TENUTE STATICHE · GUARNIZIONI · FLANGE · PRESSIONE DI ASSESTAMENTO · DOCUMENTO DI RIFERIMENTO · PUBBLICO

Guida alla scelta delle guarnizioni

Scegliere una guarnizione o una tenuta statica frontale — il materiale in base a fluido e temperatura, la pressione di assestamento e il carico sui bulloni necessari, la finitura delle flange e i modi di cedimento all'origine della maggior parte delle perdite.

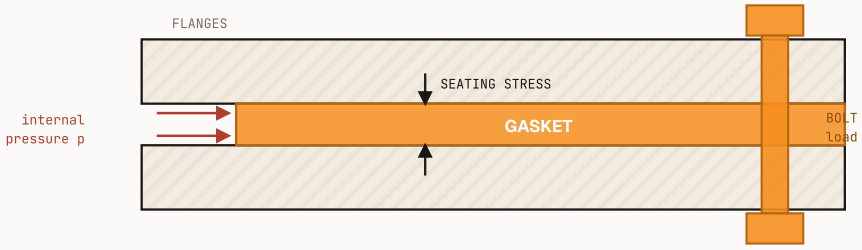
REVISIONE	PUBBLICATO	RESPONSABILE	ALLEGATO
1.0	June 2026	Ingegneria Ideambox	Riferimento PDF

SINTESI

Una guarnizione realizza la tenuta di un giunto statico tra due superfici che non possono essere lavorate abbastanza finemente da garantire la tenuta da sole. Il carico dei bulloni schiaccia la guarnizione fino a riempire la rugosità superficiale (assestamento), e il serraggio residuo deve contrastare la pressione interna che tende a sollevarla o espellerla. Scegliere bene significa adattare il materiale al fluido e alla temperatura, poi fornire un carico sui bulloni sufficiente — e uniforme.

La sezione 1 inquadra le soluzioni di tenuta statica. La sezione 2 tratta tipi e materiali delle guarnizioni. La sezione 3 riguarda pressione di assestamento e carico sui bulloni (i fattori m e y). La sezione 4 la progettazione di flange e giunti. La sezione 5 i sigillanti liquidi / guarnizioni formate in opera. La sezione 6 contiene i modi di cedimento e una checklist.

BOLTED FLANGE GASKET — SECTION



UNA GUARNIZIONE IN UN GIUNTO FLANGIATO BULLONATO. IL CARICO DEI BULLONI SCHIACCIA LA GUARNIZIONE NELLE IRREGOLARITÀ SUPERFICIALI (LA PRESSIONE DI ASSESTAMENTO), POI DEVE MANTENERLA IN SEDE CONTRO LA PRESSIONE INTERNA CHE TENDE A ESPELLERLA — QUINDI È UN PROBLEMA DI FORZA DI SERRAGGIO QUANTO DI MATERIALE.

INDICE

1. Soluzioni di tenuta statica
2. Tipi e materiali delle guarnizioni
3. Pressione di assestamento e carico sui bulloni
4. Progettazione di flange e giunti
5. Sigillanti liquidi e guarnizioni formate in opera
6. Modi di cedimento e checklist

1. Soluzioni di tenuta statica

Per un giunto fisso esistono diverse possibilità; scegliere in base a pressione, temperatura, fluido e a come sono realizzate le superfici:

- **Guarnizione**
  un foglio/anello comprimibile serrato tra le flange; ideale per giunti piani di grandi dimensioni e collegamenti smontabili in campo.

- **O-ring (in una cava)**
  migliore per pressioni moderate con una sede lavorata; carico sui bulloni minore, riutilizzabile (vedi la Guida alla scelta degli O-ring).

- **Sigillante liquido / guarnizione formata in opera**
  silicone RTV o anaerobico; riempie il gioco, nessun pezzo tranciato, ottimo per coperchi e superfici irregolari.

- **Tenuta metallica** (RTJ, anello a C)
  pressioni/temperature estreme, flange di precisione.

La guarnizione è preferibile quando le superfici sono ampie, piane e bullonate; l'O-ring quando si può lavorare una cava e si vuole una tenuta riutilizzabile con basso carico sui bulloni.

2. Tipi e materiali delle guarnizioni

TIPO	TEMP. MAX	PRESSIONE	FLUIDO / RESISTENZA	NOTE
Foglio di elastomero (NBR/EPDM/FKM/Si)	secondo l'elastomero (≤~200 °C)	bassa–media	secondo la compatibilità dell'elastomero	Morbida, basso carico sui bulloni, economica; coperchi/bassa pressione
Fibra compressa (CNAF)	~400 °C	alta	oli, acqua, vapore	Il cavallo di battaglia dell'industria
PTFE (vergine / espanso)	~250 °C	media–alta	chimicamente quasi universale	Usare PTFE **espanso** per evitare lo scorrimento a freddo (creep)
Grafite flessibile	~450 °C+	alta	vapore, prodotti chimici	Alta temperatura; si adatta bene
Spirometallica (metallo + riempitivo)	elevata	alta	tubazioni flangiate	Elastica, recupera dopo il rilassamento dei bulloni
Giunto ad anello metallico (RTJ)	molto elevata	molto alta	oil & gas	Richiede flange con gola
Sughero / gomma, fibra cellulosica	bassa	bassa	oli, carburanti (servizio leggero)	Coppe, coperchi, servizio leggero
Liquido (RTV / anaerobico)	~200–300 °C	bassa–media	secondo la chimica	Riempimento di gioco (RTV) o tenuta rigida metallo-metallo (anaerobico)

Scegliere il *materiale* della guarnizione in base al fluido esattamente come per un O-ring — le regole di compatibilità per elastomeri/PTFE/grafite sono le stesse.

