23

OTTORINO POMINI
Libero Docente per la Costruzione delle Macchine
nel R. Istituto Tecnico Superiore di Milano
Ing. delle Officine Meccaniche Luigi Pomini a Castellanza

# COSTRUZIONE DI MACCHINE

## II.

# ORGANI PER IL MOTO ROTATORIO

PERNI - ASSI ED ALBERI - VELOCITÀ ANGOLARE LABILE
GIUNTI FISSI - ARTICOLATI - A DENTI - INNESTI A FRIZIONE
SOPPORTI PER LE TRASMISSIONI E PER LE MACCHINE
TEORIA E PRATICA DELLA LUBRIFICAZIONE
CUSCINETTI A SFERE

**Ricerche e Calcolazioni pubblicate la prima volta**
**Dati tecnici - Applicazioni pratiche**
**Odierni Disegni Costruttivi**

CON 714 INCISIONI

ULRICO HOEPLI
EDITORE LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO

1916

# INDICE

## ELEMENTI DI MACCHINE PER IL MOTO ROTATORIO
## PERNI - ASSI - ALBERI

### Perni.


Pag.

1. Definizioni. — Forme costruttive . . . . . 3
2. Considerazioni e formule teoriche sull'attrito nei perni di spinta o ralle . . . . . 6
   *A*) Perno di spinta piano. Perno di base (Ralla piana) . 6
   *B*) Perno di spinta anulare (Ralla anulare) . . . . 10
   *C*) Perno di spinta conico (Ralla conica) . . . . 12
   *D*) Perno di spinta sferico (Ralla sferica) . . . . 14
3. Considerazioni e formule teoriche sull'attrito nei perni portanti cilindrici . . . . . 16
   *A*) Perno portante cilindrico . . . . . 16
   *B*) Perni portanti di forma particolare . . . . . 18
4. Le classiche esperienze di Beauchamp Tower sulla lubrificazione de' perni portanti cilindrici . . . . . 21
   I) Descrizione dell'apparecchio . . . . . 21
   II) Modo di esperir le prove . . . . . 24
   III) Risultati di prova . . . . . 26
   IV) Distribuzione della pressione . . . . . 42
   V) Sperimenti sull'attrito a bassa velocità . . . . 45
   VI) Conclusione . . . . . 46
5. Teorie sulla lubrificazione. — Le indagini del Prof. Osborne Reynolds. — La formula di Petroff . . . . . 47

Pag.

6. Più recenti esperienze sulla lubrificazione e sull'attrito dei perni portanti cilindrici . . . . . 61
I) Esperienze di Stribeck sui sopporti Sellers. — Cuscinetti di ghisa . . . . . 62
II) Esperienze di Stribeck sui sopporti M. B. — Cuscinetti di metallo bianco . . . . . 70
III) Esperienze e formula di Lasche . . . . . 74
IV) Esperienze del Prof. Goodman . . . . . 77
V) Riassunti e calcoli preventivi sul lavoro d'attrito. . 78
7. Esperienze sull'attrito nei perni di spinta piani anulari . 80
I) Esperienze di Tower sull'attrito ne' collari di spinta . 80
II) Esperienze di Lasche su perno multiplo ad anelli . 82
III) Recenti esperienze sulla ralla Mitchell . . . . 84
8. Calcolo dei perni portanti cilindrici . . . . . 85
9. Coefficienti pratici per il calcolo dell'estensione della superficie portante dei perni cilindrici . . . . . 93
10. Progetto dei perni di spinta e coefficienti pratici per il calcolo delle superfici portanti . . . . . 99
*A*) Perno di spinta piano . . . . . 99
*B*) Perno anulare di spinta . . . . . 101
*C*) Perno ad anelli di spinta o perno multiplo . . . 103
*D*) Recenti ralle Mitchell . . . . . 106
11. Note tecniche e verifiche al calcolo e disegno dei perni. — Esempii I a III . . . . . 106

## Assi ed Alberi.

12. Classificazione degli assi ed alberi . . . . . 112
13. Modo di lavoro degli assi ed alberi. — Condizioni per il loro calcolo. — Equazioni generali di resistenza e di elasticità. . . . . 113
14. Coefficienti di resistenza . . . . . 124
15. Calcolo degli alberi principali per trasmissioni . . . 128
16. Calcolo degli alberi di linea . . . . . 135
I) Massima distanza dei sopporti . . . . . 135
II) Momenti flettenti e sollecitazioni di flessione . . 141
III) Deformazioni elastiche dovute a flessione . . . 147
IV) Sollecitazioni di flessione e di torsione . . . . 152
V) Inerzia delle linee di trasmissione . . . . . 157

Pag.

