

ESERCITAZIONE 2 – COLLEGAMENTI FILETTATI

Per entrambi gli esercizi redigete una breve relazione tecnica in forma di presentazione (massimo 10 slide)

Esercizio 1

Per il cilindro idraulico schematizzato nella figura 1

1. scegliere una vite di collegamento stantuffo/asta (del tipo a esagono incassato, passo fine, oliata);
2. prescrivere la coppia di serraggio;
 - a. verificare la sicurezza rispetto a snervamento e fatica usando l'ipotesi di carico applicato al sotto-testa.
- pressione del fluido variabile tra 0 e 5.5 MPa;
- pressione minima, per garantire la tenuta, al contatto asta/stantuffo 10 MPa;
- rugosità accoppiamento asta/stantuffo $0.8 \mu\text{m}$;
- serraggio a mano con chiave dinamometria;
- materiale stantuffo 41Cr4 UNI 10083 bonificato.

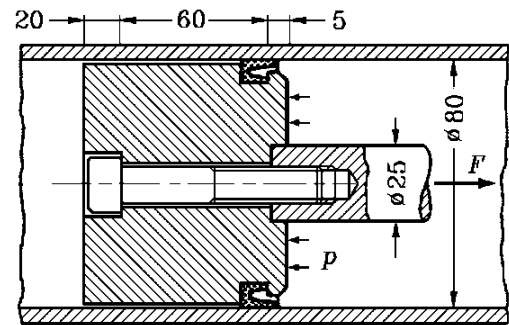


Figura 1 Insieme cilindro-stantuffo

SCHEMA DI CALCOLO

Il calcolo può essere soltanto di verifica e non di progetto perché usa deformabilità assegnate; occorre quindi scegliere una vite di tentativo e verificare se essa soddisfa le condizioni di resistenza statica e a fatica.

Aiutatevi disegnando il diagramma di forzamento vite-pezzo, verificando graficamente i risultati del calcolo.

1. Scegliete il diametro della vite usando le indicazioni della normativa VDI $M??$
riportate nella Tabella 1
2. Calcolate la tensione limite al montaggio $\sigma_M = \frac{0.9R_{p0,2}}{\sqrt{1+3k^2}}$
3. e la forza assiale limite al montaggio $F_{M,max} = \dots\dots\dots$
4. Nell'ipotesi che la forza al montaggio assuma il valore limite ammissibile $F_{M,max}$ $M_A = \dots\dots\dots$
calcolate il momento di serraggio da prescrivere
5. Calcolate le deformabilità della vite (pagina 106 e seguenti, Ch 1) e del pezzo $\delta_v = \dots\dots\dots$
(pagina 111 e seguenti, Ch 1) $\delta_p = 5.40 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$
6. Determinate il fattore di ripartizione n (pagina 9 e seguenti, Ch 2) $n = \frac{\delta_{pk}}{\delta_p} = \dots\dots\dots$
7. La forza minima (precarico residuo sul pezzo) sotto la quale non si desidera scendere in esercizio, $F_{Kerf} = \dots\dots\dots$
8. l'allentamento nel tempo, $\Delta F_S = \dots\dots\dots$
9. la quota di carico esterno F_{SA} sulla vite e quella F_{PA} sul pezzo $F_{SA} = \dots\dots\dots$
 $F_{PA} = \dots\dots\dots$
10. Considerando l'incertezza di serraggio α_A e l'allentamento, verificare il precarico residuo sotto l'applicazione del carico esterno. $F_{P,min} = \dots\dots\dots$
11. Verificate rispetto a snervamento e fatica in esercizio.

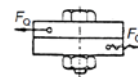
Tabella 1 Scelta del diametro della vite in funzione dei carichi esterni

1	2	3	4
Carico N	Diametro nominale mm		
	Classe		
	12.9	10.9	8.8
250			
400			
630			
1000	3	3	3
1600	3	3	3
2500	3	3	4
4000	4	4	5
6300	4	5	6
10000	5	6	8
16000	6	8	10
25000	8	10	12
40000	10	12	14
63000	12	14	16
100000	16	18	20
160000	20	22	24
250000	24	27	30
400000	30	33	36
630000	36	39	

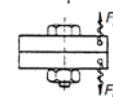
A. Nella colonna 1, selezionare il carico (approssimato per eccesso) che agisce sul giunto bullonato.

