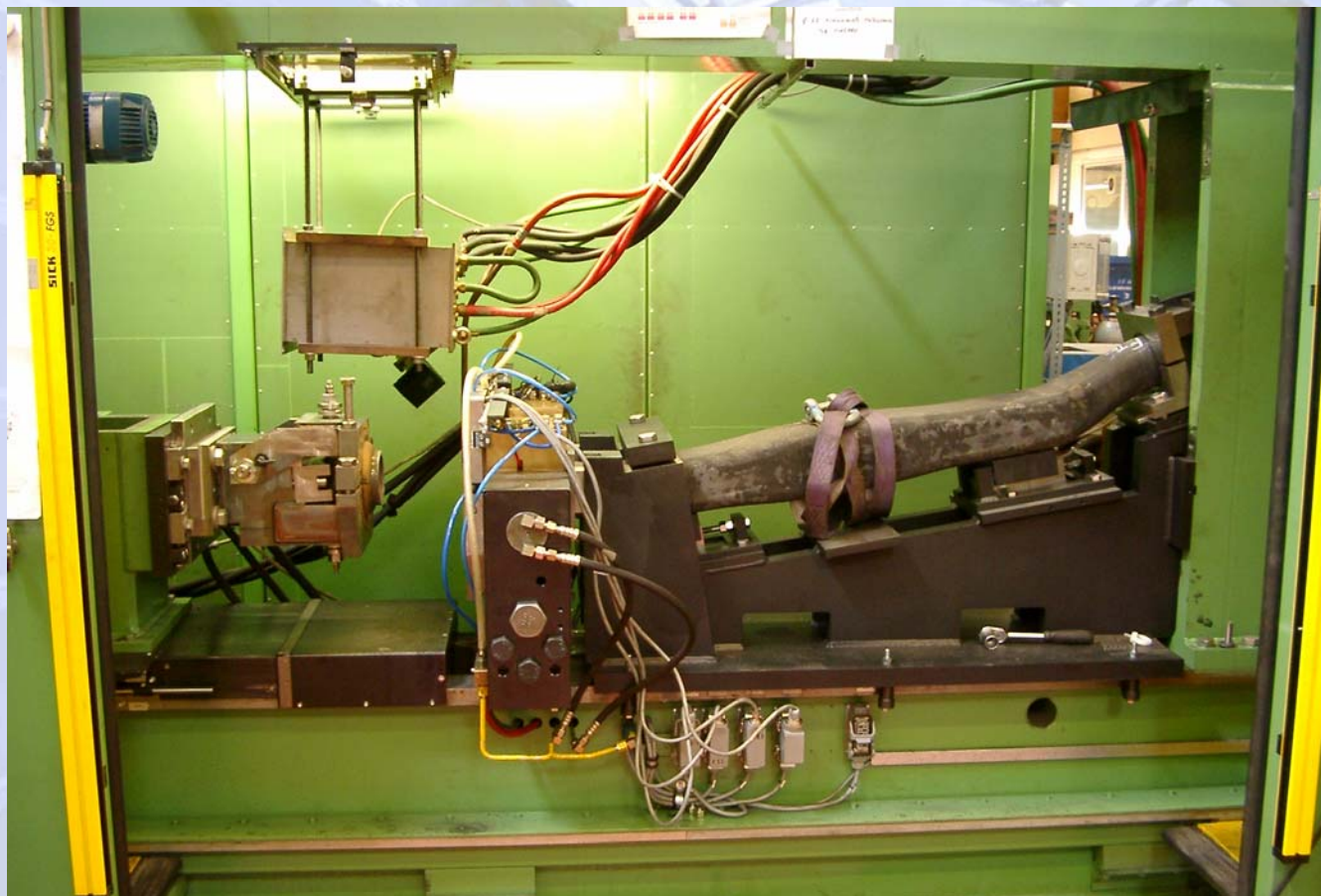


Foto 2) – Spezzone di assale idroformato esaminato.