3. Pressione di assestamento e carico sui bulloni

Una guarnizione richiede due cose dai bulloni, e il progetto deve soddisfarle entrambe:

1. **Assestarla** *schiacciare la guarnizione abbastanza da adattarsi alle superfici: pressione minima di assestamento **y** (MPa) sull'area della guarnizione.* `W_seat = y · A_gasket` .
2. **Mantenerla in sede** *contrastare la spinta di fondo dovuta alla pressione più un margine: il fattore **m** (di guarnizione) fissa la pressione residua necessaria in esercizio.* `W_operate = (spinta di fondo dovuta alla pressione) + m · p · (area di contatto)` .

Il carico sui bulloni deve coprire la condizione più gravosa delle due. Questo si collega direttamente al riferimento *Giunzioni bullonate* — la guarnizione determina il precarico richiesto, e numero/diametro/coppia dei bulloni lo realizzano.

MATERIALE DELLA GUARNIZIONE	FATTORE M	Y ASSESTAMENTO (MPA)
Elastomero morbido (<75 Shore A)	0.5–1.0	0 – 1.4
Elastomero con inserto tessile	~1.25	~2.8
Fibra compressa (1.5 mm)	~2.0	~11
PTFE	~2.0	~9
Spirometallica (inox + grafite)	~3.0	~69
Alluminio ricotto (metallica piana)	~4.0	~60

Valori indicativi (secondo ASME VIII Div 1, App. 2). Le guarnizioni più morbide richiedono un carico sui bulloni molto minore — ma presentano più creep.

4. Progettazione di flange e giunti

- **Finitura superficiale:** le guarnizioni morbide fanno tenuta meglio su una superficie leggermente ruvida, con rigatura concentrica o a spirale (Ra ~3.2–6.3 µm) che "fa presa"; PTFE e tenute metalliche vogliono superfici più lisce e più piane.

- **Planarità e rigidezza:** le flange devono restare piane sotto il carico dei bulloni
  flange sottili o con bulloni molto distanziati si inflettono tra un bullone e l'altro e perdono proprio lì. Mantenere ridotto il passo dei bulloni e le flange rigide.

- **Serrare in modo uniforme** a stella/incrociato e per gradi, per ripartire il carico ed evitare di disassare la guarnizione.

- **Non comprimere eccessivamente** (schiacciamento/estrusione della guarnizione) né serrare troppo poco (perdita). Usare una guarnizione di spessore e larghezza corretti
  più larga richiede più carico totale, più sottile ha meno creep.

- **Espulsione:** confinare la guarnizione (faccia rialzata, gola o configurazione tipo O-ring) per alte pressioni, in modo che la pressione interna non possa spingerla fuori.

5. Sigillanti liquidi e guarnizioni formate in opera

- **Silicone RTV (FIPG):** flessibile, riempie i giochi, asportabile; adatto a coperchi in lamiera e a giunti che si flettono o hanno superfici imperfette. Polimerizza con aria/umidità; rispettare il tempo di formazione della pelle.

- **Anaerobico (sigillante per flange):** polimerizza rigido in assenza d'aria tra superfici metalliche ben accoppiate; nessun gioco, alta resistenza, eccellente su carter lavorati. Richiede metallo pulito a stretto contatto.

- **Entrambi sostituiscono una guarnizione tranciata quando non vale la pena attrezzarla**
  ma richiedono superfici **pulite e sgrassate** e una polimerizzazione corretta prima di mettere in pressione.

6. Modi di cedimento e checklist

MODO	CAUSA	RIMEDIO
Perdita al montaggio	pressione di assestamento insufficiente / carico sui bulloni non uniforme	precarico maggiore/uniforme, guarnizione corretta, serraggio a stella
Perdita nel tempo	rilassamento dei bulloni, creep della guarnizione (spec. PTFE)	riserraggio dopo l'assestamento, guarnizione spirometallica/ePTFE, molle a tazza (Belleville)
Schiacciamento / estrusione	compressione eccessiva, guarnizione troppo morbida/larga	guarnizione più dura, confinarla, controllare il carico sui bulloni
Attacco chimico / rigonfiamento	materiale errato	riscegliere in base alla compatibilità con il fluido
Rilassamento termico	il creep ad alta temperatura riduce il serraggio	guarnizione per alta temperatura, carico elastico (molle), riserraggio a caldo
Espulsione	la pressione supera il confinamento	giunto confinato/a faccia rialzata, carico sui bulloni maggiore

6.1 Checklist di scelta

- **Fluido e temperatura**
  scegliere il materiale che resiste a entrambi (Sezione 2), esattamente come per un O-ring.
- **Pressione**
  stazionaria e di picco; confinare la guarnizione per alte pressioni.
- **Carico di assestamento e di esercizio**
  da y e m, dimensionare il precarico dei bulloni (vedi il riferimento
  Giunzioni bullonate
).
- **Flangia**
  finitura, planarità e passo dei bulloni adeguati; serraggio a stella.
- **Manutenzione**
  verrà riaperto? Guarnizione tranciata / O-ring se smontabile; sigillante se permanente.
- **Piano contro il rilassamento**
  programma di riserraggio o carico elastico per giunti soggetti a creep o caldi.