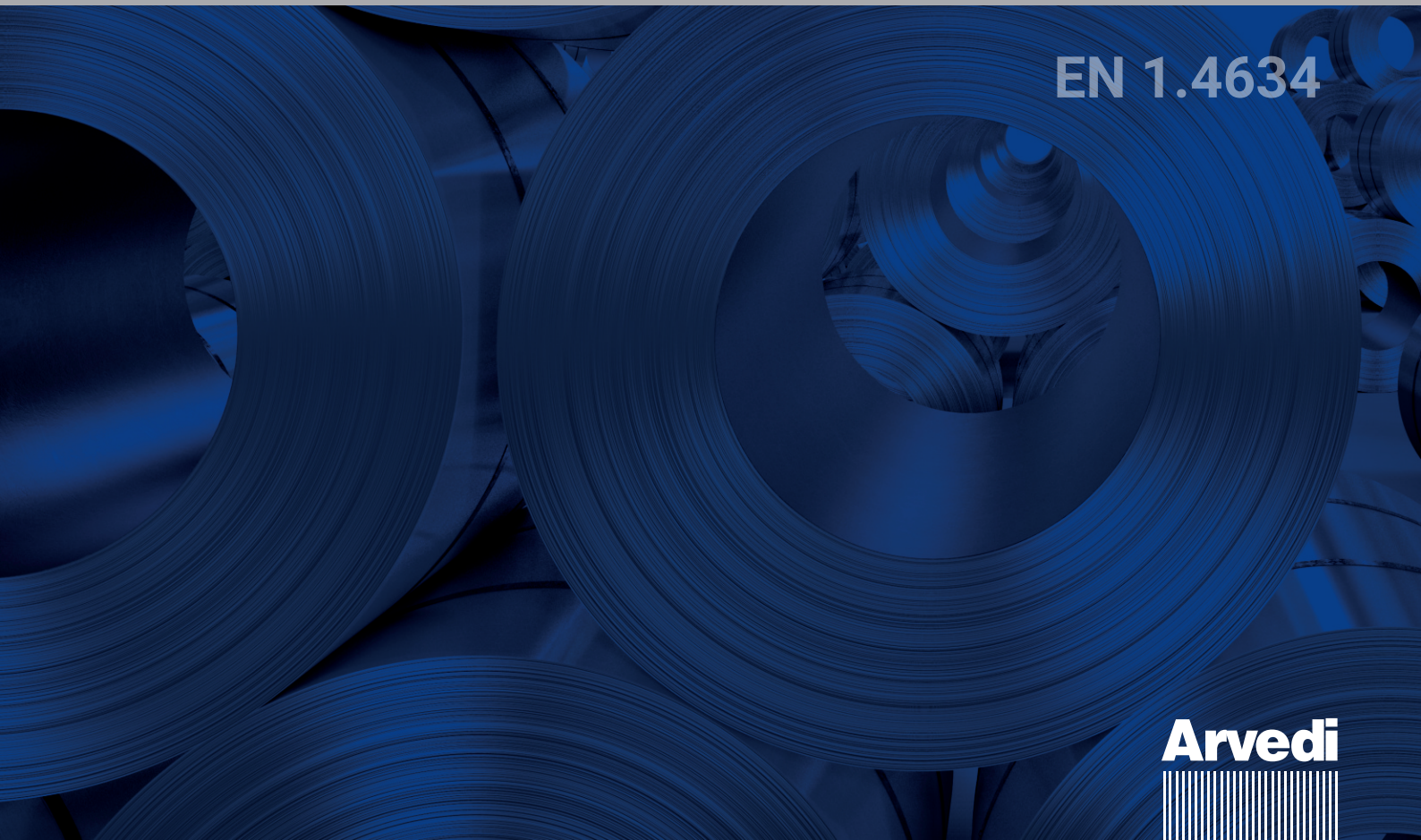
Arvedi AST

441M

Scheda prodotto/Technical data sheet

EN 1.4634



Arvedi

CARATTERISTICHE GENERALI
GENERAL CHARACTERISTICS

IL 441M È UN ACCIAIO INOSSIDABILE FERRITICO AL 18% DI Cr CON DOPPIA STABILIZZAZIONE E AGGIUNTA DI AL CHE PRESENTA ECCELLENTI PROPRIETÀ D'IMPIEGO IN DIVERSI CAMPI DI APPLICAZIONE. LA COMPOSIZIONE CHIMICA DI QUESTO ACCIAIO È STATA STUDIATA PER OTTENERE ELEVATA RESISTENZA MECCANICA AD ALTA TEMPERATURA ED ECCELLENTE RESISTENZA ALLA CORROSIONE SIA UMIDA CHE AD ALTA TEMPERATURA; È CARATTERIZZATO DA BUONA DUTTILITÀ A FREDDO E FORMABILITÀ, COME PER I GRADI ACCIAIO CHE HANNO ANALOGHI TENORI DI Cr E DOPPIA STABILIZZAZIONE. IL MATERIALE HA UN'ECCELLENTE SALDABILITÀ SIA CON GRADI ACCIAIO FERRITICI CHE AUSTENITICI, NON NECESSITA DI TRATTAMENTI TERMICI POST-SALDATURA.

441M IS A FERRITIC STAINLESS STEEL WITH 18% Cr AND DUAL STABILISATION AND AL ADDICTION WHICH GIVES IT EXCELLENT PROPERTIES IN DIFFERENT FIELDS OF APPLICATION.
THE CHEMICAL COMPOSITION OF THIS STEEL HAS BEEN DESIGNED TO ACHIEVE HIGH MECHANICAL RESISTANCE AT HIGH TEMPERATURE AND EXCELLENT RESISTANCE TO WET CORROSION AND HIGH TEMPERATURE CORROSION. THANKS TO ITS GOOD DUCTILITY IT CAN BE EASILY FORMED FOR MANUFACTURING COMPONENTS. AS WELL AS THE OTHER STEEL GRADES WHICH HAVE A SIMILAR Cr CONTENT AND DUAL STABILISATION,
THE MATERIAL HAS AN EXCELLENT WELDABILITY BOTH WITH FERRITIC AND AUSTENITIC STEEL GRADES AND DOES NOT REQUIRE POST-WELD HEAT TREATMENTS.

DESIGNAZIONE AST / *AST DESIGNATION*	DESIGNAZIONE EUROPEA / *EUROPEAN DESIGNATION*
441M	X2CrAlSiNb18 1.4634

ANALISI CHIMICA / *CHEMICAL ANALYSIS*

ELEMENTI / *ELEMENTS* (%)	C	Cr	Ni	Mo	ALTRI / *OTHERS*
441M AST valori tipici / *Typical values*	0.015	17.8	-	-	Zr+Nb=0.55% Al=1%
1.4634 EN 10088-2 Valori limite / *Limit values*	≤0.03	17.5÷18.5	≤0.50	≤0.50	(3xC+0.3) ≤Nb≤1 0.2≤Al≤1.50

APPLICAZIONI
APPLICATIONS

Arvedi AST

L'eccellente resistenza meccanica e all'ossidazione alle elevate temperature, rende il 441M adatto all'impiego nel settore automotive per le parti calde dei sistemi di scarico dove si raggiungono temperature maggiori di 950 °C.
La resistenza dell'acciaio 441M alla formazione di scaglia lo rende particolarmente adatto all'impiego nei bruciatori caldaia.

The excellent mechanical resistance and the resistance to oxidation at high temperatures make 441M stainless steel suitable for use in the automotive industry for hot parts of the exhaust system where temperatures can exceed 950 °C. Furthermore the resistance of 441M stainless steel to scale formation makes it particularly suitable for use in boiler burners.

FORMATI
SIZES

L'acciaio 441M può essere fornito in rotoli e fogli nelle diverse finiture.

441M stainless steel can be supplied in coils and sheets with different finishes.

FINITURA *FINISH*	SPESSORE / *THICKNESS* (mm)		LARGHEZZA / *WIDTH* (mm)	
	DA / *FROM*	A / *TO*	DA / *FROM*	A / *TO*
Rotoli in finitura 1 / *Coils in N° 1 finish*	2.7	5.0	1250	1270
Rotoli in finitura 2D/2B *Coils in 2D/2B finish*	0.5*	0,79	100	1270
	0.8	3	100	1270
Rotoli in finitura BA / *Coils in BA finish*	0.5*	1	100	1270

FINITURA *FINISH*	SPESSORE / *THICKNESS* (mm)		LARGHEZZA / *WIDTH* (mm)		LUNGHEZZA / *LENGTH* (mm)	
	DA / *FROM*	A / *TO*	DA / *FROM*	A / *TO*	DA / *FROM*	A / *TO*
Fogli in finitura 1 *Sheets in N° 1 finish*	Fogli da 1000 a 6000 mm *Sheets from 1000 to 6000 mm*					
Fogli in finitura 2D/2B *Sheets in 2D/2B finish*	0.5*	0.9	150	500	250	4000
			501	1000	500	4000
			1001	1250	1000	4000
	0.8	3	150	500	250	4000
			501	1000	500	4000
			1001	1250	1000	4000
Fogli in finitura BA *Sheets in BA finish*	0.5*	1.5	150	500	250	4000
			501	1000	500	4000
			1001	1250	1000	4000

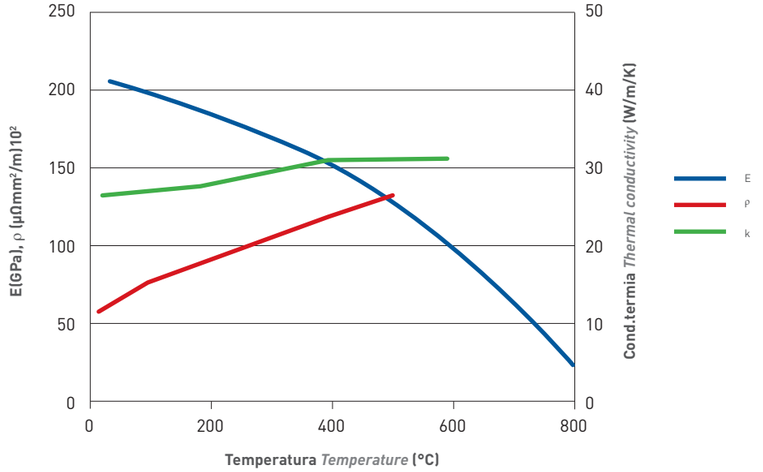
* La disponibilità degli spessori inferiori a 0.5 mm sarà verificata su richiesta del cliente.
** The availability of the 0.5 mm thickness will be checked on request.*

PROPRIETÀ FISICHE
PHYSICAL PROPERTIES

A TEMPERATURA AMBIENTE (VALORI INDICATIVI)
AT ROOM TEMPERATURE (TYPICAL VALUES)

DENSITÀ *DENSITY* (Kg/m³)	MODULO YOUNG *YOUNG'S MODULUS* (GPa)	DILATAZIONE TERMICA A 100 °C (10^{-6}/K) *THERMAL EXPANSION AT 100 °C*	COEFF. POISSON *POISSON'S RATIO*	CONDUCIBILITÀ TERMICA *THERMAL CONDUCTIVITY* (W/m/K)	CAPACITÀ TERMICA *HEAT CAPACITY* (J/kg/K)	RESISTIVITÀ ELETTRICA *ELECTRICAL RESISTIVITY* (μΩm)	MAGNETISMO *MAGNETISM*
d	E	α	ν	k	c	ρ	si *yes*
7700	205	10.0	0.31	25	460	0.60	

AD ELEVATA TEMPERATURA (VALORI INDICATIVI)
AT HIGH TEMPERATURE (INDICATIVE VALUES)



Andamento del modulo di Young, della resistività elettrica della conducibilità termica in funzione della temperatura.
Variation of Young's modulus, electrical resistivity and thermal conductivity, depending on temperature.

PROPRIETÀ MECCANICHE
MECHANICAL PROPERTIES

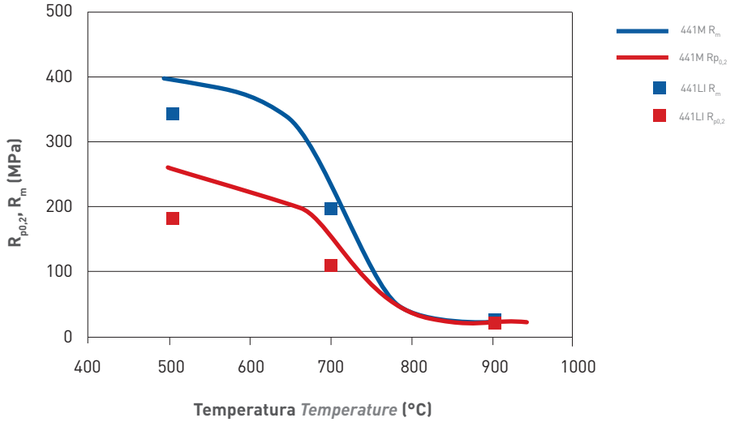
Arvedi AST

A temperatura ambiente (valori tipici misurati su provini ricavati perpendicolarmente alla direzione di laminazione), test eseguito in accordo allo standard ISO 6892-1:

At room temperature (typical values on samples taken perpendicularly to the rolling direction), test carried out according to ISO 6892-1 standard:

GRADO ACCIAIO / *STEEL GRADE*	$R_{p0.2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A (%)
AST 441M valori tipici / *typical values*	370	530	27
1.4634EN 10088-2 valori limite / *limit values*	≥260	430÷650	≥18

ALTA TEMPERATURA
HIGH TEMPERATURE



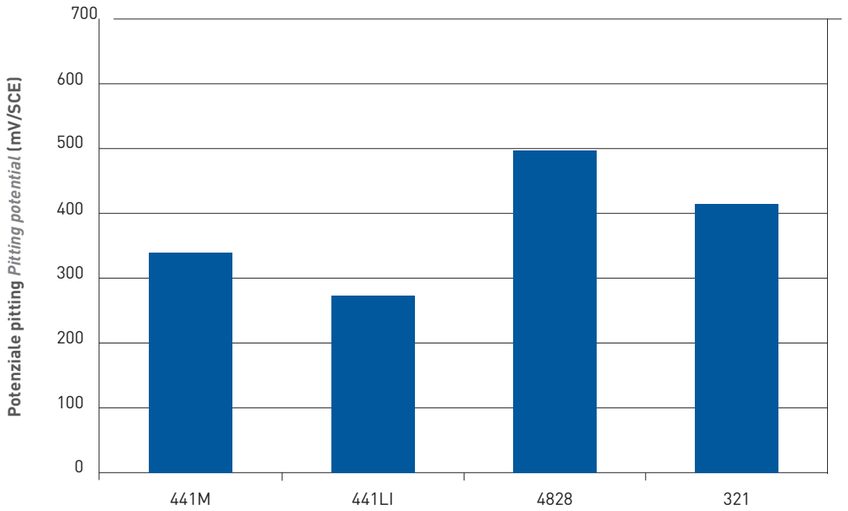
RESISTENZA ALLA CORROSIONE
CORROSION RESISTANCE

441M ha una buona resistenza alla corrosione in ambiente acido confrontabile con i ferritici con 18% di Cr.

441M stainless steel has a good corrosion resistance in acid environments, comparable to ferritic steels with 18% Cr.

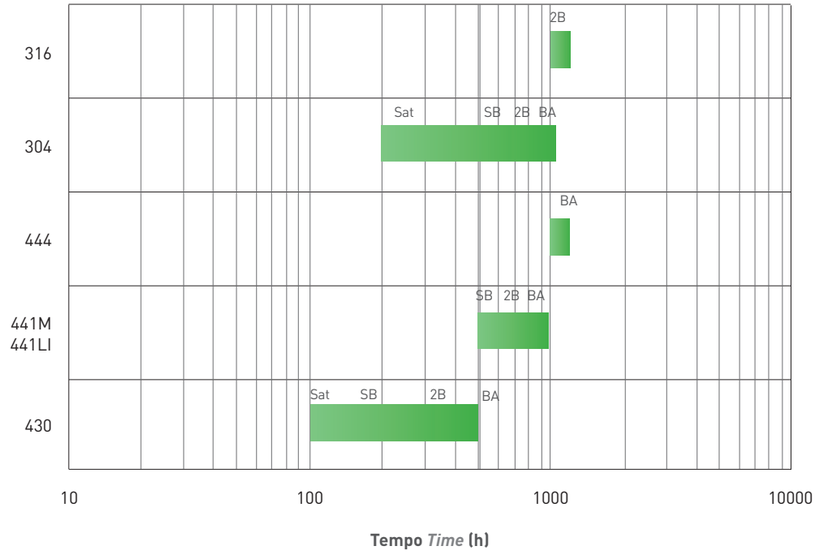
ACCIAIO *STEEL*	PREN		
	Min	Max	Med
441M	18	19.1	18.5

Il PREN (Pitting Resistance Equivalent Number) è stato calcolato utilizzando la formula: PRE=%Cr+3.3%Mo+16%N
PREN (Pitting Resistance Equivalent Number) is calculated using the formula: PRE=%Cr+3.3%Mo+16%N



Valori indicativi del potenziale critico di pitting secondo standard ASTM G61 (NaCl 3.56%, T_{amb}).
Typical values of critical pitting potential according to ASTM G61 standard (NaCl 3.56%, RT).

RESISTENZA ALLA CORROSIONE
CORROSION RESISTANCE



Resistenza in camera a nebbia salina in funzione della finitura superficiale (test eseguito secondo standard ASTM B117).
Resistance in salt spray fog chamber test based on the surface finish (test performed according to ASTM B117 standard).

RESISTENZA ALLA CORROSIONE
CORROSION RESISTANCE

Il 441M come per i gradi ferritici non è suscettibile alla corrosione sotto tensione in presenza di cloruri.
L'acciaio 441M resiste ai contenuti acidi tipici delle emissioni gassose dei motori a scoppio e diesel.
Un esempio di tale comportamento è rappresentato dalla misura della velocità di corrosione generalizzata attraverso immersione in una soluzione di H_2SO_4 e HBr valutata secondo standard ASTM G157 (modificato).
La velocità di corrosione misurata è 0,010mm/y, inferiore al limite indicato dalla normativa di 0.13mm/anno (5mpy).
Anche in tale ambiente acido, infatti, l'acciaio 441M mantiene la condizione di passività.

441M, as the other ferritic grades, is not susceptible to stress corrosion cracking in presence of chlorides.
441M stainless steel is resistant to the acids typically found in exhaust gases coming from combustion and diesel engines, as shown by the low corrosion rate (0.010mm/y<0.13mm/y) measured in the modified ASTM G157 corrosion test using a H_2SO_4+HBr test solution. This result points out that even in this acid environment, 441M stainless steel maintains the passive condition.

Resistenza alla corrosione generalizzata in H_2SO_4 (0,5N)+HBr (0,01N) a 50 °C, tempo di esposizione 168h (ASTM G157 modificato).
Resistance to generalised corrosion in H_2SO_4 (0.5N)+HBr (0.01N) at 50 °C, exposure time 168h (ASTM G157 modified).

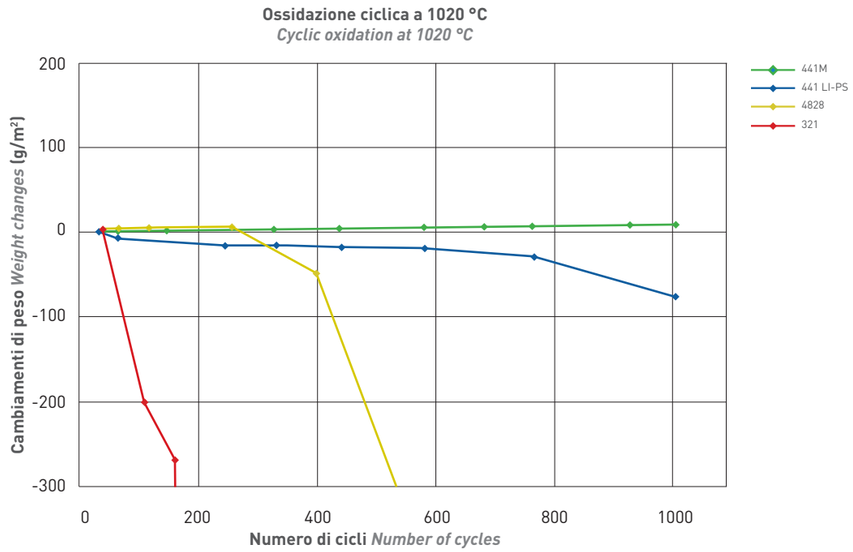
Nelle condizioni di fornitura, l'acciaio 441M è resistente alla corrosione intergranulare valutata attraverso test di immersione in soluzione di solfato di rame in acido solforico al 16% secondo EN ISO 3651-2 metodo A, corrispondente allo standard A763-93 pr.Z.
Il 441M mostra un'eccellente resistenza alla corrosione ad alta temperatura, ovvero nel caso in cui nel materiale insorgano tensioni critiche all'interfaccia metallo/ossido. Il ridotto coefficiente di dilatazione termica tipica dei ferritici congiuntamente alla formazione di una tipologia di ossido particolarmente compatto, permettono alla scaglia di ossido di rimanere aderente al metallo.

In supply conditions, 441M stainless steel is resistant to intergranular corrosion assessed through an immersion test in a solution of copper sulphate in 16% sulphuric acid according to EN ISO 3651-2 method A, the equivalent to A763-93 pr.Z standard.
441M stainless steel has excellent corrosion resistance to high temperature, i.e. when critical stresses arise at metal-oxide interface. The low coefficient of thermal expansion, typical of ferritic steel, combined with the formation of a particularly compact type of oxide, allows the oxide scale to adhere to the metal.

RESISTENZA ALLA CORROSIONE
CORROSION RESISTANCE

Nel grafico viene riportato il test di ciclaggio termico svolto a 1020 °C in cui il 441M viene confrontato con il ferritico 441LI (1.4509) con il medesimo tenore di Cr e con i gradi austenitici più nobili ovvero il 321 (1.4541) e il grado 1.4828.

The graph below shows the thermal cycling test carried out at 1020 °C for 441M stainless steel in comparison with ferritic 441LI (1.4509) with the same content of Cr and with the nobler austenitic grades 321 (1.4541) and 1.4828.

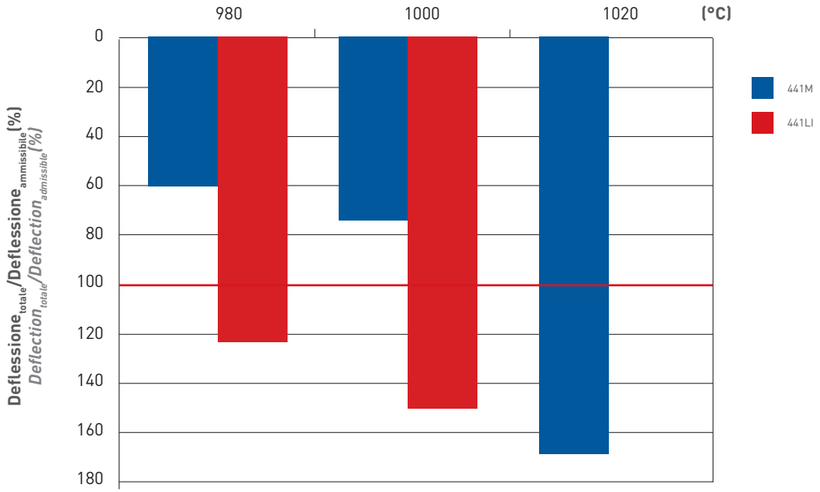


Variazione di peso per unità di superficie in funzione del numero di cicli termici cui è sottoposto il materiale (un ciclo: 25'alla temperatura di prova, 5' a temperatura ambiente).
Weight change per unit area based on the number of thermal cycles to which the material is subjected (one cycle: 25' at test temperature, 5' at room temperature).

CREEP
CREEP

Il 441M ha un'eccellente resistenza allo scorrimento a caldo, migliore rispetto ai gradi inossidabili ferritici stabilizzati convenzionali. Nel SAG test riportato nella figura viene confrontato il 441M con il 441LI, dal grafico emerge la sostanziale differenza di comportamento allo scorrimento a caldo dei due materiali intorno a 1000 °C.

441M stainless steel has excellent creep resistance, better than conventional, stabilized ferritic grades. In the SAG test shown in the graph below, 441M is compared with 441LI.
The graph shows the substantial difference in the creep behaviour of the two steels in the temperature range of 980-1020 °C.



Deflessione dei provini dopo 100h di esposizione in temperatura. I campioni sono poggiati su dei supporti in modo da essere sottoposti all'azione del proprio peso (la deflessione massima ammissibile è funzione dello spessore dei campioni). Spessore riferimento: 1.5 mm.
Deflection of samples after 100h of temperature exposure. The samples rest on supports to face the action of their own weight (the maximum deflection allowed depends on the thickness of the samples). Reference thickness: 1.5 mm.

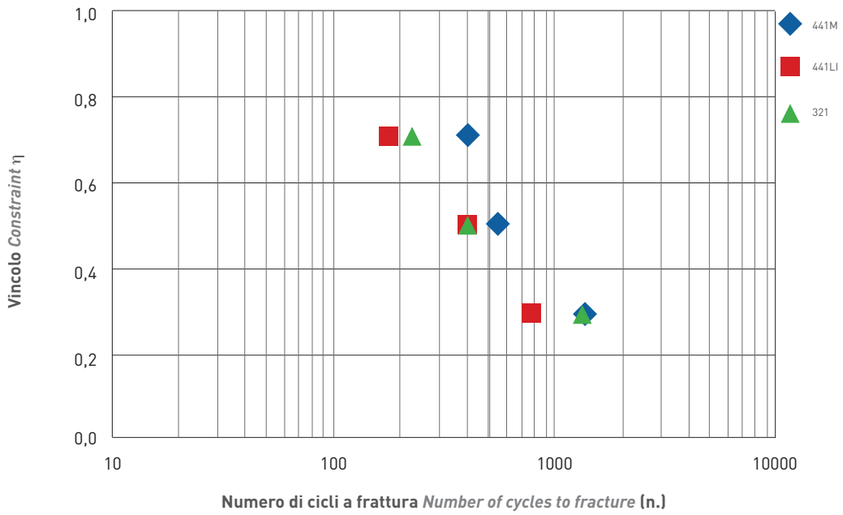
CREEP
CREEP

Arvedi AST

Grazie alle sue caratteristiche di resistenza meccanica combinata alla resistenza alla corrosione ad alta temperatura, il 441M mostra una resistenza alla fatica termica migliore rispetto al 441LI (1.4509) e confrontabile con il grado austenitico 321 (1.4541).
Il test di resistenza ad alta temperatura è stato condotto adottando vincoli meccanici crescenti (η: 0,3 – 0,5 – 0,7) nell'intervallo di temperature comprese tra 500 °C e 900 °C, valutando la fatica termica in accordo alla norma ASTM E2364-04.

Thanks to its mechanical resistance combined with corrosion resistance at high temperature, 441M stainless steel shows better resistance to heat fatigue than 441LI (1.4509) stainless steel and is comparable to the austenitic grade 321 (1.4541).
The resistance test at high temperature was carried out by adopting different mechanical constraints (η: 0.3 – 0.5 – 0.7) in a temperature range between 500 °C and 900 °C, assessing the heat fatigue according to the ASTM E2364-04 standard.

Diagramma di resistenza alla fatica termica η (vincolo meccanico) – numero di cicli.
Thermal fatigue resistance diagram η (mechanical constraint) - number of cycles.



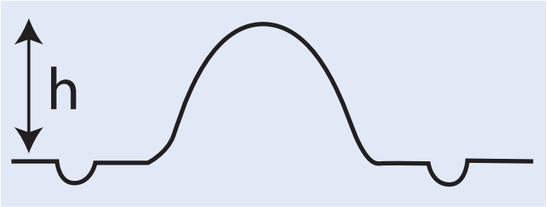
FORMABILITÀ
FORMABILITY

Il 441M ha un buon comportamento alla deformazione a freddo i valori dell'Indice Erichsen sono in linea con quelli del 441LI.

441M stainless steel reacts well to cold working. The Erichsen Index values are comparable to 441LI stainless steel.

SPESSORE / *THICKNESS* (mm)	INDICE ERICHSEN / *ERICHSEN INDEX* (mm)
1.5	10.8
2.0	11.8

Valori indicativi dell'indice Erichsen.
Indicative values of Erichsen Index.



Schema del calcolo dell'indice Erichsen.
Calculation method of Erichsen Index.

SALDABILITÀ
WELDABILITY

Arvedi AST

Il 441M può essere saldato sia con le tradizionali tecniche a fusione di saldatura ad arco (GTAW, PAW, GMAW, FCAW, SAW SMAW) che a resistenza (RSW, RSEW); si presta inoltre ad essere profilato in HF o mediante tecnica LBW ad alta energia concentrata. In particolare con le tecniche tradizionali come la GMAW il 441M è facilmente saldabile con i gradi ferritici 18Cr come il 441LI e con i gradi austenitici 304 e 1.4828.
La bistabilizzazione permette di contenere la crescita del grano in ZTA e la sensibilizzazione del BG (bordo grano) conservando tenacità e resistenza alla corrosione intergranulare. La saldatura del 441M con i gradi ferritici come il 441LI è praticabile utilizzando fili di apporto con 18Cr e Nb come il 430L-Cb; mentre con i gradi austenitici è consigliabile utilizzare composizioni con alto Ni es. 309L, che consentono di ottenere una struttura in zona fusa mista di ferrite e austenite che conferisce al giunto resistenza ad alta temperatura e buona tenacità.
I giunti di 441M+ferritico 18Cr e 441M+austenitico, realizzati con la tecnica GMAW utilizzando il filo di apporto indicato precedentemente, presentano un'ottima resistenza sia meccanica che al ciclaggio termico.
Per il grado 441M, come per i gradi ferritici stabilizzati ad alto tenore di Cr, al fine di prevenire l'insorgenza dei fenomeni che causano il decadimento della tenacità e della resistenza a corrosione, durante la saldatura si deve avere l'accortezza di prevenire la diffusione degli elementi leggeri come O, C e N. Tradizionalmente questo è realizzabile curando la preparazione dei lembi, eliminando le tracce di contaminanti (residui di lubrificanti, idrocarburi, olii) e di eventuali residui metallici esogeni dovuti alla preparazione dei lembi. Altre fonti di inquinamento possono essere i materiali consumabili (fili di apporto) che vanno opportunamente stoccati.
Per la protezione diretta del bagno fuso è consigliabile una miscela Ar+2% di CO_2, per la parte inferiore della saldatura può essere utilizzato esclusivamente Ar.
Precauzionalmente gli apporti termici debbono essere contenuti per prevenire la crescita del grano in ZTA. Non utilizzare idrogeno o azoto come protezione in quanto compromettono la duttilità del giunto saldato, l'utilizzo di CO_2 deve essere previsto in miscela al massimo per circa il 3%.

441M stainless steel can be welded both with traditional fusion-type arc welding (GTAW, PAW, GMAW, FCAW, SAW SMAW) and resistance techniques (RSW, RSEW). It is also suitable for profiling in HF or using the LBW technique with high power density.
With traditional techniques0 such as GMAW, 441M stainless steel can be easily welded with 18Cr ferritic grades (i.e. 441LI) and with 304 and 1.4828 austenitic grades.
The dual stabilisation prevents the grain coarsening in HAZ and the sensitisation of the grain boundaries, preserving the toughness and intergranular corrosion resistance.
Welding 441M stainless steel with ferritic grades (i.e. 441LI) can be done using filler wires with 18Cr and Nb such as 430L-Cb, while for the welding with austenitic grades, the use of filler wires with high Ni, e.g. 309L, are recommended because allows to obtain a mixed ferrite and austenite structure in the fusion zone which makes the joint resistant to high temperature, preserving toughness.
Joints of 441M+ferritic 18Cr and 441M+austenitics created with the GMAW technique, using the above-mentioned filler wires, have both an excellent mechanical and thermal cycling resistance.
For the 441M grade, as for stabilised ferritic grades with a high Cr content, it is advisable to prevent the diffusion of light elements such as O, C and N during welding in order to prevent the onset of phenomena which cause the deterioration of the toughness and corrosion resistance. Traditionally, this is possible by preparing the edges, eliminating any traces of contaminants (trace of lubricants, hydrocarbons, oils) and any external metal traces due to the preparation of the edges. Other sources of contaminants may be consumables (filler wire) which should be stored properly.
Shielding gas should be a a mixture of Ar+2% of CO_2, while 100% Ar should be used exclusively for the backside protection.
As a precaution, the thermal input should be limited in order to prevent grain coarsening the HAZ. The use of hydrogen or nitrogen as shielding gases is forbidden because they compromise the ductility of the welded joint. A maximum of about 3% of CO_2 should be used in the mixture.

TRATTAMENTI TERMICI E FINITURA
HEAT TREATMENTS AND FINISHES

L'acciaio 441M è disponibile nelle seguenti condizioni di fornitura:

441M stainless steel is supplied as follows:

ACCIAI SPECIALI TERNI	NORMA / *STANDARD* ASTM A480	NORMA / *STANDARD* EN 10088-2	DESCRIZIONE / *DESCRIPTION*
1	1	1E	Laminato a caldo, trattato termicamente, decapato *Hot rolled, heat treated and pickled*
2D	2D	2D	Laminato a freddo, trattato termicamente, decapato *Cold rolled, heat treated and pickled*
2B	2B	2B	Laminato a freddo, trattato termicamente, decapato, skinpassato *Cold rolled, heat treated, pickled and skinpassed*
BA	Bright Annealed*	2R*	Laminato a freddo, ricotto in bianco (Bright Annealed). Può essere skinpassato *Cold rolled, bright annealed. It can be skinpassed*

* Solo per spessore massimo 1 mm
** Only for maximum thickness 1 mm*

Il materiale è fornito allo stato ricotto, con microstruttura costituita da ferrite e carbonitruri di Nb e Zr distribuiti uniformemente in matrice. In caso di lavorazioni meccaniche, tale condizione può essere ripristinata con un trattamento termico a 870-930 °C, seguito da raffreddamento in aria o acqua, come suggerito dalla norma EN 10088:2. Come indicato dalla stessa norma, nei processi di ricottura continua è preferibile operare ai limiti superiori dell'intervallo indicato, che può essere anche superato (fino a 980 °C) in funzione del tempo di trattamento.

The material is supplied in the annealed condition, with a microstructure consisting of ferrite and Nb and Zr carbonitrides uniformly distributed in the matrix.
In case of mechanical hardening, this condition can be restored with a heat treatment at 870-930 °C, followed by air/water cooling, as suggested by the EN 10088:2 standard. As indicated by the above-mentioned standard, in continuous annealing processes, it is preferable to work at the upper limits of the range indicated which can also be exceeded (up to 980 °C) based on the treatment time.

TRATTAMENTI TERMICI E FINITURA
HEAT TREATMENTS AND FINISHES

Arvedi AST TERNI

Decapaggio
Per eliminare ogni traccia di colorazione termica, o per fini estetici si può ricorrere ad un trattamento di decapaggio, o alla sabbiatura con materiale inerte (es. vetro, ceramica); il decapaggio può essere eseguito per immersione in bagno di soluzione acida ($HF+HNO_3$), seguito da un accurato risciacquo, o attraverso l'applicazione di paste decapanti secondo le istruzioni dei fornitori.
Per rimuovere tracce di inquinamento da particelle ferrose, eventualmente derivanti da lavorazioni meccaniche o stoccaggio del materiale, e ripristinare la normale condizione di passività dell'acciaio, il decapaggio può essere seguito da un trattamento di decontaminazione in soluzione di HNO_3 o attraverso l'applicazione di paste passivanti.

Pickling
To eliminate all traces of heat colouring, or for aesthetic purposes, a pickling treatment, or blasting with inert material (e.g. glass, ceramic) is suggested. Pickling can be done by immersion in an acid solution ($HF+HNO_3$), followed by rinsing, or by the application of pickling pastes according to the supplier's instructions.
To remove traces of contamination from ferrous particles, possibly due to machining or storage of material, and in order to restore the normal passive condition of the steel, pickling can be followed by a decontamination treatment in a solution of HNO_3 or by applying passivating pastes.

NORMATIVE
STANDARDS

L'acciaio AST 441M è conforme alla norma UNI-EN 10088-2:2014 per il grado 1.4634 (X2CrAlSiNb18).

AST 441M stainless steel complies with the UNI-EN 10088-2:2014 standard for the grade 1.4634 (X2CrAlSiNb18).

Arvedi AST TERNI

HEAD OFFICE
Viale B. Brin, 218 - 05100 Terni, Italia
Tel. +39 0744-4901
www.acciaiterni.it

MARKETING
marketing.ast@acciaiterni.it