Attrezzatura prototipale per saldatura magnetarco assale

IVECO

SALDATURA MAGNETARCO



**Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.**

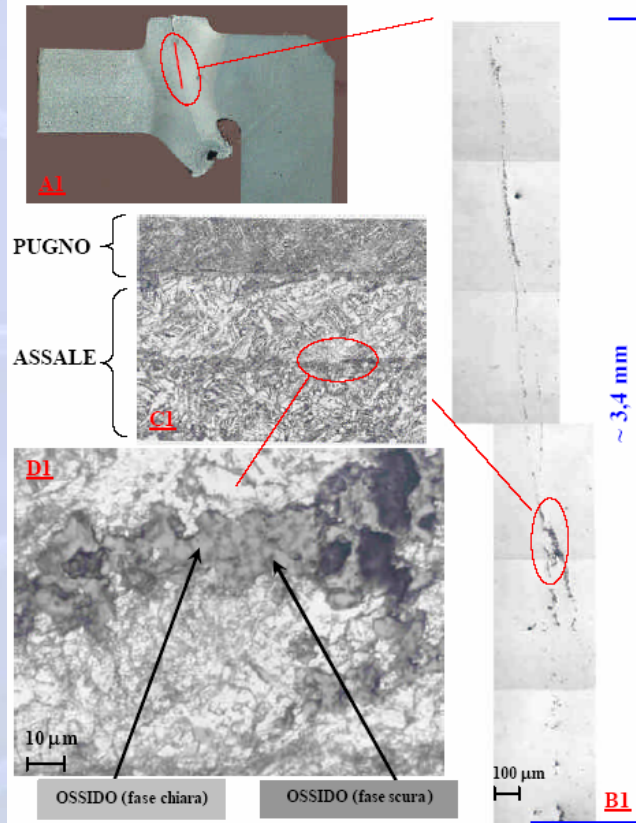


**Campione in
prova**

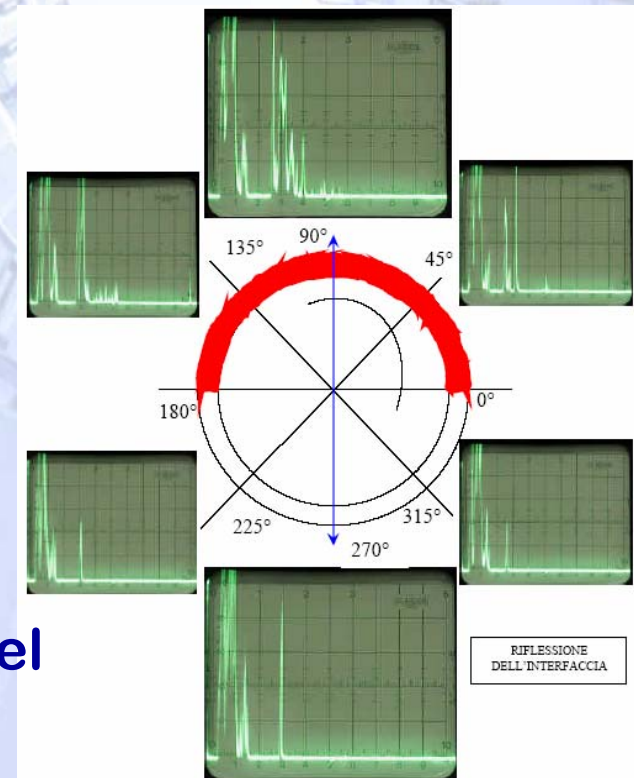
**Prove di fatica a
banco di giunti saldati
magnetarco**