B. Il carico è aumentato del seguente numero di passi:

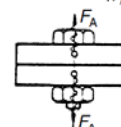
1. quattro passi nel caso di carico **trasversale** statico o dinamico



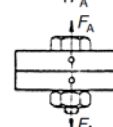
2. due passi per carichi assiale dinamici applicati eccentricamente



3. un passo per carichi assiali dinamici applicati concentricamente



4. nessun passo per carichi statici applicati concentricamente



C. Il carico è ulteriormente aumentato del seguente numero di passi:

5. due passi per serraggio con un semplice mandrino di serraggio regolato dalla coppia di serraggio

6. un passo per il serraggio con una chiave dinamometrica o un mandrino di precisione regolato mediante misurazione dinamica della coppia o dell'allungamento del bullone

7. nessun passo per il serraggio mediante controllo dell'angolo all'interno del campo plastico

D. Le colonne da 2 a 4 danno il diametro in funzione della classe della vite.

Tabella 2 Viti a testa con cava esagonale filettatura metrica ISO Categoria A

Rappresentazione				testa	passo	d	UNI	Es. designaz.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				cilindrica normale	grosso	1,6+56	5931	(passo gros.) Vite UNI 5931 M8 x 16-12.9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					fine	8÷56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
				cilindrica bassa	grosso	1,6+56	9327	(passo fine) Vite UNI 9327 M8x1x16-8.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					fine	8÷56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
				svasata piana	grosso	3-20	5933	Vite UNI 5933 M5 x 20 - 8.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table><tr><td colspan="2">d (passo)</td><td colspan="6">UNI 5931-9327</td><td colspan="2">9327</td><td colspan="6">5933 (solo passo grosso)</td></tr><tr><td>gr.</td><td>fine</td><td>d_k</td><td>s</td><td colspan="4">fil. compl.</td><td>parz.</td><td>k</td><td>d_k</td><td>s</td><td>k</td><td colspan="4">fil. compl.</td></tr><tr><td>M</td><td>x</td><td>max</td><td>nom</td><td colspan="2">l</td><td>lg</td><td>l_s</td><td>b</td><td>max</td><td>mx</td><td>nom</td><td>max</td><td colspan="2">l</td><td>lg</td><td>l_s</td><td>b°</td></tr><tr><td>1,6</td><td>-</td><td>3</td><td>1,5</td><td colspan="2">2,5÷16</td><td>1,05</td><td>-</td><td>-</td><td>1,2</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="2">-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>2</td><td>-</td><td>3,8</td><td>1,5</td><td colspan="2">3÷20</td><td>1,2</td><td>-</td><td>-</td><td>1,5</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="2">-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>2,5</td><td>-</td><td>4,5</td><td>2</td><td colspan="2">4÷25</td><td>1,35</td><td>-</td><td>-</td><td>1,88</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="2">-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>3</td><td>-</td><td>5,5</td><td>2,5</td><td colspan="2">5÷30</td><td>1,5</td><td>20</td><td>18</td><td>2,25</td><td>6</td><td>2</td><td>1,7</td><td colspan="2">8÷20</td><td>3,2</td><td>-</td><td>12</td></tr><tr><td>4</td><td>-</td><td>7</td><td>3</td><td colspan="2">6÷40</td><td>2,1</td><td>25</td><td>20</td><td>3</td><td>8</td><td>2,5</td><td>2,3</td><td colspan="2">8÷25</td><td>4,4</td><td>-</td><td>14</td></tr><tr><td>5</td><td>-</td><td>8,5</td><td>4</td><td colspan="2">8÷50</td><td>2,4</td><td>25</td><td>22</td><td>3,75</td><td>10</td><td>3</td><td>2,8</td><td colspan="2">10÷50</td><td>5,2</td><td>30</td><td>16</td></tr><tr><td>6</td><td>-</td><td>10</td><td>5</td><td colspan="2">10÷60</td><td>3</td><td>30</td><td>24</td><td>4,5</td><td>12</td><td>4</td><td>3,3</td><td colspan="2">10÷50</td><td>6,3</td><td>35</td><td>18</td></tr><tr><td>8</td><td>1</td><td>13</td><td>6</td><td colspan="2">12÷80</td><td>3,75</td><td>35</td><td>28</td><td>6</td><td>16</td><td>5</td><td>4,4</td><td colspan="2">16÷55</td><td>8,2</td><td>45</td><td>22</td></tr><tr><td>10</td><td>1,25</td><td>16</td><td>8</td><td colspan="2">16÷100</td><td>4,5</td><td>40</td><td>32</td><td>7,5</td><td>20</td><td>6</td><td>5,5</td><td colspan="2">16÷60</td><td>10</td><td>45</td><td>26</td></tr><tr><td>12</td><td>1,25</td><td>18</td><td>10</td><td