

## 16 Collegamenti filettati, flange e guarnizioni

Nel contesto dei recipienti in pressione i collegamenti filettati sono impiegati per collegare il coperchio al corpo dei recipienti, o per collegare due tratti di tubazione ecc. Comunque il discorso fatto vale anche per altri casi.

Sulle due estremità del tubo da collegare sono saldate due flange tra le quali si interpone una guarnizione di materiale più cedevole che serve ad assicurare la tenuta (vedi fig. 91).

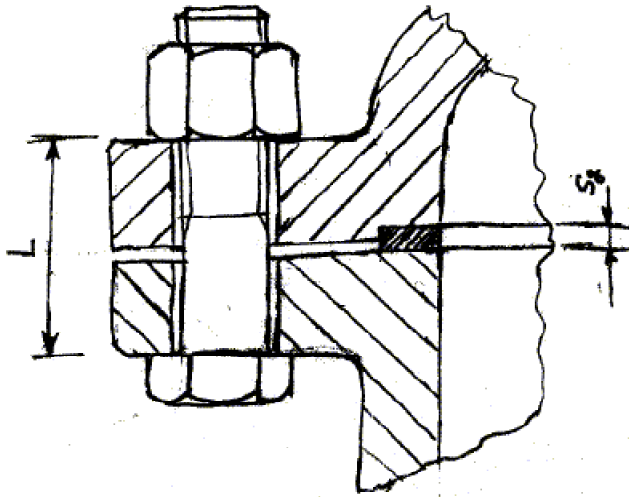


Figura 91: Collegamento con flangia tra mantello e coperchio

In un primo momento i bulloni vengono serrati per assicurare la tenuta; poi il recipiente viene pressurizzato. Per effetto della pressione le viti si tendono ulteriormente, mentre la guarnizione si scarica. Comunque un certo carico deve rimanere su di essa per evitare perdite.

Nella fase di pretensionamento i bulloni sono tesi da una forza complessiva  $W_1$  e corrispondentemente la guarnizione è compressa da una forza  $-W_1$ .

Nella fase di pressurizzazione la pressione interna  $p$  provoca l'insorgere della forza  $W_2 = \pi G^2 p / 4$  in cui  $G$  è il diametro medio della guarnizione; questa provoca uno spostamento  $\delta_2$  verso l'alto del coperchio rispetto al mantello. Corrispondentemente le viti si allungano di  $\delta_2$  e la guarnizione aumenta il suo spessore di  $\delta_2$ .

Siano  $K_b$  la forza che provoca un allungamento unitario delle viti (rigidezza delle viti) e  $-K_g$  la forza che provoca una diminuzione unitaria di spessore della guarnizione (rigidezza della guarnizione).

Allora l'allungamento  $\delta_2$  corrisponde ad una forza aggiuntiva di  $K_b \delta_2$  nelle viti e di  $K_g \delta_2$  nella guarnizione. Siccome la loro somma deve fare  $W_2$ , risulta che alle viti va un'aliquota

$$W_{2b} = W_2 \frac{K_b}{K_g + K_b}$$

mentre alla guarnizione va un'aliquota

$$W_{2g} = W_2 \frac{K_g}{K_g + K_b}$$

Entrambe le aliquote sono positive per cui le viti si caricano ulteriormente mentre la guarnizione si decomprime .

Si deve quindi imporre la condizione che il carico totale sulla guarnizione sia negativo; la normativa impone che esso sia proporzionale alla pressione del fluido e ad un coefficiente  $m$  dipendente dal tipo di guarnizione, ossia

$$-W_1 + W_2 \frac{K_g}{K_g + K_b} = -2\pi b G m p, \quad (1)$$

in cui  $b$  la larghezza convenzionale della guarnizione; da dove venga il fattore 2, proprio non lo so. In base a questa formula si può determinare  $W_1$ .

Nasce tuttavia una difficoltà: il carico  $W_1$  non può essere troppo maggiore di quello che provoca lo snervamento della guarnizione, che in buona approssimazione si raggiunge con la pressione  $y$  'di assestamento' data dalla normativa, ossia

$$W_1 = \pi G b y \quad (2)$$

Il fatto di avere una stessa quantità ( $W_1$ ) determinata da due equazioni , la (1) e la (2), permette di porre un vincolo sulla dimensione della guarnizione o sulla pressione raggiungibile nel recipiente. Poniamoci infatti nelle condizioni peggiori supponendo che sia  $W_{2g} \approx W_2$  (cosa che avviene se  $K_b$  è trascurabile rispetto a  $K_g$ ). Allora

$$W_1 = W_2 + 2\pi G b m p \quad (3)$$

Facendo sistema tra (2) e (3) si trova

$$W_2 = \frac{\pi G^2 p}{4} = \pi G b y - 2\pi G b m p$$

da cui

$$b = \frac{G p}{4(y - 2m p)}$$

da cui risulta che  $b$  non può essere troppo piccolo rispetto a  $G$ , a meno che non ci si limiti a bassi valori di  $p$ . Si trova innanzitutto  $2m p < y$ , quindi, posto  $m \approx 4$ ,

$$p < \frac{y}{2m} \approx \frac{y}{8}$$

e che, se  $y/lly$ ,  $b/G \approx p/(4y)$ , per cui se  $p \approx y/25$ , ossia se la pressione è dell'ordine di grandezza di 10 bar, si ha  $G/b \approx 100$ .

Le costanti  $m$  e  $y$  per varie guarnizioni sono date in tab. 16. Questa tabella, contempla il caso di guarnizioni con amianto, oggi fuorilegge perché cancerogeno. Come succedaneo si usa la grafite, oppure fibre ceramiche; purtroppo anche queste sono sospette di cancerogenicità. La successiva tabella 17 riguarda i particolari costruttivi delle sedi per guarnizioni.

GUARNIZIONI: MATERIALI E TIPI							
Tipo e materiale guarnizione	Coefficiente $m$	Carico unitario di assetto $n$		Dettaglio guarnizione	Riferim. Tab. 1.U.3.3.		
		N/mm <sup>2</sup>			superficie di contatto da usare	colonna da usare	
Ad autotenuta Metalliche o in elastomero (es. O ring)	0	0		—	—	—	
Elastomeri non telati con bassa percentuale di fibra di amianto Durezza shore < 75 Durezza shore > 75	0.50 1.00	0 1.37			1a, 1b, 1c, 1d 4.5	II	
Amianto con legante, Teflon	Spess. (mm)	3	2.00	11.02			
		2	2.75	25.5			
		0.5	3.50	44.8			
Elastomeri con inserzioni di tessuto in cotone	1.25	2.8					
Elastomeri con inserzioni di tessuto in amianto con o senza rete di rinforzo	3 strati 2 strati 1 strato	2.25	15.2				
		2.50	20				
		2.75	25.5				
Fibra vegetale	1.75	7.6					
A spirale; spire alternate in amianto e metallo	acc. al carb. munel o acc. inox	2.50	68.9				
		3.00	68.9				
Amianto rivestito in metallo ondulato	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce munel o acc. al 4-6% Cr acciai inox	2.50	20				
		2.75	25.5				
		3.00	31				
		3.25	37.9				
		3.50	44.8				
Metallo ondulato	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce munel o acc. al 4-6% Cr acciai inox	2.75	25.5				
		3.00	31				
		3.25	37.9				
		3.50	44.8				
		3.75	52.4				
Amianto rivestito in metallo piano	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce munel o acc. al 4-6% Cr acciai inox	3.25	37.9				
		3.50	44.8				
		3.75	52.4				
		3.50	55.1				
		3.75	62				
Metallo pieno scanalato	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce munel o acc. al 4-6% Cr acciai inox	3.25	37.9				
		3.50	44.8				
		3.75	52.4				
		3.75	62				
		4.25	69.6				
Piana in metallo pieno	alluminio ricotto rame ricotto o ottone ferro o acciaio dolce munel o acc. al 4-6% Cr acciai inox	4.00	60.6				
		4.75	89.6				
		5.50	124				
		6.00	150				
		6.50	179				
In metallo ad anello (Ring Joint) Lenticolare in metallo	ferro o acciaio dolce munel o acc. al 4-6% Cr acciai inox	5.50	124				
		6.00	150				
		6.50	179				

NOTE:

\* La superficie della guarnizione sulla quale il rivestimento metallico si interrompe o si sovrappone non deve essere posta in contatto col risalto («nubbin»).

Tabella 16: Guarnizioni: Materiali e tipi (tab. 1.U.3.2 della raccolta VSG dell'ANCC). La corrispondente tab. 1.U.3.3 è riportata in tab. 17.

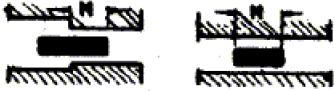
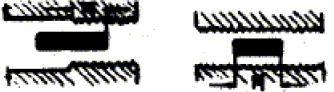
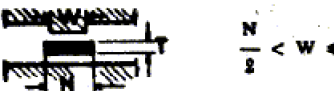
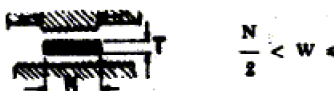
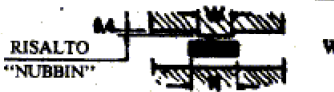

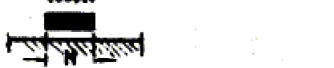
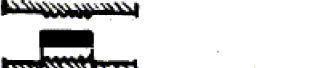
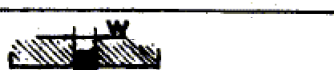
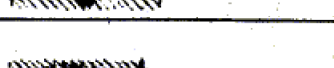
<b>GUARNEZIONI: LARGHEZZA DI ASSETTO</b>			
Dettaglio superfici di contatto		Valore convenzionale della larghezza di assetto della guarnizione $b_0$	
		colonna I	colonna II
1a		$\frac{N}{2}$	$\frac{N}{2}$
1b**			
1c	 $\frac{N}{2} < W < N$	$\frac{W + T}{2}$	$\frac{W + T}{2}$
1d**	 $\frac{N}{2} < W < N$	$\left( \frac{W + N}{4} \right)_{\max}$	$\left( \frac{W + N}{4} \right)_{\max}$
2	 $W < \frac{N}{2}$	$\frac{W + N}{4}$	$\frac{W + 3N}{8}$
3	 $W < \frac{N}{2}$	$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
4**		$\frac{3N}{8}$	$\frac{7N}{10}$
5**		$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
6		$\frac{W}{8}$	
7		$\frac{W}{8}$	
<p>Larghezza utile di assetto della guarnizione <math>b</math></p> <p><math>b = b_0</math> quando <math>b_0 \leq 6,25 \text{ mm}</math></p> <p><math>b = 25 \sqrt{b_0}</math> quando <math>b_0 &gt; 6,25 \text{ mm}</math></p>			
<p><b>NOTA:</b></p> <p>** Quando la profondità delle rigature non eccede 0,4 mm e il passo è inferiore a 0,8 mm, la larghezza di assetto della guarnizione deve essere determinata come da dettagli 1b e 1d.</p>			

Tabella 17: Guarnizioni: Larghezza di assetto (tab. 1.U.3.3 della raccolta VSG dell'ANCC).

## 16.1 FORMULE PER LE RIGIDEZZE

## Rigidezza dei bulloni

$$K_b = N \frac{A_n E_b}{L}$$

dove

$N$  numero bulloni

$L$  lunghezza libera della vite uguale allo spessore delle due flange più la parte libera della guarnizione.

$E_b$  modulo elastico delle viti

$A_n$  area di nocciolo di una vite.

## Rigidezza della guarnizione

$$K_g = \frac{A_g E_g}{s_g}$$

dove

$E_g$  modulo elastico della guarnizione

$A_g$  area della guarnizione,

$$A_g = 2\pi D_g b_g$$

$s_g$  spessore della guarnizione.

Se la guarnizione è molto rigida conviene impiegare al posto della rigidezza della sola guarnizione  $K_g$  la rigidezza equivalente delle flange più la guarnizione  $K_{fg}$ , calcolata con la formula delle rigidezze in serie

$$\frac{1}{K_{fg}} = \frac{1}{K_{f1}} + \frac{1}{K_g} + \frac{1}{K_{f2}}$$

dove la rigidezza di una flangia è calcolata tenendo conto che la parte reagente è un tronco di cono avente per base minore la superficie di appoggio del dado o della testa della vite e angolo di semiapertura 45 gradi. Per semplicità si sostituisce ad esso un cilindro equivalente di area  $A_f$ . Quindi

$$K_f = N \frac{A_f E_f}{s_f}$$

dove

$N$  numero bulloni

$s_f$  spessore di una flangia

$E_f$  modulo elastico della flangia

$A_f$  area equivalente della parte reagente della flangia

$$A_f = \frac{\pi}{4} \left[ \left( D_m + s_f \right)^2 - d^2 \right]$$

$D_m$  diametro medio del dado (media tra larghezza in chiave e diametro nominale)

$d$  diametro del foro.