SALDATURA MAGNETARCO

SCHEDA 1) - PROVINO METALLOGRAFICO POSIZIONE 90°



Metallografie dei lembi saldati magnetarco



Collaudo agli ultrasuoni del giunto saldato

ASSEMBLAGGIO

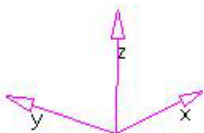
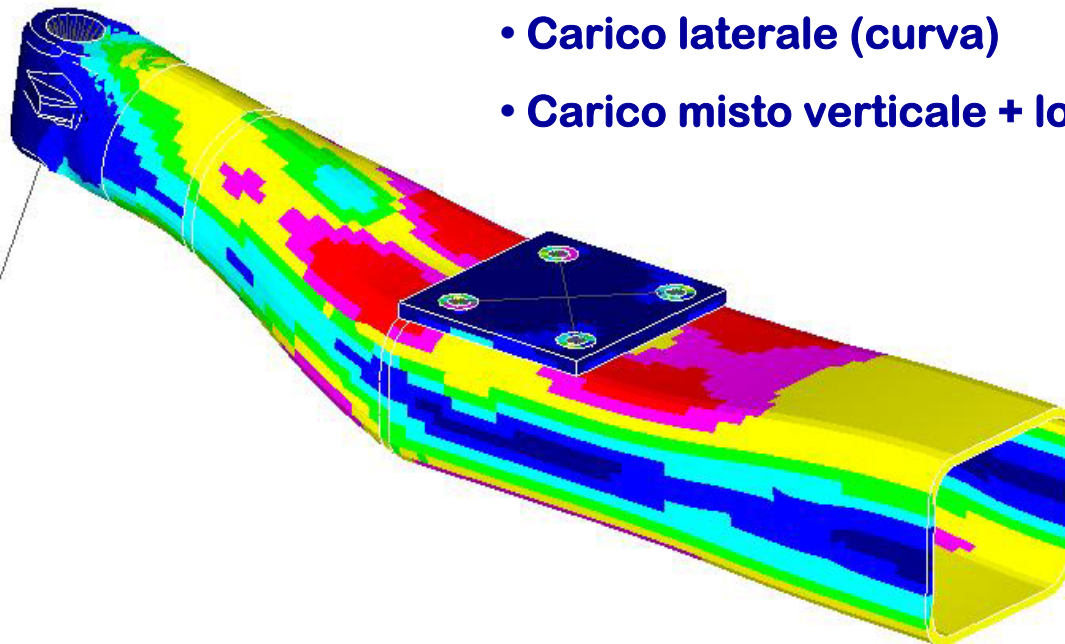
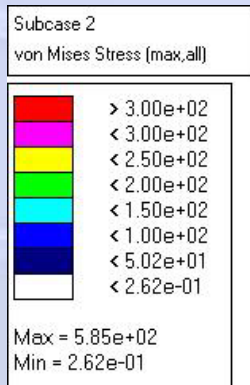


Assemblaggio assale e lato ruota

PRESTAZIONI DI MISSIONE

Casi di carico analizzati

- Carico Verticale statico + fatica
- Carico longitudinale (frenata)
- Carico laterale (curva)
- Carico misto verticale + longitudinale





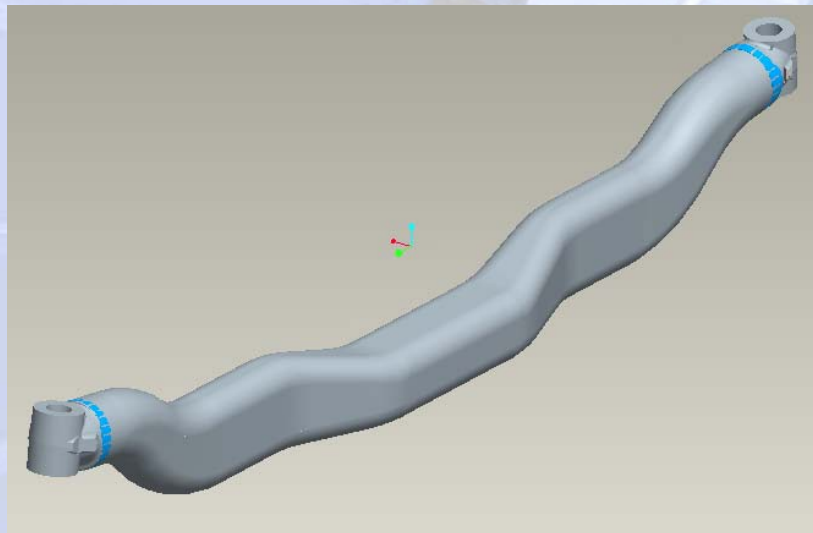
**Prove di fatica full-scale
dell'assale idroformato:**