VI) Momenti torcenti e potenza trasmessa. Tabella degli $\frac{N}{n}$ . . . . . 161

17. Il diametro teorico degli alberi di trasmissione . . . 165
18. Vibrazioni centrifughe e velocità angolare labile. . . 172
I) Definizioni e descrizioni . . . . . 172
II) Principii e calcoli elementari . . . . . 179
III) Risultati espressi in forma conveniente per l'applicazione pratica.
*A*) Alberi liberi da organi pesanti . . . . . 184
*B*) Pulegge o volanti su alberi . . . . . 190
*C*) Alberi uniformemente caricati . . . . . 195
*D*) Trasmissioni normali di linea . . . . . 196
19. Costruzione degli assi ed alberi. — Alberi cavi. — Anelli e collari di arresto . . . . . 197
20. Alberi di ferro e alberi di acciaio per trasmissioni . . 206
21. Scelta del numero di giri per trasmissioni normali . . 208
22. Note tecniche e verifiche al calcolo e al disegno per trasmissioni. — Esempii IV ad VIII . . . . . 210

## GIUNTI ED INNESTI

23. Giunti ed Innesti. — Definizioni. — Classificazione . . 265

### Giunti fissi.

24. Modo di fissar al loro asse gli organi rotanti. — Collegamento per aderenza . . . . . 268
25. Giunto a bossolo od a manicotto . . . . . 274
26. Giunti a gusci. — Giunto a viti. — Giunto a anelli . . 276
27. Giunto di Sellers a doppio cono . . . . . 285
28. Generalità sui giunti a dischi ed a flange. — Modi di costruzione . . . . . 295
29. Verificazione e calcoli di resistenza per i giunti a dischi od a flange . . . . . 302
30. Note tecniche sui giunti fissi. — Disegno, collocazione, scelta. — Esempii IX e X . . . . . 324

## Giunti mobili
### (Articolati, elastici, di sicurezza, isolanti).

Pag.
31. Giunto a briglia . . . . . 340
32. Giunto di dilatazione o d'espansione . . . . , . 341
33. Giunto di Oldham . . . . . 344
34. Giunto di Cardano, detto pure di Hooke od anche Giunto Universale. . . . . 345
35. Generalità sui giunti elastici. — Condizioni cui devono soddisfare . . . . . 352
36. Giunti elastici di Raffard. — Giunti semielastici di Zodel . 354
37. Giunti semielastici: a piuoli di fibra o di cuoio; a bussolette elastiche; ad aghi d'acciaio; a barrette articolate; a spazzola; a semicerchi elastici; di Stauber; con molle a spirale; di Brotherhood e derivati (a tirelle di cuoio ed uso di Cardano). . . . . 357
38. Giunti elastici di Pomini . . . . . 368
39. Giunti di sicurezza a piuoli, di Ramsbottom, di Stuckenholz. — Giunti per laminatoi. — Giunti isolanti . . 381
40. Note tecniche sul calcolo dei giunti elastici. — Considerazioni sulla elasticità dei giunti elastici. — Esempii XI e XII . . . . . 387

## Innesti a denti.

41. Condizioni di funzionamento . . . . . 403
42. Innesto semplice a denti od innesto di due pezzi . . 404
43. Innesto a denti di 3 pezzi: Giunto di Hildebrandt, giunto di Sulzer . . . . . 407
44. Innesto a piuoli . . . . . 412
45. Sforzo per disinnestare gli innesti a denti . . . . . 414

## Innesti a frizione.

46. Sul modo di funzionamento e le condizioni essenziali da soddisfare. . . . . 419
47. Pressione di lavoro, coefficiente di Attrito e Superficie di frizione . . . . . 422
48. Classificazione degli innesti . . . . . 424

*A) Innesti assiali conici.*

Pag.