colspan="2">20÷120</td><td>5,25</td><td>50</td><td>36</td><td>9</td><td>24</td><td>8</td><td>6,5</td><td colspan="2">20÷60</td><td>11,8</td><td>55</td><td>30</td></tr><tr><td>14*</td><td>1,5</td><td>21</td><td>12</td><td colspan="2">25÷140</td><td>6</td><td>55</td><td>40</td><td>10,5</td><td>27</td><td>10</td><td>7</td><td colspan="2">30÷70</td><td>13</td><td>55</td><td>34</td></tr><tr><td>16</td><td>1,5</td><td>24</td><td>14</td><td colspan="2">25÷160</td><td>6</td><td>60</td><td>44</td><td>12</td><td>30</td><td>10</td><td>7,5</td><td colspan="2">30÷70</td><td>13,5</td><td>60</td><td>38</td></tr><tr><td>18*</td><td>1,5</td><td>27</td><td>14</td><td colspan="2">30÷180</td><td>7,5</td><td>65</td><td>48</td><td>13,5</td><td>33</td><td>12</td><td>8</td><td colspan="2">40÷70</td><td>15,5</td><td>60</td><td>42</td></tr><tr><td>20</td><td>1,5</td><td>30</td><td>17</td><td colspan="2">30÷200</td><td>7,5</td><td>70</td><td>52</td><td>15</td><td>36</td><td>12</td><td>8,5</td><td colspan="2">40÷70</td><td>16</td><td>-</td><td>46</td></tr><tr><td>22*</td><td>1,5</td><td>33</td><td>17</td><td colspan="2">35÷200</td><td>7,5</td><td>70</td><td>56</td><td>16,5</td><td colspan="8" rowspan="10">° Dietro accordo possono essere fornite con gambo interamente filettato, indicarlo nella designaz. °° Viti UNI 5931: k = d. Viti UNI 5933: solo passo grosso. (1) Misura esclusa per le viti UNI 5933. * Usare solo per eccez.</td></tr><tr><td>24</td><td>2</td><td>36</td><td>19</td><td colspan="2">40÷240</td><td>9</td><td>80</td><td>60</td><td>18</td></tr><tr><td>27*</td><td>2</td><td>40</td><td>19</td><td colspan="2">45÷260</td><td>9</td><td>90</td><td>66</td><td>20,25</td></tr><tr><td>30</td><td>2</td><td>45</td><td>22</td><td colspan="2">45÷300</td><td>10,5</td><td>100</td><td>72</td><td>22,5</td></tr><tr><td>33*</td><td>2</td><td>50</td><td>24</td><td colspan="2">50÷300</td><td>10,5</td><td>100</td><td>78</td><td>24,75</td></tr><tr><td>36</td><td>3</td><td>54</td><td>27</td><td colspan="2">55÷300</td><td>12</td><td>110</td><td>84</td><td>27</td></tr><tr><td>39*</td><td>3</td><td>58</td><td>27</td><td colspan="2">60÷300</td><td>12</td><td>120</td><td>90</td><td>29,25</td></tr><tr><td>42</td><td>3</td><td>63</td><td>32</td><td colspan="2">60÷300</td><td>13,5</td><td>130</td><td>96</td><td>31,5</td></tr><tr><td>48</td><td>3</td><td>72</td><td>36</td><td colspan="2">70÷300</td><td>15</td><td>150</td><td>108</td><td>36</td></tr><tr><td>52*</td><td>3</td><td>78</td><td>36</td><td colspan="2">80÷300</td><td>15</td><td>150</td><td>116</td><td>39</td></tr><tr><td>56</td><td>4</td><td>84</td><td>41</td><td colspan="2">80÷300</td><td>16,5</td><td>180</td><td>124</td><td>42</td></tr></table>										d (passo)		UNI 5931-9327						9327		5933 (solo passo grosso)						gr.	fine	d _k	s	fil. compl.				parz.	k	d _k	s	k	fil. compl.				M	x	max	nom	l		lg	l _s	b	max	mx	nom	max	l		lg	l _s	b°	1,6	-	3	1,5	2,5÷16		1,05	-	-	1,2	-	-	-	-		-	-	-	2	-	3,8	1,5	3÷20		1,2	-	-	1,5	-	-	-	-		-	-	-	2,5	-	4,5	2	4÷25		1,35	-	-	1,88	-	-	-	-		-	-	-	3	-	5,5	2,5	5÷30		1,5	20	18	2,25	6	2	1,7	8÷20		3,2	-	12	4	-	7	3	6÷40		2,1	25	20	3	8	2,5	2,3	8÷25		4,4	-	14	5	-	8,5	4	8÷50		2,4	25	22	3,75	10	3	2,8	10÷50		5,2	30	16	6	-	10	5	10÷60		3	30	24	4,5	12	4	3,3	10÷50		6,3	35	18	8	1	13	6	12÷80		3,75	35	28	6	16	5	4,4	16÷55		8,2	45	22	10	1,25	16	8	16÷100		4,5	40	32	7,5	20	6	5,5	16÷60		10	45	26	12	1,25	18	10	20÷120		5,25	50	36	9	24	8	6,5	20÷60		11,8	55	30	14*	1,5	21	12	25÷140		6	55	40	10,5	27	10	7	30÷70		13	55	34	16	1,5	24	14	25÷160		6	60	44	12	30	10	7,5	30÷70		13,5	60	38	18*	1,5	27	14	30÷180		7,5	65	48	13,5	33	12	8	40÷70		15,5	60	42	20	1,5	30	17	30÷200		7,5	70	52	15	36	12	8,5	40÷70		16	-	46	22*	1,5	33	17	35÷200		7,5	70	56	16,5	° Dietro accordo possono essere fornite con gambo interamente filettato, indicarlo nella designaz. °° Viti UNI 5931: k = d. Viti UNI 5933: solo passo grosso. (1) Misura esclusa per le viti UNI 5933. * Usare solo per eccez.								24	2	36	19	40÷240		9	80	60	18	27*	2	40	19	45÷260		9	90	66	20,25	30	2	45	22	45÷300		10,5	100	72	22,5	33*	2	50	24	50÷300		10,5	100	78	24,75	36	3	54	27	55÷300		12	110	84	27	39*	3	58	27	60÷300		12	120	90	29,25	42	3	63	32	60÷300		13,5	130	96	31,5	48	3	72	36	70÷300		15	150	108	36	52*	3	78	36	80÷300		15	150	116	39	56	4	84	41	80÷300		16,5	180	124	42