**I requisiti prestazionali
sono stati soddisfatti**

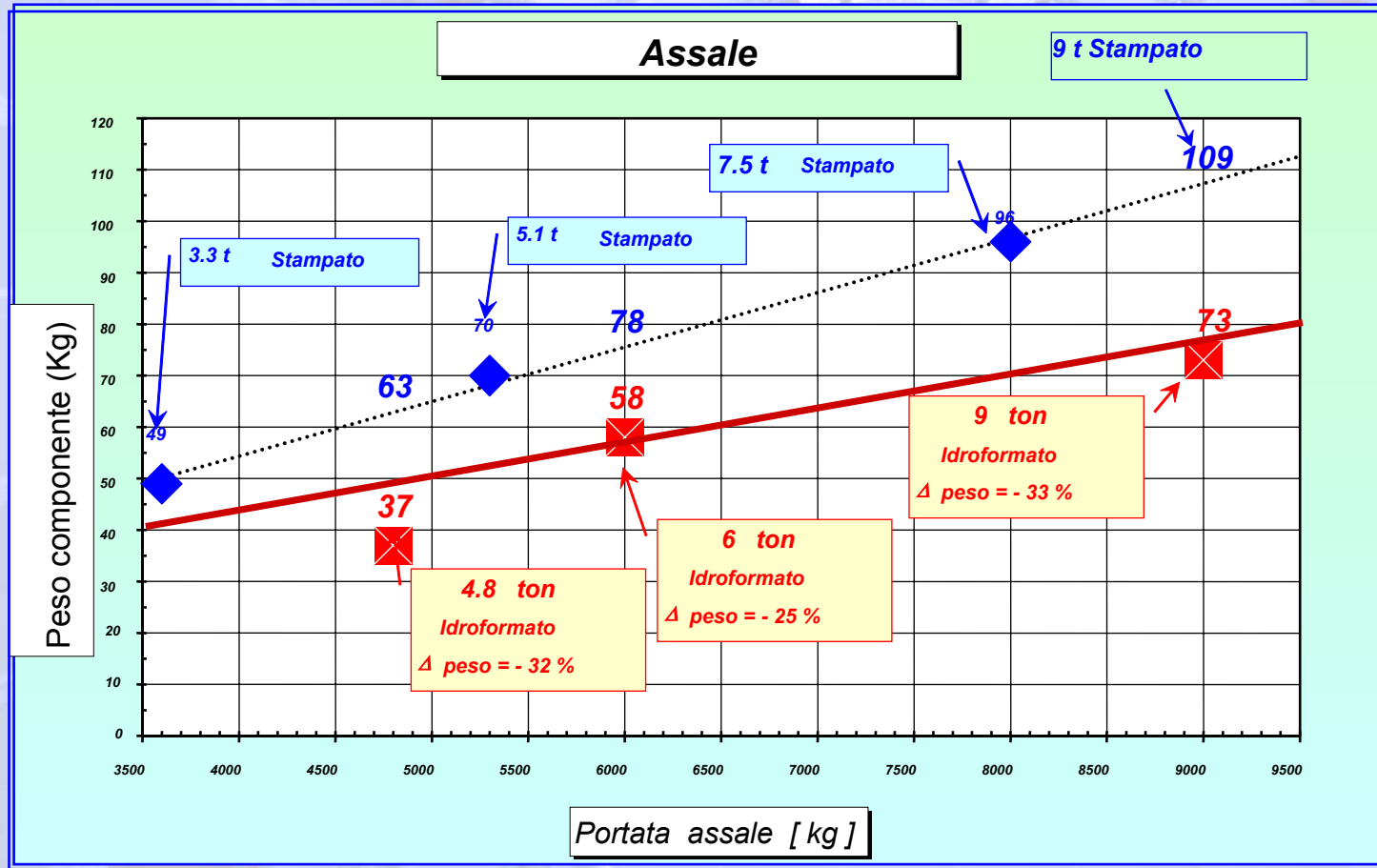
IVECO

**CS
MT** Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.

ASSALE ANTERIORE LEGGERO



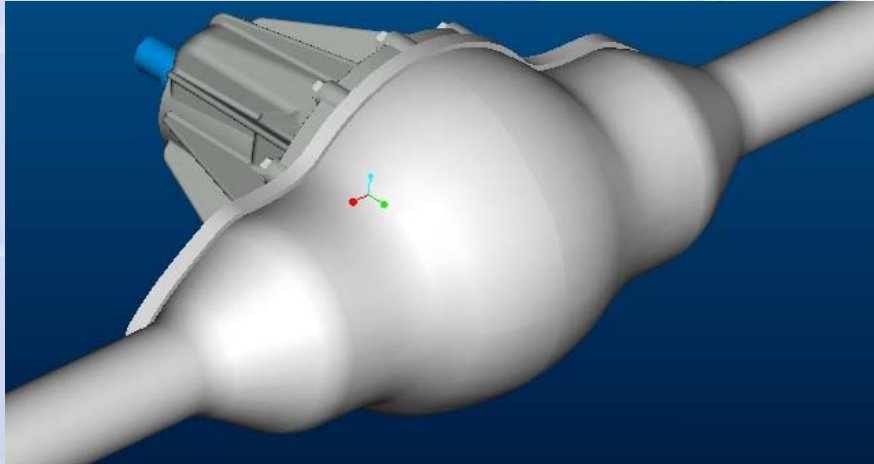
RISULTATI DI SINTESI IN TERMINI DI PESO



IVECO

**CS
MT** Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.

PONTE POSTERIORE LEGGERO



RISULTATI IN TERMINI DI PESO

PONTE				
Portata (t)	Stampato (kg)	Idroformato (kg)	Delta peso (kg)	Obiettivo %
3.5	47	37	-10	20

**Le prove veicolari del ponte leggero idroformato
hanno mostrato una significativa riduzione di
rumorosità del ponte**

