

## 3.9 Bulloneria in acciaio inossidabile

### 3.9.1 Caratteristiche generali

L'impiego della bulloneria in acciaio inossidabile sta prendendo oggi sempre più piede in molte applicazioni, nei più disparati settori di utilizzo. Il maggiore esborso iniziale è infatti ripagato dalla più lunga durata nel tempo, che rende la viteria in acciaio resistente alla corrosione di gran lunga più economica di quella in acciaio normale, trattata, ad esempio, con zincatura elettrolitica. I benefici dell'utilizzo di viteria in acciaio inox appaiono ancora superiori se si considerano i costi di sostituzione di viteria tradizionale corrosa, o i danni causati dal cedimento della giunzione, inconvenienti evitabili grazie all'impiego di viteria inossidabile.

Acciaio inox o acciaio inossidabile è il nome dato correntemente agli acciai ad alto tenore di cromo, per la loro proprietà di non arrugginire se esposti all'aria e all'acqua: il cromo, ossidandosi a contatto con l'ossigeno, si trasforma in ossido di cromo ( $\text{CrO}_2$ ) che aderisce al pezzo, impedendone un'ulteriore ossidazione (tale fenomeno è noto come passivazione). Il cromo risulta fondamentale in quanto conferisce all'acciaio una buona resistenza contro agenti corrosivi quali l'atmosfera, il vapore o altri acidi deboli. Eccellente comportamento anticorrosivo è dato anche da leghe di nichel-cromo o dall'aggiunta di molibdeno.

La principale connotazione dell'acciaio inossidabile è dunque la presenza del cromo, come elemento fondamentale, in percentuali del 12-13%, ed una contestuale percentuale di carbonio non superiore all'1,25%.

Le norme di riferimento per la viteria in acciaio inossidabile sono:

Norma	Argomento
DIN 17440	Acciai inossidabili, prescrizioni di qualità
DIN 267/1	Classificazione degli acciai inossidabili in 3 classi di resistenza
UNI EN ISO 3506: 2000	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio inossidabile resistenti alla corrosione (viti, viti prigioniere, dadi, viti senza testa)

### 3.9.2 Tipi di acciaio inossidabile e loro composizione chimica

I componenti della famiglia di acciai inossidabili sono classificati secondo la loro struttura microcristallina che deriva dalla loro diversa composizione chimica. Sono definite tre classi: acciai inox austenitici, ferritici, martensitici. Di seguito è riportata la descrizione per ciascuna di esse.

#### Acciaio inox Austenitico

È un acciaio contenente Ni e Cr in percentuali ben definite.

Si ricorda che l'**austenite** è una soluzione solida primaria di tipo interstiziale di carbonio nel ferro (indicata con  $\gamma$ ). Gli atomi del carbonio vanno ad inserirsi nel reticolo cristallino del ferro dando origine ad una disposizione ottaedrica (l'insieme ha una struttura cubica a facce centrate). Per sua natura, l'austenite è stabile solo ad alta temperatura (sopra i 723°C) e non ha proprietà magnetiche. Nel caso dell'acciaio inossidabile invece, il tenore degli elementi Ni e Cr in percentuale tale da conservare la struttura austenitica anche a temperatura ambiente.

Viene classificato in base alla percentuale di Ni e di Cr (vedi tabella);

% Cr	% Ni	ASTM	UNI
18	8	304, 316	X8CN1910, X3CN1911
18	10	321, 347, 348	X8CNT1810, X8CNNb1811
18	13	317	X8CND1712
23	12	309	
25	20	310	X8CN2520

La composizione base dell'acciaio inox austenitico è il 18% di Cr e l'8% di Ni, codificata in 18/8. Una percentuale del 2-3% di molibdeno assicura una miglior resistenza alla corrosione (acciaio 18/8/3). Il contenuto di carbonio è basso (0,08% max di C), ma esistono anche acciai inox austenitici dolci (0,03% di C max). L'acciaio inox austenitico può essere stabilizzato con titanio o niobio per evitare una forma di corrosione nell'area delle saldature (vedi più avanti le debolezze di questo tipo di acciaio). Considerando la notevole percentuale di componenti pregiati (Ni, Cr, Ti, Nb, Ta), gli acciai inox austenitici sono fra i più costosi tra gli acciai di uso comune.

Le proprietà fondamentali sono:

- ottima resistenza alla corrosione;
- facilità di ripulitura e ottimo coefficiente igienico;
- facilmente lavorabile, forgiabile e saldabile;
- incrudibile se lavorato a freddo e non tramite trattamento termico;

- in condizione di totale ricottura non si magnetizza;
- paramagnetismo: questi acciai possono essere facilmente riconosciuti disponendo di magneti permanenti calibrati.

Gli acciai inox austenitici soffrono però di alcune limitazioni:

- la massima temperatura cui possono essere trattati è di 925°C;
- a bassa temperatura la resistenza alla corrosione diminuisce drasticamente: gli acidi rompono il film di ossido e ciò provoca corrosione generica in questi acciai;
- nelle fessure e nelle zone protette la quantità di ossigeno può non essere sufficiente alla conservazione della pellicola di ossido, con conseguente corrosione interstiziale;

L'unico trattamento termico consigliabile per questa classe di acciai è un quello di solubilizzazione del C a temperature tra i 1050°C ed i 1100°C, con raffreddamento rapido in acqua o gas volto ad evitare la permanenza nell'area fra 800 e 400°C, dove può avvenire la precipitazione dei carburi di Cr. I carburi di cromo, che si formano in presenza di un raffreddamento più lento, sono tipicamente responsabili della corrosione intercristallina.

## Acciaio inox Ferritico

Ha un tenore di Cr che si posiziona mediamente intorno al 16%. Altri elementi presenti sono il molibdeno, l'alluminio per aumentare la resistenza all'ossidazione a caldo, lo zolfo per facilitare la lavorabilità.

Si consiglia di non scaldarlo oltre gli 850°C per non ingrossare il grano e di non sostare tra i 400 e i 570°C nel raffreddamento per non incorrere nella *fragilità al* rinvenimento.

Le caratteristiche fondamentali sono:

- moderata resistenza alla corrosione, che aumenta con la percentuale di cromo;
- magnetizzabilità;
- non temperabile e da usare sempre dopo ricottura;
- scarsa saldabilità, in quanto il materiale che viene surriscaldato subisce l'ingrossamento del grano cristallino a causa del cromo;
- basso limite di snervamento;
- impossibilità di eseguire trattamenti termici a causa dell'assenza di punti critici. Si esegue pertanto la ricristallizzazione o l'incrudimento

## Acciaio inox Martensitico

Questa tipologia di acciaio inox ha caratteristiche meccaniche molto elevate ed è ben lavorabile alle macchine. Il tenore di carbonio è mediamente superiore al 25%, mentre la presenza di Cr è quantificata intorno al 13%.

È conosciuto soprattutto con la nomenclatura americana: per esempio l'acciaio al solo cromo è l'AISI serie 400; nella nomenclatura UNI ha sigle come X20Cr13, X30Cr13, X40Cr14.

Tipici elementi in esso presenti sono carbonio, manganese, silicio, cromo e molibdeno, ma non nickel; può essere aggiunto zolfo se si necessita di truciolabilità (a scapito comunque delle caratteristiche meccaniche).

L'acciaio inossidabile martensitico è autotemperante, ma dalla temperatura di laminazione alla temperatura ambiente nasce una struttura troppo tensionata; si segue sempre quindi la procedura:

- ricottura di lavorabilità: essa è svolta col metodo isothermico solo quando si voglia la durezza minima; altrimenti si raffredda a velocità costante, scegliendola in base alla durezza che si vuole ottenere;
- tempra a temperatura di circa 1000°C e per un tempo sufficiente a sciogliere i carburi di cromo;
- rinvenimento a temperature diverse a seconda che si voglia privilegiare la durezza, la resistenza alla corrosione o la tenacità.

Le principali caratteristiche sono:

- magnetico;
- elevata resistenza allo scorrimento viscoso;
- saldabilità estremamente critica;
- minore resistenza alla corrosione rispetto a quella dell'inox ferritico e dell'inox austenitico.

In tabella seguente è riportata la classificazione degli acciai inossidabili in base all'appartenenza alle tre classi sopra descritte. Sono inoltre riportate l'analisi chimica e le principali caratteristiche meccaniche (limite di elasticità, resistenza alla trazione).

Si consideri che i valori di Rp e Rm sono da prendere come riferimento indicativo in quanto possono essere influenzati dalla forma del prodotto ovvero dalla tecnologia usata per ottenerla.

La legenda dei colori utilizzati è:

	Austenitici
	Ferritici
	Martensitici

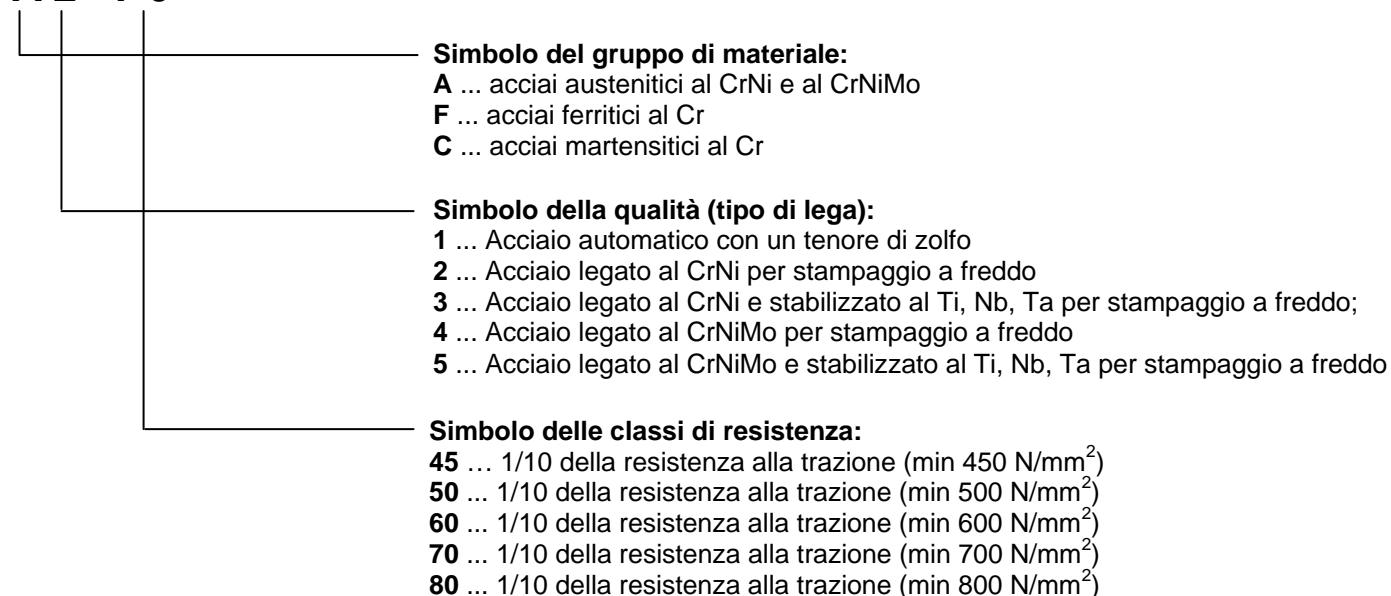
N° EN (Europa)	ASTM (U.S.A)	UNI (Italia)	ANALISI CHIMICA INDICATIVA %						Car. unit. scost.	Resistenza a trazione
			C	N	Cr	Ni	Mo	Altri	Rp 0.2 (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )
14.310	301	X 12 CrNi 17 07	0.05÷ 0.15	0.11 max	16 ÷ 19	6 ÷ 9.5	0.8 max	Mn-P-S-Si	250	600÷950
	302	X 8 CrNi 19 10 X 10 CrNi 18 09	0.15-		17 ÷ 19	8 ÷ 10	-	Mn-P-S-Si	241 ÷ 276	621
14.305	303	X 10 CrNiS 18 09	0.10	0.11 max	17 ÷ 19	8 ÷ 10	-	Mn-P-S-Si- Cu	190	500 ÷ 700
14.301	304	X 5 CrNi 18 10	0.07	0.11 max	17 ÷ 19.5	8 ÷ 10.5	-	Mn-P-S-Si	210 ÷ 230	520 ÷ 750
14.311	304 LN	X 2 CrNiN 18 11	0.03	0.12 ÷ 0.22	17 ÷ 19.5	8.5 ÷ 11.5	-	Mn-P-S-Si	270 ÷ 290	550 ÷ 750
14.307	304 L	-	0.03	0.11 max	17.5 ÷ 19.5	8 ÷ 10	-	Mn-P-S-Si	200 ÷ 220	500 ÷ 670
14.306	304 L	X 2 CrNi 18 11	0.03	0.11 max	18 ÷ 20	10 ÷ 12	-	Mn-P-S-Si	200 ÷ 220	500 ÷ 670
14.303	305	X 8 CrNi 18 12	0.06	0.11 max	17 ÷ 19	11 ÷ 13	-	Mn-P-S-Si	220	530 ÷ 680
14.828	309	X 16 CrNi 23 14	0.20	0.11 max	19 ÷ 21	11 ÷ 13	-	Mn-P-S-Si	230	550 ÷ 750
14.833	309 S	X 6 CrNi 23 14	0.15	0.11 max	22 ÷ 24	12 ÷ 14	-	Mn-P-S-Si	210	500 ÷ 700
14.845	310 S	X 6 CrNi 25 20	0.10	0.11 max	24 ÷ 26	19 ÷ 22	-	Mn-P-S-Si	210	500 ÷ 700
14.841	314	X 16 CrNiSi 25 20	0.20	0.11 max	24 ÷ 26	19 ÷ 22	-	Mn-P-S-Si	345	689
14.401	316	X 5 CrNiMo 17 12	0.07	0.11 max	16.5 ÷ 18.5	10 ÷ 13	2 ÷ 2.5	Mn-P-S-Si	220 ÷ 240	520 ÷ 680
14.436	316	X 5 CrNiMo 17 13	0.05	0.11 max	16.5 ÷ 18.5	10.5 ÷ 13	2.5 ÷ 3	Mn-P-S-Si	220 ÷ 240	530 ÷ 730
14.404	316 L	X 2 CrNiMo 17 12	0.03	0.11 max	16.5 ÷ 18.5	10 ÷ 13	2 ÷ 2.5	Mn-P-S-Si	220 ÷ 240	520 ÷ 680
14.435	316 L	X 2 CrNiMo 17 13	0.03	0.11 max	17 ÷ 19	12.5 ÷ 15	2.5 ÷ 3	Mn-P-S-Si	220 ÷ 240	520 ÷ 700
14.432	316 L	X 2 CrNiMo 17 13	0.03	0.11 max	16.5 ÷ 18.5	10.5 ÷ 13	2.5 ÷ 3	Mn-P-S-Si	220 ÷ 240	520 ÷ 700
14.406	316 LN	X 2 CrNiMoN 17 12	0.03	0.12 ÷ 0.22	16.5 ÷ 18.5	10 ÷ 12	2 ÷ 2.5	Mn-P-S-Si	280 ÷ 300	580 ÷ 780
14.429	316 LN	X 2 CrNiMoN 17 13	0.03	0.12 ÷ 0.22	16.5 ÷ 18.5	11 ÷ 14	2.5 ÷ 3	Mn-P-S-Si	280 ÷ 300	580 ÷ 780
14.571	316 Ti	X 6 CrNiMoTi 17 12	0.08-		16.5 ÷ 18.5	10.5 ÷ 13.5	2 ÷ 2.5	Mn-P-S-Si- Ti	220 ÷ 240	520 ÷ 690
14.580	316 Cb	X 6 CrNiMoNb 17 12	0.08-		16.5 ÷ 18.5	10.5 ÷ 13.5	2 ÷ 2.5	Mn-P-S-Si- Nb	220	520 ÷ 720
14.438	317 L	X 2 CrNiMo 18015 X 2 CrNiMo 18016	0.03	0.11 max	17.5 ÷ 19.5	13 ÷ 16	3 ÷ 4	Mn-P-S-Si	220 ÷ 240	520 ÷ 720
14.541	321	X 6 CrNiTi 18 11	0.08-		17 ÷ 19	9 ÷ 12	-	Mn-P-S-Si- Ti	200 ÷ 220	500 ÷ 720
14.878	321 H	X 8 CrNiTi 18 11	0.10-		17 ÷ 19	9 ÷ 12	-	Mn-P-S-Si- Ti	190	500 ÷ 720
14.550	347	X 6 CrNiNb 18 11	0.08-		17 ÷ 19	9 ÷ 12	-	Mn-P-S-Si- Nb	200 ÷ 220	500 ÷ 720
14.864	330	-	0.15	0.11 max	15 ÷ 17	33 ÷ 37	-	Mn-P-S-Si	262	552 ÷ 621
14.002	405	X 6 CrAl 13	0.08-		12 ÷ 14	-	-	Mn-P-S-Si- Al	230 ÷ 250	400 ÷ 600
14.512	409	X 2 CrTi 12 X 6 CrTi 12	0.03-		10.5 ÷ 12.5	-	-	Mn-P-S-Si- Ti	220	380 ÷ 560
14.000	410 S	X 6 Cr 13 X 12 Cr 13	0.08-		12 ÷ 14	-	-	Mn-P-S-Si	230 ÷ 250	400 ÷ 600
14.016	430	X 8 Cr 17	0.08-		16 ÷ 18	-	-	Mn-P-S-Si	260 ÷ 280	430 ÷ 630

N° EN (Europa)	ASTM (U.S.A)	UNI (Italia)	ANALISI CHIMICA INDICATIVA %						Car. unit. scost. Rp 0.2 (N/mm <sup>2</sup> )	Resistenza a trazione Rm (N/mm <sup>2</sup> )
			C	N	Cr	Ni	Mo	Altri		
14.113	434	X 8 CrMo 17	0.08	-	16 ÷ 18	-	0.9 ÷ 1.4	Mn-P-S-Si	280	450 ÷ 630
14.510	439	X 6 CrTi 17	0.05	-	16 ÷ 18	-	-	Mn-P-S-Si-Ti	240	420 ÷ 600
14.521	444	-	0.025	0.03 max	17 ÷ 20	-	-	Mn-P-S-Si-Ti	300 ÷ 320	400 ÷ 640
14.749	446	X 16 Cr 26	0.15 ÷ 0.2	0.15 ÷ 0.25	26 ÷ 29	-	-	Mn-P-S-Si	345 ÷ 379	552 ÷ 586
14.006	410 403	X 12 Cr 13	0.08 ÷ 0.15	-	11.5 ÷ 13.5	-	-	Mn-P-S-Si	max 600 550 ÷ 850	205 400 ÷ 450
14.021	420	X 20 Cr 13	0.16 ÷ 0.25	-	12 ÷ 14	-	-	Mn-P-S-Si	345 ÷ 550	650 ÷ 950
14.028	420	X 30 Cr 13	0.26 ÷ 0.35	-	12 ÷ 14	-	-	Mn-P-S-Si	345 ÷ 600	700 ÷ 1000
14.031	420	-	0.36 ÷ 0.42	-	12.5 ÷ 14.5	-	-	Mn-P-S-Si	345	max 760
14.034	420	X 40 Cr 14	0.43 ÷ 0.50	-	12.5 ÷ 14.5	-	-	Mn-P-S-Si	345	max 780

### 3.9.3 Designazione della bulloneria di acciaio inossidabile resistente alla corrosione

Il sistema di designazione della bulloneria di acciaio inossidabile resistente alla corrosione è composto da una lettera e da tre cifre, che rappresentano il tipo di acciaio impiegato e le caratteristiche meccaniche della bulloneria, come di seguito illustrato.

#### A 2 - 7 0



Il carico unitario di rottura nominale della bulloneria individua la classe di resistenza con riferimento allo stato metallurgico e precisamente:

- **50** ... bassa resistenza per gli acciai austenitici, **45** per i ferritici, allo stato addolcito;
- **70** ... media resistenza per gli acciai austenitici e martensitici, **60** per i ferritici, ottenuta per deformazione plastica a freddo per gli acciai austenitici e ferritici e per trattamento termico per gli acciai martensitici;
- **80** ... elevata resistenza ottenuta per elevata deformazione plastica a freddo per gli acciai austenitici e per trattamento termico per l'acciaio martensitico al Ni.

Gruppo		Austenitico					Ferritico		Martensitico						
Designazione	Qualità	A1	A2	A3	A4	A5	F1	F2	C1			C4		C3	
	Classe di resistenza	Viti, dadi alti	50	70	80			45	60	50	70	110	50	70	80
		Dadi bassi	025	035	040			020	030	025	035	055	025	035	040
Stato		addolcito	Incrudito	fortemente incrudito			addolcito	incrudito	addolcito	bonificato		addolcito	bonificato	bonificato	

### 3.9.4 Materiali

Gli acciai prescritti per le diverse qualità di bulloneria inossidabile resistenti alla corrosione sono riportati nella tabella seguente:

Gruppo		Simbolo	Acciai inossidabili UNI 6900	Qualità
Simbolo	Denominazione		Designazione	
A	Austenitico	1	X 10 CrNiS 18 09	A 1
		2	X 2 CrNi 18 11; X 5 CrNi 18 10; X 8 CrNi 18 12	A 2
		3	X 6 CrNiTi 18 11; X 6 CrNiNb 18 11	A 3
		4	X 2 CrNiMo 17 12; X 5 CrNiMo 17 12	A 4
		5	X 6 CrNiMoTi 17 12; X 6 CrNiMoNb 17 12	A 5
F	Ferritico	1	X 8 Cr 17	F 1
		2	X 10 CrS 17	F 2
C	Martensitico	1	X 12 Cr 13	C 1
		3	X 16 CrNi 16	C 3
		4	X 12 CrS 13	C 4

### Acciai al Cromo

I valori di resistenza meccanica della viteria in acciai al cromo ricotti e bonificati sono riportati nella tabella seguente. I numeri corrispondono ai dati relativi alle caratteristiche meccaniche previste dalla DIN 17440. Con temperature di rinvenimento inferiori si possono però raggiungere anche durezza più elevate, cosicché con acciai al cromo corrispondentemente trattati si possono approntare ad esempio viti per lamiera, che soddisfano al requisito minimo di 450 HV di durezza superficiale conforme alla DIN 267 Parte 12. Fra gli acciai normalizzati, con l'acciaio X 22 CrNi 17 (C3) si possono ottenere valori di durezza equivalenti all'incirca a quello della viteria in acciaio bonificato della classe 8.8.

Viti d'acciaio al cromo (ferritico) hanno scarso impiego come elementi di fissaggio a causa della loro limitata resistenza alla corrosione. Queste viti sono prodotte solo se richieste in forti quantitativi.

DIN 17440		DIN 267 Parte 11			
Abbreviazione	Nr. Materiale	Qualità		Rp 0.2	Rm [N/mm <sup>2</sup> ]
X 7 Cr 13	1.4000				
X 7 CrAl 13	1.4002				
X10 Cr 13	1.4006	C1	V	450	600
X15 Cr 13	1.4024				
X20 Cr 13	1.4021				
X40 Cr 13	1.4034				
X45 CrMoV 15	1.4116				

Selezione di acciai conformemente alla DIN 267 Parte 11 a confronto con la DIN 17440 – Acciai al Cromo

DIN 17440		DIN 267 Parte 11
Abbreviazione	Nr. Materiale	Qualità
X12 CrNiS 18 8	14.305	A1
X 5 CrNi 18 9	14.301	(A2)
X 5 CrNi 19 11	14.303	A2
X 2 CrNi 18 9	14.306	
X10 CrNiTi 18 9	14.541	A2
X10 CrNiNb 18 9	14.550	
X 5 CrNiMo 18 10	14.401	A4
X 2 CrNiMo 18 10	14.404	
X10 CrNiMoTi 18 10	14.571	A4
X10 CrNiMoNb 18 10	14.580	
X 5 CrNiMo 18 12	14.436	
X 2 CrNiMo 18 12	14.435	
X 2 CrNiMo 18 16	14.438	
X 2 CrNiN 18 10	14.311	
X 2 CrNiMoN 18 12	14.406	
X 2 CrNiMoN 18 13	14.429	

Selezione di acciai secondo DIN 267 Parte 11 - Acciai austenitici

## Acciai al Nichel - Cromo

Molto vaste sono le possibilità di impiego degli elementi di fissaggio in acciai al nichel-cromo. La loro struttura austenitica li rende resistenti anche agli agenti più aggressivi, cosicché sono di impiego universale. Viti prodotte mediante stampaggio a freddo, presentano fino a diametri medi, una resistenza meccanica superiore a quella degli acciai al cromo bonificati.

Sono a disposizione tre diversi gruppi secondo DIN 267 Parte 11 a seconda della loro resistenza alla corrosione, con impieghi preferenziali differenti:

Qualità	Impiego preferenziale
A1	lavorazioni per asportazione
A2 (acciaio al Ni-Cr)	stampaggio a freddo
A4 (acciaio al Ni-Cr-Mo)	stampaggio a freddo di più elevata resistenza alla corrosione

Per particolari di qualità A1, prodotti con acciaio X 12 CrNiS 18 8, non è data alcuna garanzia contro la corrosione intercrystallina a causa del possibile maggior contenuto di C.

Solo le qualità A2 e A4 sono resistenti alla corrosione, o per il basso tenore di C (materiale Nr. 1.4303 e 1.4401) o per l'aggiunta di elementi stabilizzanti, per lo più titanio (materiale Nr. 1.4541 e 1.4571). Viene quindi eliminata a temperature più elevate la formazione di carburo di cromo.

Gli acciai austenitici non consentono alcun aumento di resistenza meccanica mediante trattamento termico. Si può aumentare la loro resistenza meccanica solo mediante lavorazione plastica a freddo.

Questo fenomeno è per l'acciaio austenitico molto più marcato che per altri materiali ed è quindi sfruttato con successo. L'aumento della resistenza meccanica è tanto maggiore, quanto più il materiale di partenza è stato trafilato o quanto maggiore è stata la deformazione durante la sua produzione. Così secondo DIN 267 Parte 11 sono distinte tre

classi di resistenza meccanica, dove le dimensioni minori presentano la massima resistenza meccanica.

Un'altra possibilità di influenzare il carico di deformazione permanente e il carico unitario di rottura è fornita dall'impiego di particolari processi di deformazione, con i quali è possibile produrre viteria con carico di rottura superiore a 1000 N/mm<sup>2</sup>.

## 3.9.5 Caratteristiche meccaniche

### Carico unitario di rottura a trazione

In conseguenza del diverso grado di deformazione le viti austenitiche presentano sulla loro lunghezza **resistenze a trazioni** diverse. Di regola il gambo non filettato presenta la resistenza tipica del materiale impiegato, mentre la parte filettata, per rullatura senza asportazione di truciolo e la precedente riduzione, è notevolmente più dura. E' quindi senz'altro possibile che le viti nella prova di trazione non si rompano nella sezione più debole (sul filetto), ma in corrispondenza al gambo meno incrudito. Se si considerano il carico di rottura e quello di snervamento in relazione a queste parti, si ottengono valori apparentemente più bassi, quantunque i valori di resistenza riferiti alla sezione sollecitata soddisfino alle prescrizioni. Poiché il costruttore per il calcolo di una giunzione a vite si basa sempre sulla sezione sollecitata, quest'ultima anche secondo DIN 267 Parte 11, punto 7.1.2., è sempre decisiva per la determinazione del carico di rottura, indipendentemente dal punto di rottura tra testa e filetto nella prova di trazione.



Fig. 1 - Viti A2 resistenti alla corrosione con un carico unitario di rottura di 1100 N/mm<sup>2</sup>

### Carico unitario di deformazione permanente

Anche per la determinazione del **carico unitario di deformazione permanente** compaiono analoghe difficoltà, in quanto inizialmente non è evidente se si allunghi maggiormente il gambo o la parte filettata. Ci si è perciò accordati di determinare il limite di deformazione permanente 0.2% (snervamento 0.2) (secondo DIN 50145), usando come base la lunghezza del serraggio L<sub>3</sub> tra le superfici di appoggio sollecitate (vedere figura seguente). La vite va quindi provata tutta intera.

### Allungamento a rottura

L'**allungamento a rottura** viene determinato in modo completamente diverso dal solito per gli elementi di giunzione austenitici. Nell'usuale determinazione di  $\delta_5$  su provette tornite si perviene a risultati diversi a seconda della posizione della lunghezza utile L<sub>0</sub> = 5 d. Secondo fig. 3 si trova ad esempio come allungamento a rottura  $\delta_5$  il valore 37% per il gambo pieno o per una provetta di minor diametro ricavata in questa zona. Ma se il diametro tornito cade nella zona incrudita di filetto, il  $\delta_5$  si riduce al 26%. Dalla fig. 3 in basso è chiaramente rilevabile come nella vite corrispondentemente strappata l'allungamento e la strizione si estendano solo alla zona del gambo non incrudita.

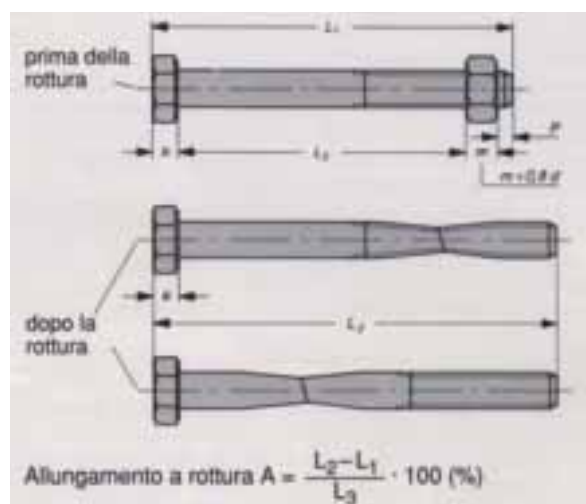


Fig. 2 - Grandezze di riferimento per la determinazione del carico unitario di deformazione permanente 0.2% e dell'allungamento a rottura

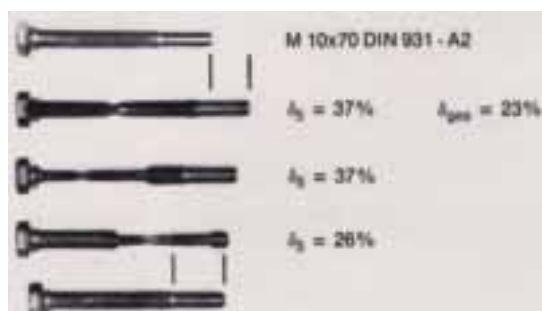


Fig. 3 - Allungamento a rottura in funzione della pressione della lunghezza di misura

Nel caso di particolari più corti e di viti con filetto fino sotto testa si ottengono ancora valori più bassi. L'allungamento a rottura non è quindi qualificato per trarre deduzioni.

Secondo DIN 267 Parte 11 l'allungamento a rottura A viene quindi riferito alla lunghezza del serraggio L3 della vite. La sua determinazione viene effettuata misurando le lunghezze L1 e L2 prima e dopo rottura, e la sua valutazione avviene secondo la formula riportata in fig.2. I valori così ottenuti, che vengono determinati con una serie di prove, sono diversi dagli usuali valori A5. Essi risultano sostanzialmente minori e non possono essere trasformati col calcolo, ma forniscono valori vicini alla pratica, e da essi si possono determinare dei punti di riferimento per il comportamento sotto sollecitazioni eccessive.

## Durezza

Per i materiali austenitici non è ammessa, ne per le viti ne per i dadi, una valutazione secondo la durezza, poiché a causa delle diverse resistenze meccaniche locali non è possibile adottare un fattore di trasformazione di validità generale.

Nei prospetti che seguono sono riportate le caratteristiche meccaniche di ciascuno dei tre gruppi austenitico, ferritico e martensitico.

Qualità	Classe di resistenza	Filettatura	VITI			DADI
			R <sub>m</sub> * min. [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>p0,2</sub> min. [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>L</sub> **	Carico di prova S <sub>p</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
A1	50	< = M39	500	210	0,6d	500
A2, A3	70	< = M20	700	450	0,4d	700
A4, A5	80	< = M20	800	600	0,3d	800

Caratteristiche meccaniche della bulloneria del gruppo austenitico

\* I valori delle prove di resistenza sono calcolati in funzione della sezione resistente S<sub>r</sub>

\*\* L'allungamento AL è determinato con modalità di prova descritte al 9.1.2 e viene effettuato sulla lunghezza reale della vite e non su provetta con lunghezza di controllo 5d. Per viti con filettatura maggiore di M20 e classe di resistenza 70 e 80, i valori delle caratteristiche meccaniche devono essere concordati tra committente e fornitore poiché si possono trovare valori diversiva quelli in prospetto per il carico unitario di scostamento dalla proporzionalità allo 0,2%

Filettatura	Classe di resistenza		
	50	70	80
	T <sub>m</sub> [Nm] min.	T <sub>m</sub> [Nm] min.	T <sub>m</sub> [Nm] min.
M 1,6	0,15	0,2	0,27
M 2	0,3	0,4	0,56
M 2,5	0,6	0,9	1,2
M 3	1,1	1,6	2,1
M 4	2,7	3,8	4,9
M 5	5,5	7,8	10

Resistenza a torsione della bulloneria austenitica con filettatura minore od uguale ad M5

Qualità	Classe di resistenza	VITI			DADI	VITI E DADI					
		R <sub>m</sub> * min. [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>p0,2</sub> min. [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>L</sub> ** min.	Carico di prova S <sub>p</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Durezza					
						HV	HB		HRC		
						Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
F1 – F2 ***	45	450	250	0,2d	450	-	-	-	-	-	-
	60	600	410	0,2d	600	-	-	-	-	-	-
C1	50	500	250	0,2d	500	-	-	-	-	-	-
	70	700	410	0,2d	700	220	330	209	314	20	34
C3	80	800	640	0,2d	800	240	340	229	323	21	35
C4	50	500	250	0,2d	450	-	-	-	-	-	-
	70	700	410	0,2d	600	220	330	209	314	20	34

Caratteristiche meccaniche della bulloneria del gruppo ferritico e martensitico

- \* I valori delle prove di resistenza sono calcolati in funzione della sezione resistente  $S_r$
- \*\* L'allungamento AL è determinato con modalità di prova descritte al 9.1.2 e viene effettuato sulla lunghezza reale della vite e non su provetta con lunghezza di controllo 5d.
- \*\*\* La filettatura massima per le qualità F1 e F2 deve essere M24

I valori riportati nelle tabelle precedenti sono validi per viti unificate intere con lunghezze fino ad 8 volte il diametro e sono riferiti alla sezione resistente  $S_r$ , indipendentemente dalla sezione iniziale effettiva di rottura (si veda al riguardo la norma UNI 3740).

Per viti di lunghezza superiore o con forma unificata, i valori di resistenza devono essere concordati tra committente e fornitore, all'atto della fornitura. E' infatti evidente quanto il metodo di realizzazione influenzi le condizioni di incrudimento.

## 3.9.6 Caratteristiche per l'utilizzo

### Resistenza alla corrosione

Per le qualità A2 e A4 questa caratteristica riveste un ruolo cruciale nell'utilizzo pratico.

La viteria di queste qualità è si presta particolarmente per la costruzione di apparecchiature chimiche, in unione con parti in alluminio, nella nautica, in zone industriali e in clima marino (ambiente da nebbia salina particolarmente aggressiva).

La viteria austenitica A2 della classe 3 con carico minimo di rottura di 800 N/mm<sup>2</sup>, può sostituire con successo, nelle situazioni sopra indicate, le viti ad alta resistenza bonificate e zincate a fuoco.

### Bassa permeabilità magnetica

La viteria austenitica presenta il vantaggio di non essere praticamente magnetica e con una opportuna scelta della lega e la normale deformazione plastica, presenta una permeabilità inferiore a 1.05 G/Oe. Da ciò deriva la consuetudine a definire paramagnetici gli acciai inossidabili del gruppo austenitico.

Per quanto riguarda invece la bulloneria dei gruppi ferritici e martensitici, l'attitudine a lasciarsi magnetizzare è più marcata.

### Resistenza a caldo

La bulloneria della classe A2 e A4 è ammessa, per l'elevata resistenza a caldo, nella costruzione di recipienti in pressione sino a 673 K (400°C). I risultati dei test condotti per indagare la resistenza meccaniche al variare della temperatura consentono di evidenziare la permanenza dei valori entro i limiti di sicurezza ammissibili a temperature critiche superiori a quelle normalmente tollerate dall'acciaio al carbonio.

Al di sopra della temperatura di 400°C, fino a 1073 K (800°C), sono inoltre ancora resistenti alla scagliatura. Tale fenomeno consiste in una degradazione che si manifesta col distacco totale o parziale di parti (scaglie) in corrispondenza di soluzioni di continuità della superficie del materiale originario. Le scaglie, costituite in apparenza da materiale inalterato, hanno forma irregolare e spessore consistente e disomogeneo.

### Tenacità a freddo

La bulloneria in acciaio inossidabile austenitico è apprezzata per l'elevata tenacità a freddo, sia all'aperto che alle più basse temperature. Può pertanto essere impiegata anche in ambienti interessati da fenomeni di gelo persistente, o genericamente in ambienti con climi molto freddi. La stabilità della struttura austenitica si manifesta fino a temperature intorno a -196° C (DIN 267 Parte 13).

### Caratteristiche distintive

In tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche peculiari di ciascuna delle classi del gruppo austenitico:

Denominazione del materiale secondo DIN 267, parte 11	A1	A2	A3	A4	A5
Numero materiale	1.4300 1.4305	1.4301 1.4303 1.4306	1.4541 1.4590 1.4550	1.4401 1.4435 1.4439	1.4436 1.4571 1.4580
Caratteristiche	Per lavorazioni con asportazione di truciolo: - limitata resistenza alla corrosione; - limitata resistenza agli acidi; - bassa saldabilità	Qualità standard - resistente alla corrosione; - resistente agli acidi; - buona saldabilità	Maggiore resistenza alla corrosione - resistente alla corrosione; - elevata resistenza agli acidi; - buona saldabilità		
A3, A4: come A2, A4 ma stabilizzati per prevenire corrosione intercristallina dopo una saldatura, dopo una ricottura o per impiego a temperature elevate					