d (passo)		UNI 5931-9327						9327		5933 (solo passo grosso)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
gr.	fine	d _k	s	fil. compl.				parz.	k	d _k	s	k	fil. compl.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
M	x	max	nom	l		lg	l _s	b	max	mx	nom	max	l		lg	l _s	b°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1,6	-	3	1,5	2,5÷16		1,05	-	-	1,2	-	-	-	-		-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
2	-	3,8	1,5	3÷20		1,2	-	-	1,5	-	-	-	-		-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
2,5	-	4,5	2	4÷25		1,35	-	-	1,88	-	-	-	-		-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
3	-	5,5	2,5	5÷30		1,5	20	18	2,25	6	2	1,7	8÷20		3,2	-	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
4	-	7	3	6÷40		2,1	25	20	3	8	2,5	2,3	8÷25		4,4	-	14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
5	-	8,5	4	8÷50		2,4	25	22	3,75	10	3	2,8	10÷50		5,2	30	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
6	-	10	5	10÷60		3	30	24	4,5	12	4	3,3	10÷50		6,3	35	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
8	1	13	6	12÷80		3,75	35	28	6	16	5	4,4	16÷55		8,2	45	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
10	1,25	16	8	16÷100		4,5	40	32	7,5	20	6	5,5	16÷60		10	45	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
12	1,25	18	10	20÷120		5,25	50	36	9	24	8	6,5	20÷60		11,8	55	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
14*	1,5	21	12	25÷140		6	55	40	10,5	27	10	7	30÷70		13	55	34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
16	1,5	24	14	25÷160		6	60	44	12	30	10	7,5	30÷70		13,5	60	38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
18*	1,5	27	14	30÷180		7,5	65	48	13,5	33	12	8	40÷70		15,5	60	42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
20	1,5	30	17	30÷200		7,5	70	52	15	36	12	8,5	40÷70		16	-	46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
22*	1,5	33	17	35÷200		7,5	70	56	16,5	° Dietro accordo possono essere fornite con gambo interamente filettato, indicarlo nella designaz. °° Viti UNI 5931: k = d. Viti UNI 5933: solo passo grosso. (1) Misura esclusa per le viti UNI 5933. * Usare solo per eccez.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
24	2	36	19	40÷240		9	80	60	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
27*	2	40	19	45÷260		9	90	66	20,25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
30	2	45	22	45÷300		10,5	100	72	22,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
33*	2	50	24	50÷300		10,5	100	78	24,75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
36	3	54	27	55÷300		12	110	84	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
39*	3	58	27	60÷300		12	120	90	29,25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
42	3	63	32	60÷300		13,5	130	96	31,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
48	3	72	36	70÷300		15	150	108	36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
52*	3	78	36	80÷300		15	150	116	39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
56	4	84	41	80÷300		16,5	180	124	42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Serie 1 = 2,5-3-4-5-6-8-10-12-16-20-25-30-35-40-45-50-55-60-65(1)-70-80-90-100-110-120-130-140-150-160-180-200-220-240-260-280-300.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Caratteristiche e norme di riferimento (Categoria A UNI-ISO 4759/1).																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Materiale		Acciaio			Acc. inox			non ferroso																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Toller. filettatura UNI		5g - 6g classe resist. 12.9, 6g le altre classi 4534 - 5541																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Classe di resistenza (UNI 5931-9327) UNI		8.8-10.9-12.9 3740/3			da concordare 7323/8			da concordare -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Classe di resistenza (UNI 5933) UNI		8.8-10.9 3740/3			A2-70 7323/8			da concordare -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Superficie UNI		ossidata nera 3740/6 a richiesta altri rivestim.)			naturale			naturale																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Esercizio 2