Varo di tubazioni in acciaio in acque profonde tramite tecnica Reel-laying

Il varo mediante reel-laying

La tecnica del “reel-laying” consente di velocizzare le operazioni di varo, risparmiando tempi e costi in maniera significativa.

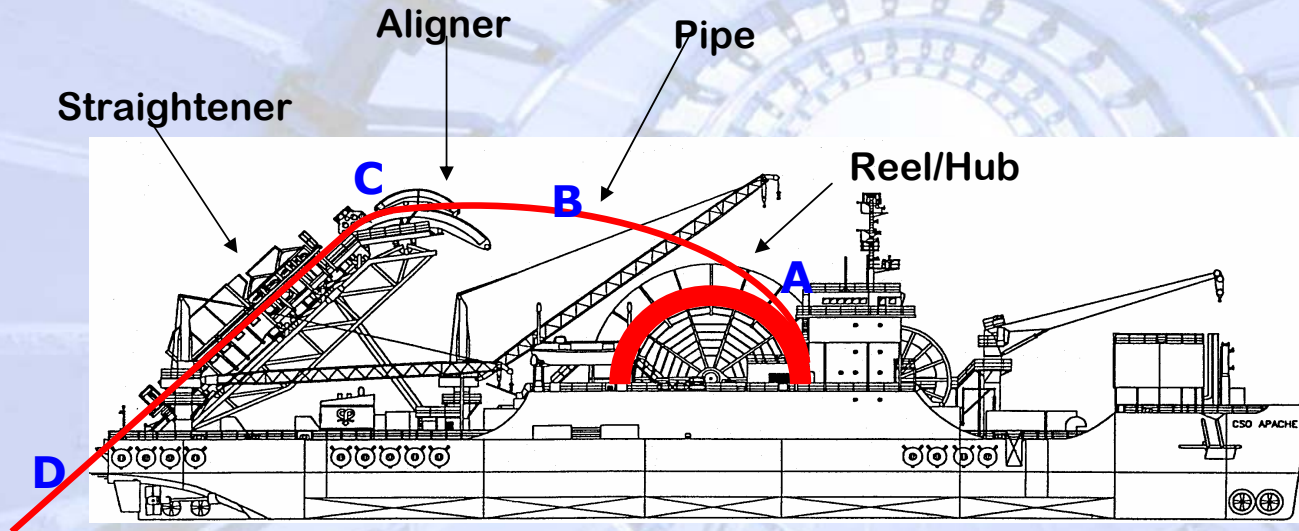
La tubazione viene saldata in cantiere e avvolta in un rocchetto direttamente sulla nave, che va poi a posare la tubazione in mare.

La tubazione viene quindi sottoposta a severe deformazioni plastiche sia nella fase di “arrotolamento” che di varo.

Con questa tecnica si varano tubazioni di diametro fino a 20” (508mm), spessore fino a circa 20mm, grado fino a X70 (485 MPa di snerv. min.)

