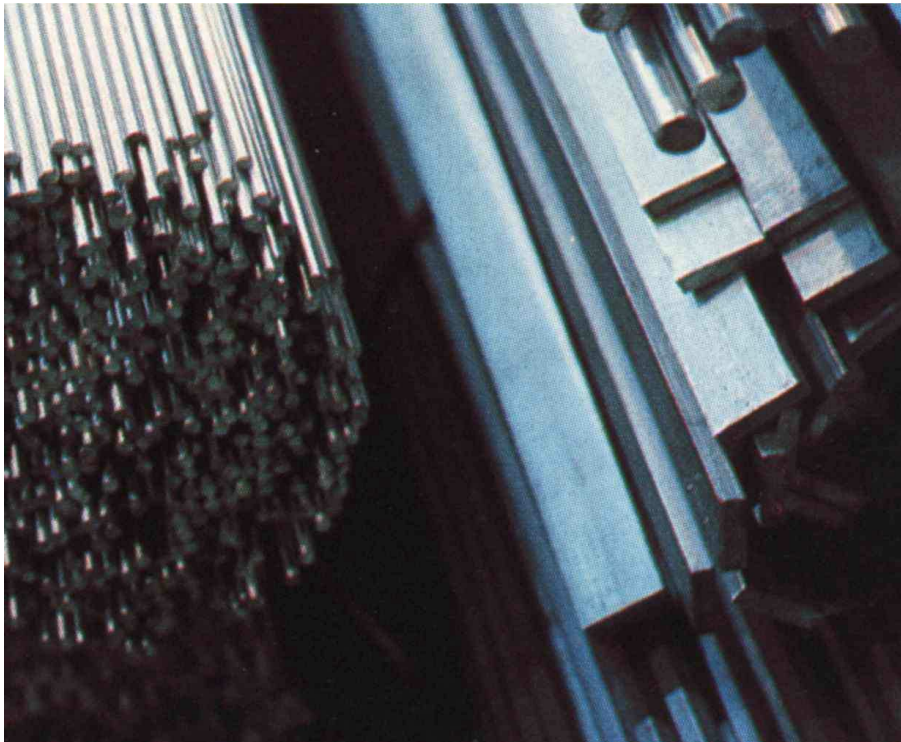


NITRONIC 50 (barre e fili: UNS S20910, XM19)

- Massima resistenza alla corrosione
- Elevate caratteristiche meccaniche
- Bassissima permeabilità magnetica
- Ottime proprietà criogeniche



Applicazioni possibili

L'eccellente resistenza alla corrosione del Nitronic 50 ne rende possibile l'impiego per applicazioni che sono critiche anche per gli acciai inossidabili tipo 316, 316L, 317 e 317L, rivelandosi adatto all'industria petrolifera, petrolchimica, chimica, dei fertilizzanti, nucleare, della carta e della cellulosa, tessile, alimentare, nautica.

Viene utilizzato per qualsiasi componente che richiede sia un'ottima resistenza alla corrosione che elevate proprietà meccaniche, come pompe, valvole, dispositivi di fissaggio, cavi, catene, assi portaelica e componenti vari per la nautica, parti di scambiatori di calore, molle, apparecchi fotografici.

Acciaio Inossidabile Nitronic 50

La società, oggi AK Steel Srl, fu fondata nel 1935 a Genova come ARMCO SpA.

Nell'autunno del 1999 la nostra casa madre ARMCO Inc. è confluita nella AK Steel di Middletown, Ohio, uno dei produttori leader negli USA di prodotti siderurgici destinati all'industria automobilistica, degli elettrodomestici e dell'industria meccanica.

Di conseguenza la ARMCO SMM Srl ha mutato ragione sociale in AK Steel Srl nel marzo 2000.

Negli Stati Uniti AK Steel Corporation è oggi l'azienda leader per i lamierini magnetici nonché per le lamiere inox al cromo - anche alluminate - in particolare per il settore linee di scarico degli autoveicoli.

Le informazioni e i dati contenuti in questa pubblicazione sono aggiornati ma devono essere considerati soltanto come informazione generale. Le applicazioni suggerite per il materiale sono descritte solo per orientare il lettore nelle proprie valutazioni e decisioni e non costituiscono garanzia espressa od implicita sull'uso del materiale per queste od altre applicazioni.

I valori delle caratteristiche meccaniche e delle analisi chimiche sono il risultato di prove effettuate su provini ricavati da posizioni specifiche in accordo con le procedure prescritte. Ogni corrispondenza è quindi limitata ai valori ottenuti in quelle posizioni e secondo quelle procedure.

Informazioni Generali

Il Nitronic 50 è un acciaio inossidabile austenitico caratterizzato da un'eccezionale resistenza alla corrosione unita ad elevate proprietà meccaniche che ne fanno un materiale senza rivali nella propria categoria. Rispetto ai tipi 316, 316L, 317 e 317L presenta una resistenza alla corrosione superiore ed un limite di snervamento circa doppio a temperatura ambiente. Inoltre il Nitronic 50 mantiene buone caratteristiche meccaniche sia alle alte che alle basse temperature. A differenza di molti acciai austenitici non diventa magnetico né in seguito a lavorazioni a freddo né a temperature sotto lo zero. Il Nitronic 50 HS (High Strength = elevata resistenza) ha un limite di snervamento pari a 3 o 4 volte quello del tipo 316.

Composizione

	%
Carbonio	0,06 max
Manganese	4,00 – 6,00
Fosforo	0,040 max
Zolfo	0,030 max
Silicio	1,00 max
Cromo	20,50 – 23,50
Nichel	11,50 – 13,50
Molibdeno	1,50 – 3,00
Azoto	0,20 – 0,40
Niobio	0,10 – 0,30
Vanadio	0,10 – 0,30

Temperatura di solubilizzazione

Il Nitronic 50 viene normalmente solubilizzato tra 1066 e 1121°C. Per la maggior parte delle applicazioni è preferibile il trattamento a 1066°C che esalta al massimo le proprietà meccaniche e la resistenza alla corrosione. Quando l'utilizzo è allo stato come saldato in ambiente fortemente corrosivo, si raccomanda il materiale trattato a 1121°C per minimizzare la possibilità di attacco intergranulare.