Due dischi di uno stadio di turbina di bassa pressione sono flangiati sull'albero come schematizzato nella Figura 1. Dimensionate il collegamento filettato, ovvero definite

- il tipo di vite.
- il numero di viti **Z** che realizza l'accoppiamento;

Le caratteristiche tecniche dei due stadi e le caratteristiche del materiale sono riportate nelle tabelle sottostanti.

Nella scelta del numero di viti il passo della bullonatura, definito come la distanza tra i centri di due fori consecutivi (misurata sulla circonferenza dei centri dei fori) deve essere superiore (o uguale) a 2.5 volte il diametro dei fori.

Potenza stadio 1:	4433 kW
Potenza stadio 2:	5452 kW
Ω di coppia max:	11330 rpm
Forza aerodin. assiale:	10% F aerodin. tangenziale

Materiale:	INCONEL 718
$R_{p0.2}$:	950 MPa
E (T_{amb}):	208 GPa
E (400 °C):	185 GPa
E (530 °C):	176 GPa
Coefficiente utilizzo vite:	0.8 $R_{p0.2}$

Coeff. attrito tra flange (μ):	0.4 ÷ 0.5
Coeff. attrito vite (μ_v):	0.1 ÷ 0.2
Coeff. sicurezza carico tangenziale (S_t):	1.5
Incertezza di serraggio α_A :	1.6
T temperatura di esercizio:	400-530 °C
Raggio dei centri dei fori (r_{fori}):	112 mm
Raggio del centro di pressione delle pale (r_{cp}):	215 mm
Spessore delle flange:	3.6 mm
Lunghezza radiale delle flange:	16 mm
Dimensione massima testa della vite:	14 mm

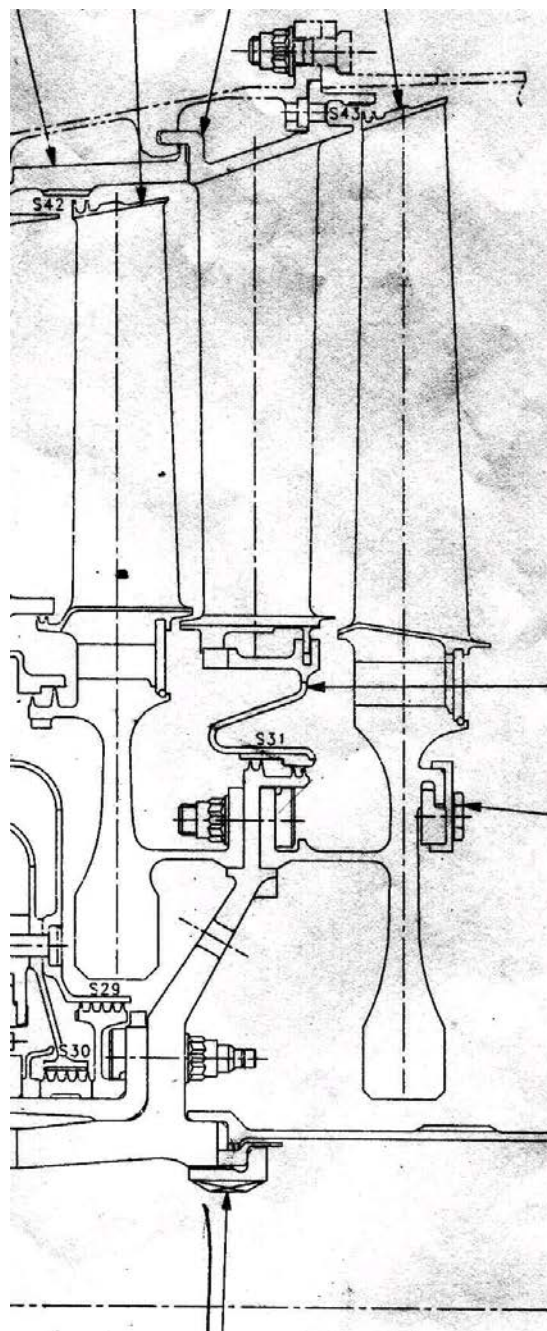


Figura 2 Dettaglio del collegamento dischi-flangia.



SCHEMA DI CALCOLO

MONTAGGIO

1. Calcolate la forza tangenziale necessaria per trasmettere all'albero le coppie due stadi, tenendo in conto il coefficiente di sicurezza S_t .

$$C_1 = S_t P_1 / \omega = \dots ; C_2 = S_t P_2 / \omega = \dots$$

$$F_{t1,aero} = C_1 / r_{CP,1}; \quad F_{t2,aero} = C_2 / r_{CP,2}$$

2. Calcolate la forza assiale totale sulle viti necessaria per trasmettere per attrito la coppia massima (Attenzione: $r_{fori} < r_{CP}$)

$$F_{ax,min} = \dots$$

3. Scegliete la vite ($M??$) rispettando il vincolo geometrico sull'interasse. L'ingombro massimo della testa deve consentire il serraggio della vite.

$$D_T \leq \dots \text{ mm} \quad \rightarrow \quad D \leq \dots$$

4. Definite il numero di bulloni, in modo da verificare la condizione sulla distanza tra due fori successivi (2.5 volte il diametro del foro).

$$Z = \dots$$

5. Calcolare il carico assiale (F_{Kerf}) del singolo bullone necessario in servizio per garantire la trasmissione della coppia.

$$F_{Kerf} = F_{ax,min} / Z \dots$$

6. Calcolo dello stato di tensione della vite al montaggio

$$\sigma_{M,max} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \dots$$

7 Calcolo della coppia di serraggio che permette di realizzare il carico assiale $F_{M,max}$.

$$M_A = M_G + M_K = \dots$$

8. Calcolo delle rigidezze della vite e del pezzo.

$$\delta_s = \dots$$

Per il pezzo, approssimate il suo volume con il volume di un cilindro di diametro pari alla lunghezza radiale delle flange di collegamento.

$$\delta_p = \dots$$

9. Tracciate il diagramma di forzamento al montaggio

FUNZIONAMENTO

10. Variazione del diagramma di forzamento in esercizio a causa del riscaldamento dei componenti.

$$\delta_s = \dots ; \quad \delta_p = \dots$$

11. Calcolo delle forze assiali esterne agenti sul singolo bullone e eventuale verifica delle viti.

$$F_{A1} = F_{ax1,aero} / Z = \dots$$

$$F_{A2} = F_{ax2,aero} / Z = \dots$$

13. Verifica del carico minimo in esercizio, trascurando la perdita di interferenza dovuta alla rugosità superficiale e l'azione della forza esterna assiale, entrambe trascurabili rispetto alla forza assiale minima di montaggio.

$$F_{p,min} > F_{Kerf}$$

Viti a testa esagonale con flangia (Rif. UNI EN 1665)
- Serie pesante -

gamba ridotto (R)

fil. d	s nom	c min	da F	nax U	dw min	dc max	k max	r1 min	l gambo filettato			b (vedi UNI ISO 889).	
									int.	parz.	tipo R	Serie l = 10-12-16-20-25+65 (5 in 5) -70+160 (10 in 10) -180-200.	
M5	8	1	5,7	6,2	9,8	11,8	5,8	0,2	10+20	25+50	30+50	* possib. da evitare.	
M6	10	1,1	6,8	7,5	12,2	14,2	6,6	0,25	10+25	30+60	35+60	Sottotesta tipo F senza gola (standard); ti	
M8	13	1,2	9,2	10	15,8	18	8,1	0,4	10+30	35+80	40+80	po U con gola (su ri-	
M10	16	1,5	11,2	12,5	19,6	22,3	10,4	0,4	10+35	40+90	45+80	chiesta o opzionale	
M12	18	1,8	13,7	15,2	23,8	26,6	11,8	0,6	10+40	45+120	50+120	del fabbricante).	
M14*	21	2,1	15,7	17,7	27,6	30,5	13,7	0,6	10+45	50+140	55+140		
M16	24	2,4	17,7	20,5	31,9	35	15,4	0,6	10+45	55+160	60+160		
M20	30	3	22,4	25,7	39,9	43	18,9	0,8	10+45	65+200	70+200		

Materiale: acciaio 8.8, 10.9 EN ISO 898-1
acc. inox A2-70 ISO 3506-1. Requis. gener.
ISO 8992. Toll. Filet. 6g ISO 724, 965-2.
Cat. A EN ISO 4759-1. Finit. ossid. nera
(term. o chim.) EN ISO 4042. Inox liscio.
Altre finiture da concordare all'ordine.

Es. Des. (gambo pieno, sottotesta F o U):
Vite testa esagona EN 1665-M8x50-8.8.
(gambo pieno, sottotesta tipo F):
Vite testa esagona EN 1665-M8x50-F-8.8;
(gambo ridotto, sottotesta F oppure U):
Vite testa esagona EN 1665-M8x50-R-8.8.

Dadi esagonali con flangia
(norma EN in preparazione)

Viti a testa esagon. con flangia
estrem. cil. troncocon. UNI 9518

Classi di resistenza delle viti, impieghi, materiali

Classe di resistenza	10H	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8	10.9	12.9	45H
Carico unitario di rottura R N/mm ²											
min.	—	330	400	—	500	600	800	1000	1200	—	—
max.	—	600	600	—	700	800	1000	1200	1400	—	—
Carico unitario di snerv. R_s N/mm ²	—	200	240	320	300	400	360	—	—	—	—
Carico unitario di sco- stamento dalla propor- zionalità R_p (0,2) N/mm ² min.	—	—	—	—	—	—	—	640	900	1080	—
Carico unitario di prova R_{cp} N/mm ²	—	188	226	291	282	364	339	582	792	950	—
Rapporto R_{cp}/R_s	—	0,94	0,94	0,91	0,94	0,91	0,94	0,91	0,88	0,88	—
Allungamento A %	—	25	25	14	20	10	16	12	9	8	—
Durezza Vickers HV min.	100	100	120	—	155	190	255	320	380	450	—
max.	—	190	190	—	220	255	320	380	430	530	—
Durezza Rockwell HRB min.	56	56	67	—	80	89	—	—	—	—	—
max.	—	89	89	—	95	100	—	—	—	—	—
HRC min.	—	—	—	—	—	23	32	39	44	—	—
max.	—	—	—	—	—	23	32	39	44	51	—
Resilienza KCU J min.	—	—	—	—	—	—	60	40	30	—	—
Tenacità della testa	—	Nessuna rottura									—

VDI – Richtline 2230 (classi da 8.8 a 12.9)

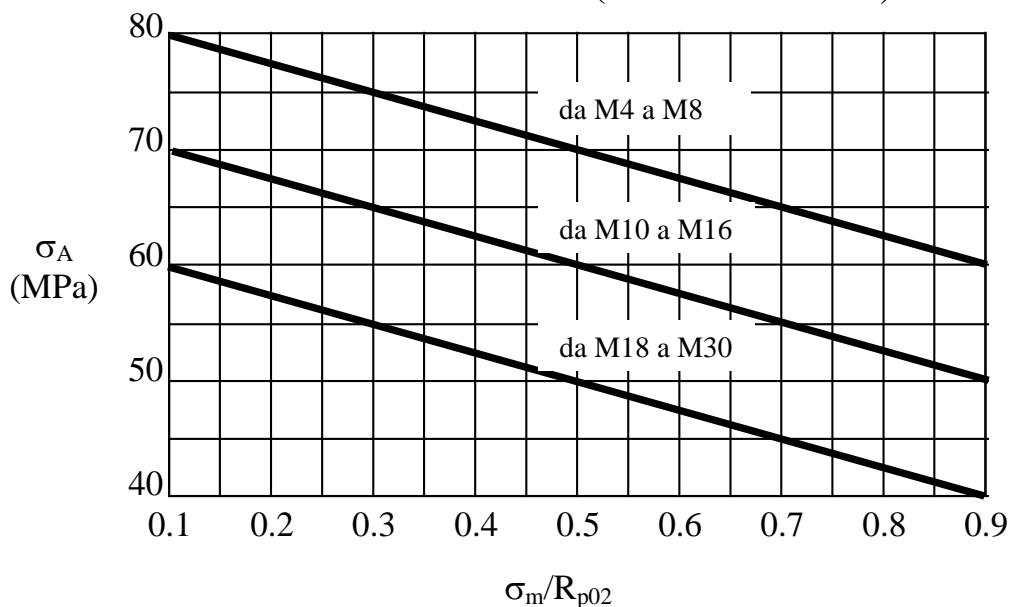


Diagramma per la verifica a fatica delle viti.

Classi di coefficienti di attrito

Friction coefficient class	Range for μ_G and μ_K	Selection of typical examples for	
		materials	lubricants
A	0,04 to 0,10	metallically bright black oxide phosphated galvanic coatings such as Zn, Zn/Fe, Zn/Ni Zinc laminated coatings	solid lubricants, such as MoS ₂ , graphite, PTFE, PA, PE, PI in lubricating varnishes, as top coats or in pastes; liquefied wax wax dispersions
B	0,08 to 0,16	all the above plus Al and Mg alloys	all the above plus greases; oils; delivery state
		hot-galvanized	MoS ₂ ; graphite; wax dispersions
		organic coatings	with integrated solid lubricant or wax dispersion
		austenitic steel	

Incertezza di serraggio

Tightening factor α_A	Scatter $\frac{1}{2} \frac{ \Delta F_M }{F_{Mm}} = \frac{\alpha_A - 1}{\alpha_A + 1}$	Tightening technique	Adjusting technique	VDI 2230 Blatt 1 / Part 1 - 2003 - Guide values for the tightening factor α_A (reduced and adapted)
1,05 to 1,2	2% to 10%	Elongation-controlled tightening with ultrasound measurement	Echo time	
1,1 to 1,5	5% to 20%	Elongation-controlled tightening with mech. measurement	Adjustment via longitudinal measurement	
1,2 to 1,4	9% to 17%	Yield-controlled tightening, motor or manually operated	Input of the relative torque/rotation-angle coefficient	
1,2 to 1,4	9% to 17%	Angle-controlled tightening, motor or manually operated	Experimental determ. of pre-tightening torque and angle of rotation	
1,6 to 2,0 (friction coeff. class B) 1,7 to 2,5 (friction coeff. class A)	23% to 33% 26% to 43%	Torque-controlled tightening with torque wrench, indicating wrench, or precision tightening spindle with dynamic torque measurement	Determination of the required tightening torque by estimating the friction coefficient (surface and lubricating conditions)	

Table 5.4/1. Guide values for amounts of embedding of bolts, nuts and compact clamped parts made of steel

Average roughness height	Loading	Guide values for amounts of embedding in μm		
		in the thread	per head or nut bearing area	per inner interface
Rz according to DIN 4768				
< 10 μm	tension/compression	3	2.5	1.5
	shear	3	3	2
10 μm up to 40 μm	tension/compression	3	3	2
	shear	3	4.5	2.5
40 μm up to 160 μm	tension/compression	3	4	3
	shear	3	6.5	3.5

Perdita di interferenza



Bolt size	Pitch	Pitch diameter	Stress cross section	Cross section at minor diameter	Pitch	Minor diameter	Reduced shank diameter	Reduced shank cross section
	P	d _p	A _s	A _{d3}	P	d ₃	d _T = 0,9 · d ₃	A _T = $\pi/4$ d _T ²
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm	mm	mm	mm ²
Metric standard (coarse) threads					Metric standard (coarse) threads			
M4	0,7	3,545	8,78	7,749	0,7	3,141	2,83	6,28
M5	0,8	4,480	14,2	12,69	0,8	4,019	3,62	10,3
M6	1	5,350	20,1	17,89	1	4,773	4,30	14,5
M7	1	6,350	28,9	26,18	1	5,773	5,20	21,2
M8	1,25	7,188	36,6	32,84	1,25	6,466	5,82	26,6
M10	1,5	9,026	58,0	52,30	1,5	8,160	7,34	42,4
M12	1,75	10,863	84,3	76,25	1,75	9,853	8,87	61,8
M14	2	12,701	115	104,7	2	11,546	10,4	84,8
M16	2	14,701	157	144,1	2	13,546	12,2	117
M18	2,5	16,376	193	175,1	2,5	14,933	13,4	142
M20	2,5	18,376	245	225,2	2,5	16,933	15,2	182
M22	2,5	20,376	303	281,5	2,5	18,933	17,0	228
M24	3	22,051	353	324,3	3	20,319	18,3	263
M27	3	25,051	459	427,1	3	23,319	21,0	346
M30	3,5	27,727	561	519,0	3,5	25,706	23,1	420
M33	3,5	30,727	694	647,2	3,5	28,706	25,8	524
M36	4	33,402	817	759,3	4	31,093	28,0	615
M39	4	36,402	976	913,0	4	34,093	30,7	739



Bolt size	Pitch	Pitch diameter	Stress cross section	Cross section at minor diameter	Pitch	Minor diameter	Reduced shank diameter	Reduced shank cross section
	P	d _p	A _s	A _{d3}	P	d ₃	d _T = 0,9 · d ₃	A _T = π/4 d _T ²
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm	mm	mm	mm ²
Metric fine threads					Metric fine threads			
M 8 x 1	1	7,350	39,2	36,03	1	6,773	6,10	29,2
M 9 x 1	1	8,350	51,0	47,45	1	7,773	7,00	38,4
M 10 x 1	1	9,350	64,5	60,45	1	8,773	7,90	49,0
M 10 x 1,25	1,25	9,188	61,2	56,29	1,25	8,466	7,62	45,6
M 12 x 1,25	1,25	11,188	92,1	86,03	1,25	10,466	9,42	69,7
M 12 x 1,5	1,5	11,026	88,1	81,07	1,5	10,160	9,14	65,7
M 14 x 1,5	1,5	13,026	125	116,1	1,5	12,160	10,94	94,1
M 16 x 1,5	1,5	15,026	167	157,5	1,5	14,160	12,74	128
M 18 x 1,5	1,5	17,026	216	205,1	1,5	16,160	14,54	166
M 18 x 2	2	16,701	204	189,8	2	15,546	13,99	154
M 20 x 1,5	1,5	19,026	272	259,0	1,5	18,160	16,34	210
M 22 x 1,5	1,5	21,026	333	319,2	1,5	20,160	18,14	259
M 24 x 1,5	1,5	23,026	401	385,7	1,5	22,160	19,94	312
M 24 x 2	2	22,701	384	364,6	2	21,546	19,39	295
M 27 x 1,5	1,5	26,026	514	497,2	1,5	25,160	22,64	403
M 27 x 2	2	25,701	496	473,2	2	24,546	22,09	383
M 30 x 1,5	1,5	29,026	642	622,8	1,5	28,160	25,34	504
M 30 x 2	2	28,701	621	596,0	2	27,546	24,79	483