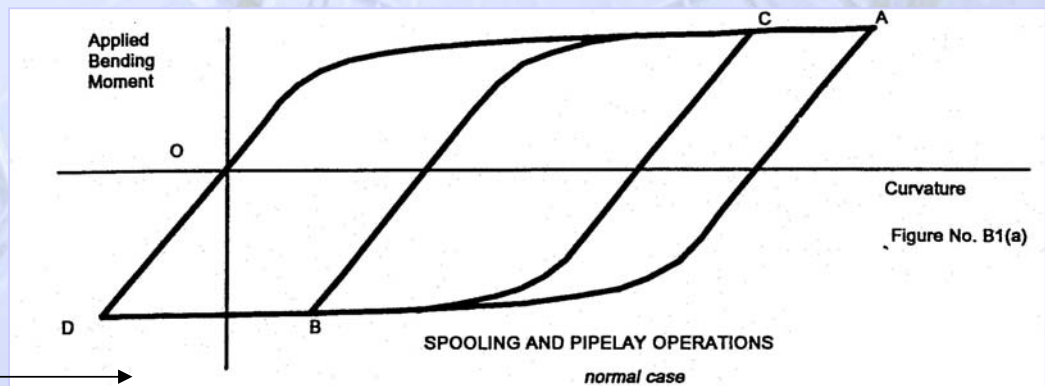


Storia di carico durante il reel-laying

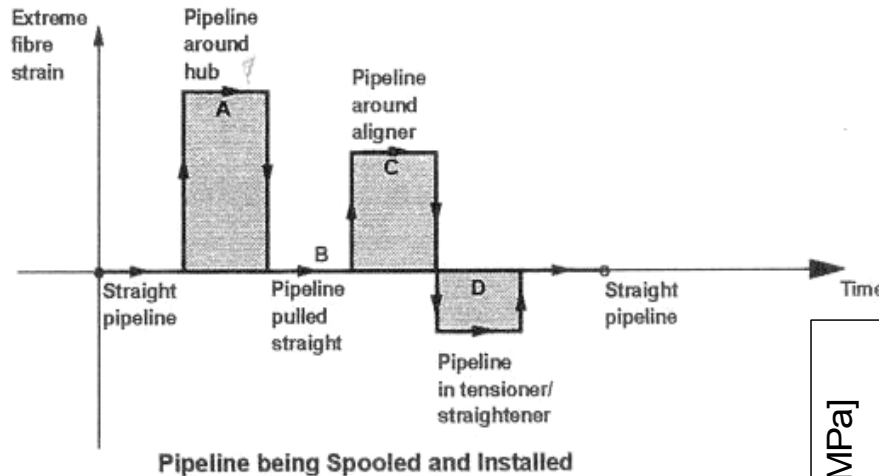


La tubazione in acciaio viene soggetta a cicli di flessione e raddrizzamento in campo plastico.

Storia schematica momento-curvatura della fibra esterna della tubazione durante arrotolamento (spooling) e varo (pipelay)