49. Sforzo per innestare, mantenere innestato e disinnestare l'innesto a cono . . . . . 429
50. Costruzione e calcolo degli innesti a cono semplice . . 433
51-52. Innesti a coni multipli concomitanti. Innesto a due coppie di coni opponentisi . . . . . 437

*B) Innesti assiali piani.*

53. Innesti a due coppie di dischi opponentisi. — Innesto di Benn . . . . . 441
54. Innesti a lamine anulari detti anche a dischi multipli . 446

*C) Innesti radiali centrifughi.*

55. L'innesto Dohmen-Leblanc. — Sue forme. — Particolarità costruttive. . . . . 451
56. Calcolazione dell'innesto Dohmen-Leblanc per alberi da 40 a 150 mm. di diametro, corr. $M_r = 10\,000 \div 1\,500\,000$ Cg.mm. . . . . 468
57. Modificazioni al Dohmen-Leblanc originale. — Costruzioni Polysius e Pomini . . . . . 479
58. Innesti ad anello elastico interno . . . . . 484

*D) Innesti radiali centripeti.*

59. Innesti a nastro uso freno e logaritmici . . . . 487

*E) Innesti radiali misti.*

60. Innesto radiale di Hill. — Il legno sui pattini degli innesti a frizione . . . . . 491
61. Innesto radiale di Hermann . . . . . 492

*F) Innesti varii.*

62. Innesti idraulici ed innesti elettromagnetici . . . . 495
63. Innesto « Superpotente » . . . . . 497
64. Innesti misti a frizione ed a denti . . . . . 501

Pag.

65. Innesti automatici per allacciare i motori. — Innesto a scatto di Uhlhorn ed innesti a frizione automatici . . 502
66. Apparecchi per il comando degli innesti . . . . . 504
67. Applicabilità ed applicazione degli innesti. — Note tecniche. — Esempii XIV e XV . . . . . 518

## SOPPORTI

68. Definizioni. — Classificazione. — Forme costruttive . 533
I) Sopporti portanti con cuscinetti antifrizione o con bussole di ghisa.
*A*) Cuscinetti antifrizione e bussole . . . . . 538
69. Cuscinetti di bronzo e cuscinetti di ghisa rivestiti di metalbianco. — Loro proporzioni . . . . . 538
70. Metalli e leghe per cuscinetti . . . . . 542
71. Cuscini e bussole di ghisa. . . . . 544
*B*) Aggiustaggi per cuscinetti. — Riaggiustatura dopo il consumo . . . . . 545
72. Aggiustare fisso per cuscinetti. . . . . 545
73. Aggiustare mobile. — Aggiustare sferico di Sellers . . 548
74. Aggiustare elastico di De Laval. — Aggiustare smorzante di Parsons. — Aggiustaggi equiprementi . . . . 550
75. Riaggiustatura dei cuscinetti. — Disposizioni e dispositivi per raggiustare i cuscinetti consumati . . . . 552
*C*) Lubrificazione . . . . . 559
76. Generalità. — Lubrificazioni rudimentali: Stauffer, Tovote, Calipsol, Grafite, Oldag . . . . . 559
77. Lubrificazioni rudimentali ad olio . . . . . 561
78. Lubrificazioni ad anello autolubrificanti . . . . . 563
Forme e proporzioni degli anelli autolubrificanti . . 566
Velocità limiti dell'anello autolubrificante . . . . 568
79. Lubrificazione ad anello fisso ed a disco. — Scolmatori, scatole distributrici. . . . . 569
80. Lubrificazione forzata. . . . . 574
81. Lubrificazione per canali elicoidali . . . . . 576
*D*) Costruzione dei Sopporti portanti ritti . . . 578

Pag.

82. Principali tipi costruttivi per le trasmissioni di linea e per i tronchi di comando. — Sopporti ritti per Alberi cavi. 578
83. I sopporti ritti per le macchine propriamente dette. — Esempi . . . . . 589
84. Verificazioni di resistenza per le viti del cappello e della base . . . . . 619
85. Verificazione di resistenza sulle sezioni principali dell'incastellatura . . . . . 626
Applicazione numerica . . . . . 626
*E)* Sopporti portanti con incastellature varie. . . . 631
86. Ulteriori condizioni cui deve soddisfare l'incastellatura. — Sopporti ritti ad L. — Sopporti pendenti aperti e chiusi. — Sopporti a mensola. — Morsetti. — Colonnine pendenti. — Bracci a colonna, a muro . . . . . 631
87. Modi di attacco . . . . . 645
88. Verificazione di resistenza per le sezioni principali e per le viti di attacco . . . . . 653
II. Sopporti di Spinta con Ralla piana o con Collari di spinta . . . . . 658
89. Sopporti di Base. . . . . 658
90. Sopporti di spinta per perni multipli ad anelli . . . 665
III. Sopporti a pallette e cioè con cuscinetti a pallette (sfere) . . . . . 668
91. Generalità sui sopporti a pallette . . . . . 368
92. Elasticità e Resistenza delle sfere di acciaio. — Crepatura, schiacciamento, coefficienti di lavoro . . . . 670
93. Intensità del carico per i cuscinetti a pallette. — Valore del coefficiente di attrito . . . . . 672
94. Forme costruttive del cuscinetto a pallette. — Cuscinetti portanti. — Cuscinetti di spinta. — Cuscinetti composti per carichi normali ed assiali . . . . . 674
95. Applicazione dei cuscinetti a pallette. — Esempi costruttivi 675
Ulteriori esempi di Calcolazione d'Incastellature per Sopporti . . . . . 689

## NOTE CRITICHE

Da I a VI . . . . . 703-722

# INDICE DELLE TABELLE


| | | | Pag. |
|---|---|---|---|
| Tabella | I. | - Lubrificazione con bagno d'olio d'oliva . . | 33 |
| » | II. | - » » » di strutto . | 34 |
| » | III. | - » » di grasso minerale | 35 |
| » | IV. | - » » d'olio di spermaceti | 36 |
| » | V. | - » » » di ravizzone. | 37 |
| » | VI. | - » » » minerale . | 38 |
| » | VII. | - » » » di ravizzone. | 39 |
| » | VIII. | - Olio di ravizzone alimentato da feltro sotto il perno . . . . . | 40 |
| » | IX. | - Lubrificazione con bagno d'olio di strutto . | 41 |
| » | X. | - Confronto fra i valori del coefficiente di attrito spettante ai diversi modi di lubrificazione attuantesi in circostanze pressochè uguali. | 41 |
| » | XI. | - Potere lubrificante di diversi lubrificanti alimentati con bagno d'olio in circostanze pressochè uguali . . . . . | 42 |
| » | XII. | - Distribuzione delle pressioni . . . . | 44 |
| » | XIII. | - Attrito nel perno $4'' \times 6''$ immerso a metà in bagno d'olio minerale e corrente a 20 giri al minuto . . . . . | 46 |
| » | XIV. | - Coefficienti $f$ d'attrito nei collari . . . | 81 |
| » | XV. | - Perni di spinta anulari (Pfarr) . . . | 102 |
| » | XVI. | - Massima distanza dei sopporti nelle trasmissioni di linea . . . . . | 140 |
| » | XVII. | - Sollecitazioni di flessione e di torsione negli alberi normali di linea . . . . . | 153 |
| » | XVIII. | - Valore degli $\frac{N}{n} = 2{,}74 \,.\, 10^{-7} \,.\, \sigma r\, d^2$ . . | 163 |
| » | XIX. | - Potenza in cavalli trasmessa dagli alberi di linea . . . . . | 165 |

Pag.

TABELLA XX. (A) - Diametro teorico degli alberi di trasmissione e Potenza da essi trasmessa . . . . 166
» XX. (B) - Diametro teorico degli alberi di trasmissione e Potenza da essi trasmessa . . . . 168
» XX. (C) - Diametro teorico degli alberi di trasmissione e Potenza da essi trasmessa . . . . 170
» XXI. - Valori diversi . . . . . 188
» XXII. - » » . . . . . 189
» XXIII. - Anelli di arresto o collari in ferro . . . 202
» XXIV. - » d'arresto di ferro con viti di acciaio . 204
» XXV. (A) - Giunti fissi a gusci e di Sellers. Confronto fra le dimensioni di ingombro . . . 203
» XXV. (B) - Giunti fissi a gusci e di Sellers. Confronto fra i pesi . . . . . 294
» XXVI. - Spazio d'ingombro dei Giunti a dischi di ghisa, e di quelli a flange forgiate alle estremità dei tronchi d'albero . . . . . 325
» XXVII. - Elementi per il càlcolo dei giunti elastici Pomini . . . . . 375
» XXVIII. - Spazio d'ingombro, peso e prezzo dei Giunti mobili . . . . . 401
» XXIX. - Spazio d'ingombro, peso e prezzo degli innesti a denti ed a frizione . . . . 527
» XXX. - Leghe per cuscinetti . . . . . 543
» XXXI. - Sopporto principale per Macchine a Gas fisse 609