Specifiche

Le norme di riferimento per il Nitronic 50 nella sue varie forme sono elencate di seguito. Si raccomanda comunque di verificare con gli Enti interessati le eventuali revisioni e/o aggiornamenti.

Nitronic 50 : Grado XM-19 (UNS S20910)

ASTM A314 – Barre e billette
 ASTM A240 – Lamiere, lamierini e nastri per serbatoi in pressione senza fiamme saldati per fusione
 ASTM A412 – Lamiere, lamierini e nastri
 ASTM A479 – Barre e profilati per scaldacqua e altri serbatoi in pressione
 ASTM A276 – Barre e profilati
 ASTM A580 – Filo
 ASTM A182 – Flange per tubi forgiate o laminate, raccordi forgiati e valvole
 ASTM A193 – Bulloneria (Grado B8R)
 ASTM A194 – Dadi (Grado 8R)
 ASTM A249 – Surriscaldatori, scambiatori di calore e tubi per condensatori saldati
 ASTM A269 – Tubi con e senza saldatura per uso generico
 ASTM A312 – Tubi con e senza saldatura
 ASTM A351 e ASTM A743 – Getti (Grado CG6MMN)
 ASTM A403 – Tubi e raccordi saldati
 ASTM A358 – Tubi saldati all'arco elettrico
 AMS 5764 – Barre, forgiati ed estrusi
 ASME – Sezione VIII, Divisione 1, Tabella UHA-23
 ASME – Sezione III, Divisione 1, Appendici
 NACE MR-01-75
 In condizione solubilizzato e HS accettabile per durezza Rockwell 35 max.

Nelle valvole e nei carburatori il Nitronic 50 può essere usato per alberi, steli e perni come lavorato a freddo a condizione che la lavorazione a freddo sia preceduta da ricottura.

Unità di misura

I valori delle varie tabelle sono in sistema metrico o Sistema Internazionale (SI), convertendo le unità di misura normalmente utilizzate in USA, secondo l'American Iron and Steel Institute Metric Practice Guide. Pertanto i valori corrispondenti possono essere lievemente approssimati.

L'unità di forza è il Newton (N).

1 MPa (Megapascal) = 1 MN/m² = 1.000.000 N/m²

1000 pounds/in² (psi) = 1 kip/in² (ksi) = 6,8948 MN/m² = 6,8948 MPa

Caratteristiche meccaniche

Tabella 1 – Valori minimi accettabili per barre solubilizzate

Solubilizzazione tra 1066 e 1121°C con raffreddamento in acqua	Carico di rottura MPa	Snervamento (0,2 %) Mpa	Allungamento % (sez. 50mm)	Strizione %
sezione fino a 929 cm ²	690	379	35	55
sezione oltre 929 cm ² e fino a 2091 cm ²	655	345	30	45

Tabella 2 – Proprietà tipiche a temperatura ambiente *

Condizione	Tensionali						Torsionali	
	Rottura (Mpa)	Snervamento (Mpa)	Allungamento %	Strizione %	Durezza Rockwell	Resilienza (J)	Snervamento (Mpa)	Modulo di rottura (Mpa)
Solubilizzato a 1121°C con raffreddamento in acqua	827	414	50	70	B98	230	307	789
Solubilizzato a 1066°C con raffreddamento in acqua	862	448	45	65	C23	176	379	827

* Media su due prove

Tabella 3 – Proprietà tensionali tipiche per brevi esposizioni ad alta temperatura *

Condizione	Temperatura di prova (°C)	Rottura (Mpa)	Snervamento (Mpa)	Allungamento %	Strizione %
Solubilizzato a 1066°C Diametro barre da 19,1 a 31,8 mm	24	855	538	40,5	67,5
	93	772	455	40,5	67,5
	204	703	400	37,5	67
	316	676	372	37,5	64
	427	648	345	39,5	63
	538	614	331	36,5	62,5
	649	552	303	36,5	63
	732	469	290	42,5	71,5
Solubilizzato a 1121°C Diametro barre da 25,4 a 38,1 mm	816	345	221	59,5	85
	24	807	414	45	71
	93	738	338	43,5	70,5
	204	662	262	43,5	69,5
	316	634	241	42,5	67,5
	427	614	234	43,5	66
	538	579	221	41	66,5
	649	510	214	38	64
732	455	214	37	61,5	
816	359	207	41	61	

* Media su 3 prove

Tabella 4 – Resistenza a fatica – Valori tipici *

Condizione	Temperatura di prova (°C)	Sollecitazione di rottura (Mpa)		
		100 ore	1.000 ore	10.000 ore
Solubilizzato a 1066°C Diametro barre da 19,1 a 31,8 mm	538	627	607	496
	593	496	427	324
	649	379	262	152
	732	145	82,7	41,4
	816	69	25,5	9
Solubilizzato a 1121°C Diametro barre da 25,4 a 38,1 mm	538	---	---	---
	593	448	372	296
	649	345	283	224
	732	0	103	58,6
	816	89,6	44,8	24,1

* Media su 3 prove

Tabella 5 – Resistenza tipica allo scorrimento * - Diametro barra 25,4 mm

Condizione	Temperatura di prova (°C)	Sollecitazione per scorrimento minimo (Mpa)	
		0,0001% per ora	0,00001% per ora
Solubilizzato a 1121°C	593	283	238
	649	152	110

* Prove da unica colata

Tabella 6 – Proprietà meccaniche tipiche del filo trafilato a freddo *

Riduzione %	Rottura (Mpa)	Snervamento (Mpa)	Allungamento % (4xD)	Strizione %
15	1.138	986	23	56
30	1.338	1.200	15	49
45	1.489	1.351	11	45
60	1.613	1.489	9	42
75	1.696	1.613	8	39

* Media su 2 prove

Diametro iniziale 6,35 mm solubilizzato a 1121°C

Per riduzioni pari o superiori al 60% senza solubilizzazione intermedia, il Nitronic 50 si fragilisce rapidamente se esposto a temperature fra 426°C e 538°C. Di conseguenza le molle prodotte con Nitronic 50 non devono essere sottoposte al trattamento di distensione a bassa temperatura comunemente adottato per gli acciai inossidabili austenitici.

Tabella 7 – Proprietà meccaniche a temperature inferiori a 0°C * – diametro barra 25,4 mm – solubilizzata a 1121°C

Temperatura (°C)	Rottura (Mpa)	Snervamento (Mpa)	Allungamento %	Strizione %
- 73	1.007	586	49,5	65
- 196	1.558	883	41	51

* Media su 2 prove

Tabella 8 – Valori tipici di resilienza – diametro barra 25,4 mm – solubilizzata a 1121°C

Temperatura di prova (°C)	Resilienza Charpy-V (J)	
	Solubilizzato	ZTA simulata *
24	230	230
- 73	156	156
- 196	68	68

* Trattato a 677°C per 1 ora per simulare la zona termicamente alterata di un giunto saldato
Media su 2 prove

Tabella 9 – Effetto della riduzione a freddo sulle proprietà meccaniche del materiale in barre

Diametro (mm)	Riduzione %	Rottura (Mpa)	Snervamento (Mpa)	Allungamento %	Strizione %	Durezza Rockwell	Resilienza (J) alla temperatura di (°C)		
							27	- 40	- 79
19,05	0	804	397	47	70,6	B91	314	---	---
19,05	13	982	869	31	67	C30	157	---	---
		973	844	31	65,7		156	---	---
16,51	28	1086	1058	21	63,8	C34	133	100	---
		1076	1036	24	63,6		123	73	---
19,05	46	1282	1268	18	57,9	C36	73	65	51
		1263	1245	16	57,8		71	58	53

Proprietà delle barre ad elevata resistenza (HS = High Strength)

Il Nitronic 50 è disponibile anche sotto forma di barre ad elevata resistenza (Nitronic 50HS) prodotte con tecniche di processo particolari.

Il Nitronic 50HS laminato a caldo presenta caratteristiche meccaniche superiori, che sono però funzione del diametro, e diventano simili a quelle del materiale solubilizzato per diametri superiori a 76,2 mm.

Poiché le caratteristiche di elevata resistenza si ottengono con processo di acciaieria, il Nitronic 50HS non può essere forgiato o saldato senza che queste si degradino. Le barre HS prodotte con forgia rotante possono avere resistenza alla corrosione e alle cricche da solfuri parzialmente ridotte.

Tabella 10 – Proprietà tensionali minime a temperatura ambiente per barre ad elevata resistenza (HS) laminate a caldo non solubilizzate

Diametro (mm)	Rottura (Mpa)	Snervamento (Mpa)	Allungamento %	Strizione %	Durezza Brinell	Resilienza Charpy-V (J)
Da 17,5 a 31,8 compreso	1000	896	18	45	283	108
Oltre 31,8 a 50,8 compreso	931	724	20	50	260	135
Oltre 50,8 a 63,5 compreso	827	655	20	50	220	135
Oltre 63,5 a 76,2 compreso	793	517	25	50	210	135

**Tabella 11 – Proprietà torsionali per barre ad elevata resistenza (HS) laminate a caldo non solubilizzate *
Diametri da 31,7 a 50,8 mm compresi**

	Valore limite (Mpa)	Snervamento (Mpa)	Modulo di rottura (Mpa)
Valore tipico	448	690	965
Valore minimo	345	483	827

* Media su 2 prove - I valori diminuiscono oltre il diametro 50,8 mm - Contattare AK per informazioni

Tabella 12 – Caratteristiche minime accettabili per barre HS prodotte alla forgia rotante

	Diametro da 63,5 a 152,4 mm compreso	Oltre 152,4 fino a 215,9 mm compreso	Oltre 215,9 fino a 241,3 mm compreso
Rottura (MPa)	896	862	827
Snervamento (Mpa)	758	621	621
Allungamento %	15	20	20
Strizione %	45	50	50
Resilienza Charpy-V (J)	135	135	135

Tabella 13 – Proprietà tensionali tipiche per brevi esposizioni ad alte temperature delle barre ad elevata resistenza (HS) laminate a caldo non solubilizzate

Temperatura di prova (°C)	Rottura (MPa)	Snervamento (MPa)	Allungamento %	Strizione %
24	1034	869	29	64
93	931	772	28	65
204	855	696	27	63,5
316	807	641	27,5	61
427	765	593	28,5	61
538	710	552	27	60,5
593	683	531	26	59,5

* Diametro barre da 25,4 a 50,8 mm - Media su 3 prove da 3 colate

Tabella 14 – Resistenza tipica a rottura per fatica * – barra HS laminata a caldo non solubilizzata – diametro 25,4 mm

Temperatura di prova (°C)	Sollecitazione di rottura (MPa)		
	100 ore	1.000 ore	10.000 ore
538	676	655	538
593	586	455	352

* Media delle prove da 2 colate

Il Nitronic 50 HS non è adatto per uso prolungato oltre i 593°C

Tabella 15 – Resilienza tipica al di sotto dei 0°C * - barra HS laminata a caldo non solubilizzata

Temperatura di prova (°C)	Resilienza Charpy-V (J)		
	dia. 25,4 mm	dia. 38,1 mm	dia. 50,8 mm
27	171	203	201
- 60	155	178	178
- 129	65	84	83
- 196	42	56	49

* Media su 2 prove da 2 colate per ciascun diametro

Tabella 16 – Caratteristiche meccaniche tipiche criogeniche – barra HS dia. 50,8 mm

Temperatura (°C)	Rottura (MPa)	Snervamento (MPa)	Allungamento %	Strizione %
Ambiente	983	796	40,0	65,0
- 73	1.171	942	35,5	66,5
- 129	1.308	1.051	28,0	61,0
- 157	1.382	1.151	25,5	63,5
- 196	1.664	1330	28,5	*

* Provetta rotta, impossibile determinare il diametro finale esatto

Tabella 17 – Resistenza a fatica di barra rotante

Condizione	Diametro barra (mm)	Resistenza a fatica a 10 ⁸ inversioni di sollecitazione (MPa)	
		Prova in aria *	Prova in acqua di mare **
Solubilizzato a 1121°C	25,4	290	152
Solubilizzato a 1066°C	25,4	324	---
Barre HS (laminare a caldo - non solubilizzate)	25,4	469	124
	63,5	400	103
	102	303	103

* Provette R.R.Moore a temperatura ambiente

** Provette McAdam in acqua marina a temperatura ambiente (11 - 31°C)

Prove da unica colata per ogni dimensione e condizione

Tabella 18 – Resistenza a taglio

Condizione	Rottura (MPa)	Doppio taglio (MPa) *	Rapporto taglio/trazione %
Solubilizzato a 1066°C	869	598	69
Solubilizzato a 1121°C	779	541	69,5

* Prove secondo Boeing Aircrafts Co. D2-2860 Procedures for Mechanical Testing of Aircrafts Structural Fasteners

Media su 2 prove

Tabella 19 – Proprietà elastiche

Modulo di elasticità (E) in tensione (MPa)	Modulo di elasticità (G) in torsione (MPa)	Rapporto di Poisson
199 x 10 ³	74.500	0,312

Media su 2 prove

Tabella 20 – Proprietà elastiche a temperature elevate

Temperatura (°C)	Modulo di Young in tensione (MPa)	Rapporto di Poisson
22	199 x 10 ³	0,312
93	192 x 10 ³	0,307
149	186 x 10 ³	0,303
204	180 x 10 ³	0,299
260	174 x 10 ³	0,295
315	170 x 10 ³	0,291
371	165 x 10 ³	0,288

Provini ricavati da lamiera in direzione longitudinale - rilevazioni eseguite con estensimetri

Tabella 21 – Sensibilità all'intaglio

Condizione	Rottura senza intaglio (MPa)	Rottura con intaglio (MPa)
Solubilizzato a 1121°C	790	1069
Solubilizzato a 1066°C	830	---
Barre HS	1041	1354

Media su 2 prove

Le prove di trazione sono state eseguite a temperatura ambiente su provette con intaglio e con fattore di concentrazione di sollecitazioni $K_t = 1,3$. I risultati dimostrano che il Nitronic 50 non è sensibile all'intaglio.

Tabella 22 – Perdita di peso in funzione dell'accoppiamento – mg / 1000 cicli

(Durezza Rockwell)	(C34)	(C28)	(B95)	
Tipo 316 (B91)	33,78	10,37	12,51 (B91)	4,29
17-4 PH (C43)	34,08	12,55	18,50 (B91)	5,46
Lega al Cobalto 6B (C48)	18,78	3,26	5,77 (B72)	1,85
Tipo 431 (C42)	26,40	6,73	5,03 (B72)	3,01
Ti-6Al-4V (C36)	17,19	6,27	6,31 (B72)	4,32
K 500 (C34)	30,65	34,98	33,78 (B91)	22,87
Nitronic 50 (C28)	34,98	9,37	10,37 (B72)	4,00
Nitronic 60 (B95)	22,87	4,00	4,29 (B91)	2,79

Resistenza a frizione ed usura

La resistenza a frizione del Nitronic 50 è pari o poco migliore del tipo 316. Le prove di usura metallo su metallo dimostrano la superiorità del Nitronic 50 rispetto al K 500 nonostante la maggiore durezza di quest'ultimo. I dati comparativi sono raccolti nella Tabella 22. Per applicazioni che richiedono caratteristiche di resistenza a frizione, usura e cavitazione superiori si suggerisce di adottare il Nitronic 60.

Condizioni di prova: impianto Taber-Met Abrader, cilindri a 90° dia. 12.700 mm, asciutti, carico di 7,3 kg, 105 g/min, temperatura ambiente, finitura superficiale grana 120, 10.000 cicli, sgrassato, doppia prova, perdita di peso corretta per differenza di densità

Tabella 23 – Resistenza a cavitazione del Nitronic 50 solubilizzato

Materiale	Perdita di peso (mg) *
Nitronic 50	30
Tipo 316	100

* Prova effettuata secondo procedura ASTM G32

Tabella 24 – Filo *

Condizione	Permeabilità magnetica tipica con intensità di campo di:		
	50 Oersted	100 Oersted	200 Oersted
Solubilizzato	1,004	1,004	1,004
Trafilato a freddo 27%	1,004	1,004	1,003
Trafilato a freddo 56%	1,004	1,004	1,004
Trafilato a freddo 75%	1,004	1,004	1,004

* Media su 2 prove

Tabella 25

Temperatura (°C)	Suscettività magnetica, X, $10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$	Permeabilità magnetica tipica μ
22	21,5	1,0021
- 23	22,5	1,0022
- 73	25	1,0025
- 123	28,5	1,0028
- 173	35,5	1,0035
- 223	54	1,0053
- 240	74	1,0073
- 258	61	1,0060

Riferimento: Advances in cryogenic Engineering Materials, Vol. 26 (1980) pag. 37-47

Proprietà fisiche

- Peso specifico a 24°C: 7,88 g/cm³
- Resistività elettrica a 21°C: 82 micro-ohm/cm

Permeabilità magnetica

Il Nitronic 50 non diventa magnetico anche con cicli severi di lavorazioni a freddo. Questa caratteristica lo rende adatto per quelle applicazioni che richiedono un'eccellente resistenza alla corrosione unita ad una bassa permeabilità magnetica.

La permeabilità magnetica del Nitronic 50 rimane a valori molto bassi anche a temperature criogeniche, anche se superiori al Nitronic 33 ed al Nitronic 40.

I valori di suscettività magnetica di Tabella 25 sono stati ottenuti con il metodo della forza di Curie su provini di lamiera solubilizzata.

Da notare che la suscettività magnetica del Nitronic 50 mostra un massimo a - 240°C, che si riscontra anche per Nitronic 33 e Nitronic 40, che dipende dalla temperatura ma non dall'intensità del campo.

A differenza della serie 300, nella maggior parte dei Nitronic non si riscontrano fenomeni di supermagnetismo.

**Tabella 26
Dilatazione termica**

Campo di temperatura (°C)	Coefficiente di dilatazione termica ($\mu\text{m}/\text{m}/^\circ\text{K}$)
21 - 93	16,2
21 - 204	16,6
21 - 316	17,3
21 - 427	17,8
21 - 538	18,4
21 - 649	18,9
21 - 760	19,4
21 - 871	20,0

* Media su 2 prove

Materiale solubilizzato

**Tabella 27
ContraZIONE termica**

Temperatura (°C)	ContraZIONE (ppm)	Coefficiente medio di dilatazione fra T e 24°C (ppm/°C)
- 41	948	14,61
- 46	1016	14,53
- 51	1074	14,34
- 62	1237	14,40
- 73	1398	14,43
- 87	1560	14,07
- 101	1723	13,80
- 117	1951	13,84
- 129	2079	13,60
- 143	2231	13,37
- 162	2333	12,55
- 196	2542	11,56

**Tabella 28
Conducibilità termica**

Temperatura (°C)	Conducibilità termica * (W/m/°K)
21	---
149	15,6
316	17,9
482	20,3
649	23,0
816	25,2

* Media su 2 prove

Resistenza alla corrosione

Il Nitronic 50 presenta è dotato di un'eccellente resistenza alla corrosione, superiore ai tipi 316, 316L, 317 e 317L in molte sostanze. Per molte applicazioni il materiale solubilizzato a 1066°C ha una sufficiente resistenza alla corrosione ed una tenacità maggiore. In ambienti molto corrosivi oppure per materiale da usare come saldato è maggiormente indicata la solubilizzazione a 1121°C. Le barre di Nitronic 50 HS sono spesso adottate per assi e bulloneria, ma in molti ambienti corrosivi non presentano la stessa resistenza alla corrosione del materiale solubilizzato. La Tabella 29 riporta indici tipici di corrosione ottenuti con prove di laboratorio in varie condizioni e i valori di paragone dei tipi 316, 316L, 317 e 317L.

Tabella 29 – Resistenza alla corrosione in vari ambienti corrosivi

Sostanza	Indice di corrosione in mm/anno ove non indicato altrimenti ⁽¹⁾				
	Nitronic 50 - barra solubilizzata a 1066°C	Nitronic 50 - barra solubilizzata a 1121°C	Nitronic 50 - barra High Strength ⁽³⁾ (HS)	Tipo 316 e 316L solubilizzato	Tipo 317 e 317L solubilizzato
FeCl ₃ - 25°C - liscio ⁽²⁾	< 0,00016 g/cm ²	< 0,00016 g/cm ²	< 0,00016 g/cm ²	< 0,0017 g/cm ²	---
FeCl ₃ - 25°C - fessurato ⁽²⁾	< 0,00016 g/cm ²	< 0,00016 g/cm ²	< 0,00016 g/cm ²	< 0,029 g/cm ²	---
1% H ₂ SO ₄ - 80°C	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,05	< 0,025
2% H ₂ SO ₄ - 80°C	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,28	< 0,025
5% H ₂ SO ₄ - 80°C	< 0,025	< 0,025	< 0,025	1,52	0,91
10% H ₂ SO ₄ - 80°C	---	0,71	---	2,54	1,25
20% H ₂ SO ₄ - 80°C	---	3,38	---	12,19	3,94
1% H ₂ SO ₄ - a bollore	---	0,68	---	---	0,33
2% H ₂ SO ₄ - a bollore	---	1,63	---	3,05	0,69
5% H ₂ SO ₄ - a bollore	4,93	3,33	7,52	6,60	2,36
10% H ₂ SO ₄ - a bollore	---	9,04	---	18,54	11,81
20% H ₂ SO ₄ - a bollore	---	41,66	---	55,88	33,02
1% HCl - 35°C	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,30	0,05
2% HCl - 35°C	0,61	< 0,025	0,69	0,53	0,58
1% HCl - 80°C	---	< 0,025	6,07	---	3,76
2% HCl - 80°C	---	11,15	11,48	---	6,68
65% HNO ₃ - a bollore	0,25	0,18	---	0,30	0,30
70% H ₃ PO ₄ - a bollore	5,16	3,91	---	5,13	5,11
33% acido acetico - a bollore	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
20% acido formico - a bollore	---	< 0,025	---	0,69	---
40% acido formico - a bollore	---	0,81	---	0,86	---
10% HNO ₃ + 1% HF - 35°C	---	0,18	---	1,63	---
10% HNO ₃ + 1% HF - 80°C	---	1,75	---	11,23	---

(1) Test per immersione eseguiti su provette cilindriche lavorate dia. 15,9 mm e lunghezza 15,9 mm. I valori sono la media di 5 periodi di 48 ore di esposizione. Nei test a 35 e 80°C le provette sono state attivate elettroliticamente per gli ultimi 3 periodi.

(2) Esposizione per 50 ore con l'applicazione di strisce di gomma per simulare le fessurazioni.

(3) Indici di corrosione per barre laminate a caldo

Corrosione intergranulare

La resistenza del Nitronic 50 all'attacco intergranulare è eccellente anche quando sensibilizzato a 675°C per 1 ora per simulare la zona termicamente alterata di una saldatura. Il materiale solubilizzato a 1066°C ha un'ottima resistenza all'attacco intergranulare per molte applicazioni. Nel caso di sezioni di spessore elevato in servizio come saldate in alcuni ambienti fortemente corrosivi, si ottiene la resistenza massima con solubilizzazione a 1121°C.

Resistenza a tensocorrosione

Al pari di altri inossidabili più comuni il Nitronic 50 può essere soggetto a tensocorrosione in ambienti con cloruri ad alte temperature. Provato con un test molto accelerato in una soluzione di MgCl₂ al 42% a bollore, il Nitronic 50 mostra una resistenza intermedia a quelle del 304 e del 316. Il comportamento è lievemente diverso per materiale solubilizzato, High Strength, trafilato a freddo. La tabella 31 riporta i valori comparativi ottenuti con il metodo di carico tensionale diretto secondo ASTM STP 425 (edizione Settembre 1967). Si tratta di un test severo specialmente a queste temperature.

Per applicazioni in ambiente marino sono stati eseguiti test a tensocorrosione con provette piegate ad U, solubilizzate a 1063°C, sensibilizzate a 675°C, laminate a freddo con riduzione 44%. Non è stato riscontrato nessun innesco a rottura dopo 15 anni di esposizione.

**Tabella 30 – Resistenza a corrosione intergranulare
Nitronic 50 barre - ASTM A262**

Condizione	Pratica B Solfato ferrico	Pratica E Rame-Solfato di rame
Solubilizzato a 1066°C	0,000039 mm/mese	passato
Solubilizzato a 1066°C + 677°C - 1 ora - raffreddamento in aria	0,000150 mm/mese	passato
Solubilizzato a 1121°C	0,000035 mm/mese	passato
Solubilizzato a 1121°C + 677°C - 1 ora - raffreddamento in aria	0,000087 mm/mese	passato
High Strength	0,000122 mm/mese	passato
High Strength (PRF)		
Bordo	0,000122 mm/mese	passato
Intermedio	0,000047 mm/mese	passato

**Tabella 31
MgCl₂ a bollore**

Tempo alla rottura in ore con sollecitazione di		517 MPa	345 MPa	172 MPa
Tipo 304	solubilizzato	0,2	0,3	0,8
Tipo 316	solubilizzato	0,8	2,5	7,0
Nitronic 50	solubilizzato	0,4	1,2	5,0
Nitronic 50	HS	1,2	1,5	6,0
Nitronic 50	Trafilato a freddo	1,2	2,6	3,3

Cricche da solfuri

Sia le prove di laboratorio che i risultati in servizio dimostrano che il Nitronic 50 possiede un'eccellente resistenza alle cricche da solfuri. Il Nitronic 50 solubilizzato e in versione high strength (laminato a caldo) è compreso nella NACE MR-01-75 (Sulfide Stress Cracking Resistant Material for Oil Field Equipment) per valori di durezza fino a RC35 max.

Lavorato a freddo con RC35 max. è accettato per la costruzione di alberi, steli e perni di valvole a condizione che la lavorazione sia preceduta da un trattamento di solubilizzazione.

La tabella 32 indica i risultati di prove di laboratorio condotte sul Nitronic 50 in soluzione sintetica di fluido di pozzo (sour: cloruro di sodio al 5% e acido acetico allo 0,5% saturata con idrogeno solforato). Sono inoltre riportati i valori per il 17-4 PH che è accettato da NACE nelle due condizioni indicate.

Tabella 32 – Resistenza alle cricche da solfuri ⁽¹⁾

Materiale	Condizione	Durezza Rockwell	Snervamento MPa	Tempo alla rottura in ore con sollecitazione di (MPa)						
				1034	965	862	690	517	345	172
Nitronic 50	Solub. 1066°C	C22	448	---	---	---	> 1000	> 1000	> 1000	---
Nitronic 50	HS ⁽³⁾ dia. 25,4 mm	C33	931	---	204	320	> 1000	> 1000	---	---
Nitronic 50	HS ⁽³⁾ dia. 25,4 mm	C35	1007	---	358	---	---	---	---	---
Nitronic 50	HS ⁽³⁾ dia. 25,4 mm	C36	993	170 ⁽²⁾	> 1000	> 1000	> 1000	---	---	---
Nitronic 50	Trafilato dia. 9,5 mm	C41	1103	> 1000	---	---	> 1000	---	---	---
17-4 PH	H1150-D	C32,5	758	---	---	---	---	9,5	16	225
17-4 PH	H1150-M	C29	586	---	---	---	---	13,5	29	850

(1) Prove di trazione longitudinali secondo NACE TM 01-77

(2) Rottura duttile

(3) Solo per barre laminate a caldo

Tabella 33

	Rottura (MPa)	Sollecitazione applicata (MPa)	Ore alla rottura
Filo trafileto a freddo avvolto in molla a spirale	1944	689	> 1584

Il Nitronic 50 in filo temperato avvolto in molla elicoidale esposto alla soluzione corrosiva secondo NACE ha dato i risultati di tabella 33.

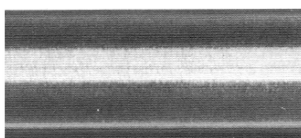
Resistenza all'acqua di mare

Le foto mostrano l'aspetto di assi di Nitronic 50 e di 400 Ni-Cu dopo 18 mesi di immersione in acqua di mare calma.

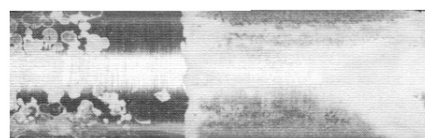
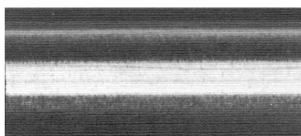
I test sono stati eseguiti senza anodi di zinco per stabilire la resistenza relativa alla corrosione del Nitronic 50 HS. Se si fossero usati anodi di zinco o se si fossero applicate eliche di bronzo non si sarebbe verificata alcuna corrosione in fessura.

Le foto sono state fatte dopo aver rimosso dalle barre i cirripedi e le altre incrostazioni biologiche. Prima dell'immersione tutte le provette sono state lucidate, sgrassate e passivate. Sono quindi state inserite in rastrelliere di legno e totalmente immerse nell'acqua di mare. Il Nitronic 50 HS dopo 18 mesi non mostrava segni di corrosione in fessura sotto i blocchi di legno.

Una barra di Nitronic 50 HS è rimasta perfettamente integra mentre in alcune aree dell'altra si sono prodotti inizi di attacco in fessura (profondità inferiore a 0,025 mm) sotto le incrostazioni biologiche.



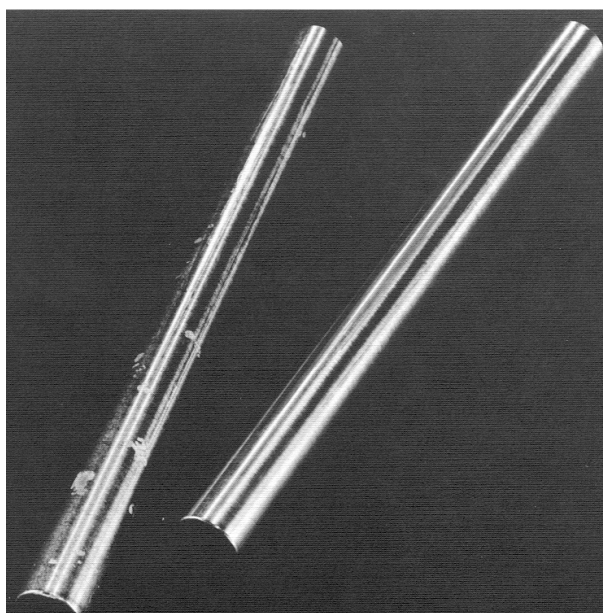
Nitronic 50



Lega 400 Cu-Ni

Le provette di 400 Cu-Ni hanno riportato attacchi in fessura poco profondi (da 0,025 a 0,076 mm) sia nelle aree in contatto con le rastrelliere di legno, sia sotto le incrostazioni biologiche.

La stessa prova è stata fatta con acciaio tipo 316 e Nitronic 50. Dopo nove mesi il 316 ha mostrato vaiolature in varie posizioni e corrosione in fessura sia nell'area in contatto con il legno che sotto le incrostazioni biologiche, mentre il Nitronic 50 risultava integro. I due provini sono mostrati nella foto a lato, dove il Nitronic 50 è a destra.



Nebbia salina – Atmosfera marina

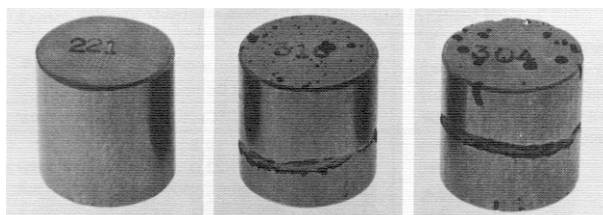
Il Nitronic 50 sia solubilizzato che HS non ha mostrato alterazioni dopo 500 ore di esposizione a nebbia salina (al 5% NaCl) a 35°C o dopo oltre 7 anni di esposizione all'atmosfera marina. Il tipo 316 nelle stesse condizioni mostra una leggera coloritura.

Resistenza alla vaiolatura

I pezzi nella foto a lato sono stati esposti ad una soluzione al 10% di cloruro ferrino per 50 ore a temperatura ambiente. Attorno a ciascuno è stato avvolto un nastro di gomma per favorire la corrosione in fessura che si verifica a volte nelle zone non a contatto con l'ossigeno.

Da sinistra a destra: Nitronic 50, tipo 316, tipo 304.

Solo il Nitronic 50 è ancora lucido e brillante mentre sia il 316 che il 304 hanno evidenti vaiolature e profondi segni di corrosione in fessura nella zona dove era stato posto il nastro di gomma.



Contatto con alimenti

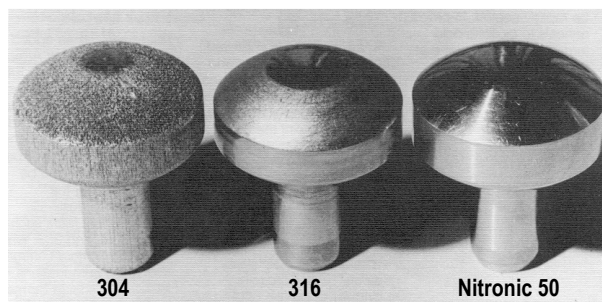
Il Nitronic 50 è incluso nella "Lista dei materiali accettabili per superfici a contatto con alimenti" della National Sanitation Foundation.

Resistenza agli acidi politionici

Gli acidi politionici hanno la formula generale $H_2S_xO_6$ dove x è solitamente 3, 4 o 5. Questi acidi si formano nelle raffinerie, in particolare negli impianti di desolforazione, durante i periodi di chiusura. Provette piegate ad U di Nitronic 50 sotto sforzo, sia in condizione solubilizzata che dopo sensibilizzazione a 677°C per 1 ora, non hanno mostrato segni di rottura dopo esposizione ad acidi politionici per 500 ore a temperatura ambiente.

Produzione dell'urea

Il carbamato d'ammonio – prodotto intermedio nel ciclo di produzione dell'urea – è estremamente corrosivo per gli impianti produttivi. Le parti delle pompe impiegate nel processo sono soggette all'azione simultanea di agenti molto aggressivi, alte temperature e pressioni cicliche di esercizio fino a 3000 psi. Alcuni componenti in acciaio tipo 316L hanno subito attacchi sulle superfici dopo appena pochi mesi. Si sono effettuate prove con carbamato d'ammonio su 3 diversi acciai. Come mostra la foto a lato, il 304 si presentava pesantemente intaccato dopo 2 settimane, sul 316 dopo 6 settimane si notavano segni di attacchi di corrosione su tutte le zone esposte mentre il Nitronic 50 dopo 6 settimane di esposizione si presentava inalterato. Il Nitronic 50 è incluso nelle specifiche per la costruzione di componenti di pompe sottoposte all'azione del carbamato d'ammonio e di altre sostanze aggressive.



Lavorazioni

Pur avendo caratteristiche meccaniche molto superiori, il Nitronic 50 può essere lavorato con le stesse attrezzature e metodi usati per la serie 300.

Fucinatura

Il Nitronic 50 può essere fucinato come il 316, richiede però potenze più elevate ed una temperatura compresa tra 1177 e 1232°C.

Solubilizzazione

Come altri acciai inossidabili austenitici, il Nitronic 50 deve subire un raffreddamento rapido. La temperatura di solubilizzazione per migliorare la formabilità a freddo è di 1066°C. Vedere pag. 2.

Saldatura

Oltre alle elevate proprietà meccaniche e resistenza alla corrosione, il Nitronic 50 presenta il vantaggio di poter essere saldato con i tutti i procedimenti normalmente adottati per gli inossidabili austenitici.

Il Nitronic 50 è adatto a qualsiasi procedimento di saldatura ad arco e si possono ottenere buone proprietà del giunto saldato senza necessità di solubilizzare prima o dopo la saldatura. È importante proteggere adeguatamente il bagno per evitare l'assorbimento di azoto dall'atmosfera che può produrre porosità.

I procedimenti che richiedono potenze particolarmente elevate come il fascio elettronico e la saldatura laser devono essere impiegati con cautela dato il forte apporto termico molto localizzato.

Con la saldatura a fascio elettronico sotto vuoto c'è la possibilità di un degassamento importante, che è normale per metalli liquidi con un elevato contenuto di azoto.

Materiali d'apporto

Per ottenere caratteristiche meccaniche e resistenza alla corrosione del giunto simili a quelle del materiale base, il materiale d'apporto più idoneo è il Nitronic 50W (AWS E/ER 209). Usando i materiali d'apporto convenzionali come i tipi 308L e 309 si ottengono giunti di buona qualità, ma con caratteristiche meccaniche e resistenza alla corrosione inferiori.

Le composizioni nominali e le proprietà meccaniche rappresentative dei più comuni materiali d'apporto sono indicate in tab. 34.

La massima tenacità unita ad una buona duttilità si ottiene con elettrodi di Nitronic 50W. Per alcune applicazioni specifiche senza particolari esigenze di resistenza meccanica e di resistenza alla corrosione del giunto saldato si possono usare altri materiali d'apporto con il vantaggio di costi inferiori e più facile reperibilità. Come altri elettrodi inox comuni, il Nitronic 50W contiene una piccola percentuale di fase ferritica magnetica che produce di solito un valore di permeabilità magnetica di circa 1,2 corrispondente ad un numero di ferrite (FN) di circa 6.

Si suggeriscono elettrodi alto-legati al Ni per applicazioni che richiedono elevata resistenza a vaiolatura o permeabilità magnetica molto bassa.

Tabella 34 – Composizione nominale e caratteristiche meccaniche tipiche di giunti di materiale austenitico in zona fusa

	Composizione nominale in peso %					Caratteristiche meccaniche tipiche		
	C	Mn	Cr	Ni	Altri	Rottura MPa	Snerv. MPa	Allung. %
AWS 308L	0,04 max	1,0 - 2,5	19,5 - 22,0	9,0 - 11,0	---	586	379	45
AWS 309Mo	0,15 max	1,0 - 2,5	22,0 - 25,0	12,0 - 14,0	Mo 2,0 - 3,0	621	379	40
AWS 312	0,15 max	1,0 - 2,5	28,0 - 32,0	8,0 - 10,5	---	758	552	30
Nitronic 50W	0,05 max	4,0 - 7,0	20,5 - 24,0	9,5 - 12,0	Mo 1,5 - 3,0 N 0,10 - 0,30	758	586	20
Inconel 182	0,10 max	5,0 - 9,5	13,0 - 17,0	resto	Fe 6,0 - 10,0 Nb 1,0 - 2,5	586	379	40

Saldatura TIG

La saldatura TIG su laminati piani di Nitronic 50 produce giunti con caratteristiche meccaniche simili a quelle del materiale base. Il test di Huey (ASTM A262 – Pratica C) ha dimostrato che la resistenza alla corrosione intergranulare dei giunti saldati con Nitronic 50W è la stessa del materiale base.

Proprietà dei giunti di spessore elevato

Le proprietà meccaniche delle saldature eseguite su lamiere di spessore 32,1 mm sono state determinate con i due metodi più comuni, la saldatura con elettrodo rivestito e la saldatura MIG in spray-arc. La tabella 35 indica i valori tipici delle prove di trazione eseguite su provini ricavati in senso trasversale all'asse della saldatura. Per ottenere i migliori risultati è importante limitare l'apporto termico, con cordoni stretti che portano alla massima duttilità del giunto. Il bagno va inoltre protetto adeguatamente per evitare l'assorbimento di azoto dall'atmosfera che è causa di porosità.

Tabella 35 – Caratteristiche meccaniche tipiche del giunto saldato

Procedimento	Materiale d'apporto	Rottura MPa	Snerv. MPa	Allung. %	Strizione %	Posizione rottura
Elettrodo rivestito	Nitronic 50W	779	524	20	36	saldatura
MIG spray-arc	Nitronic 50W	772	531	21	30	saldatura

Lavorabilità

Il Nitronic 50 ha lavorabilità simile ad altri acciai inossidabili austenitici, incrudisce più facilmente dei tipi 304 e 316 ed ha inoltre una tenacità maggiore. Le prove dimostrano che con utensili in acciaio rapido la velocità di taglio per il Nitronic 50 è pari al 21% circa di quella utilizzabile per l'AISI B1112 ed al 50% circa di quella per 304 e 316, per cui si suggerisce l'adozione di utensili al carburo per poter utilizzare velocità maggiori. A causa dell'elevata resistenza occorre usare utensili e sistemi di bloccaggio del pezzo più rigidi di quelli adatti al 304 e al 316. Bisogna evitare che l'utensile scivoli sul materiale. Il materiale consente di ottenere una buona finitura superficiale.

Tabella 36 – Lavorabilità *

AISI B1112	304	Nitronic 50
100%	45%	21%

* barra dia. 25,4 mm – solubilizzata – R_p 95

Tabella 37 – Velocità di taglio suggerite per il Nitronic 50

Tipo di lavorazione	Velocità m/min
Macchina automatica per viteria	13 - 21
Tornio a mandrino singolo o multiplo *	13 - 21
* con utensili di acciai legati o ad alto tenore di Co la velocità può essere aumentata del 15-30%	
Tornitura con:	
Utensili single-point al carburo per sgrossatura	29 - 46
Utensili single-point al carburo per finitura	39 - 62
Utensili single-point alto-legati o ad alto Co per sgrossatura	16 - 21
Utensili single-point alto-legati o ad alto Co per finitura	16 - 24
Utensili single-point in acciaio rapido per sgrossatura	10 - 15
Utensili single-point in acciaio rapido per finitura	16 - 29
Fresatura	6 - 13
Alesatura di finitura liscia	5 - 13
Alesatura di calibratura	13 - 20
Filettatura e maschiatura	3 - 8
Foratura	10 - 16