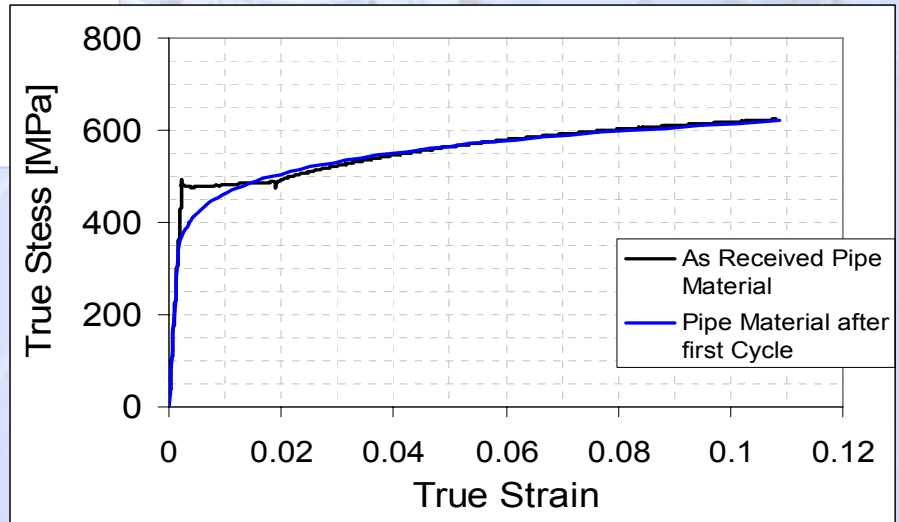


Variazioni nelle proprietà del materiale a causa della storia di deformazione

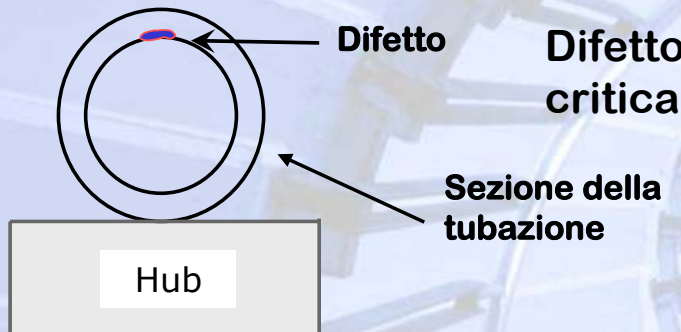


Strain history della
fibra più esterna della
tubazione

Variazione della curva s-
e del materiale a causa
della storia di
deformazione



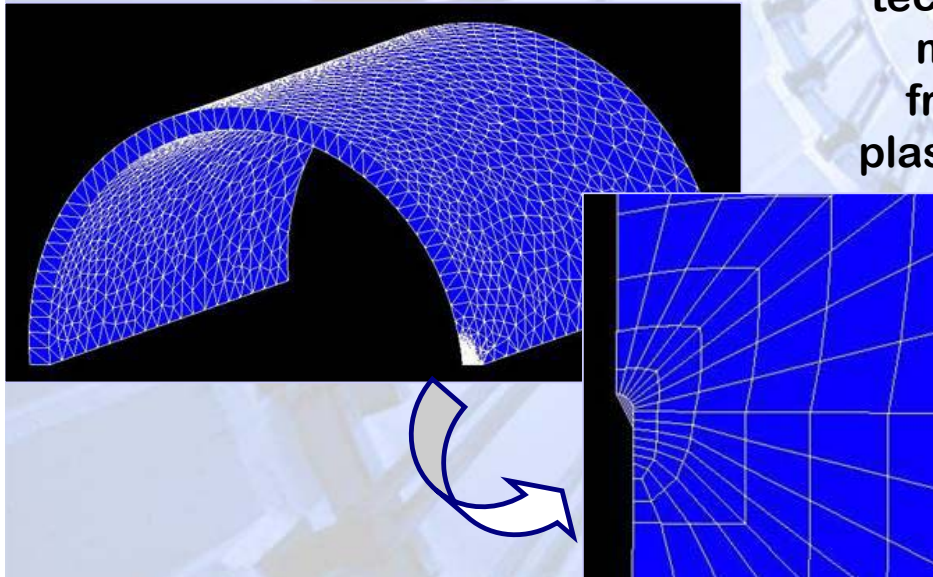
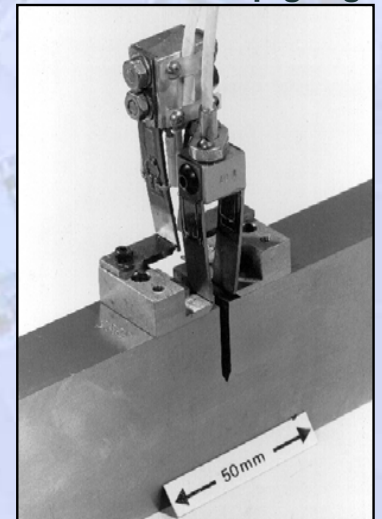
Tollerabilità di difetti in saldatura



Difetto in saldatura nella posizione più critica

**Testing secondo
tecniche avanzate di
meccanica della
frattura in campo
plastico integrate con
calcolo FEM**

dual clip gauge



Il materiale entra nella progettazione del varo

Le proprietà **tensili** nominali del materiale (snervamento, rottura) non sono sufficienti per la progettazione “safe” del varo; è necessario conoscere l'intera curva di s-e “actual” del materiale e come tale curva cambia quando sottoposta a cicli di deformazione plastica (prove cicliche di laboratorio dedicate).

Le proprietà di **tenacità** del materiale sono parimenti importanti. La prova di resilienza non è sufficiente. Sono necessario prove di meccanica della frattura avanzata in campo plastico (CTOD, Curva J-Da, ecc.) integrate da calcolo FEM.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE