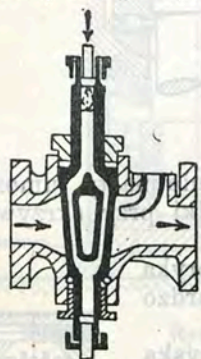
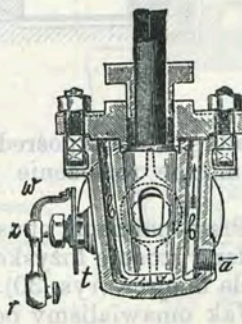


wiadomo, technika współczesna zarzuciła już ten sposób chłodzenia gorących części metalowych, gdyż wskutek dużej różnicy temperatury, ulegają one zepsuciu.

Wprost przeciwnie urządzenie mają następną trzy kurki, mianowicie sztuczne ogrzewanie. Kurek na rys. 13 ma dwie ścianki, pomiędzy którymi przepływa świeża para. Para rurką o średnicy $\frac{3}{8}$ " wpływa w punkcie *a* do kadłuba *b*, przedostaje się również pod stożek i wypływa przez maleńki zawór *z*, umieszczony w samym kurku. Zawór ten otwiera się i zamyka rączką *r*, a wskazówka *w* na tarczy *t* pokazuje,



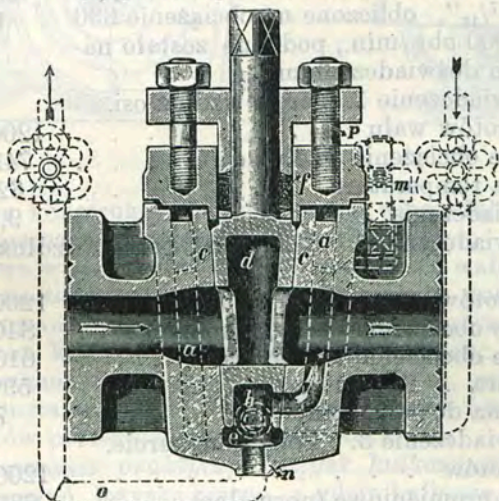
Rys. 12.



Rys. 13.

w jakim jest położeniu („zamknąć” — „otworzyć”). Przed otworzeniem kurka spustowego, otwiera się na chwilę zawór *z*, przeto para ma swobodny przepływ i ogrzewa kadłub. Naturalnie, w ogrzanym kadłubie stożek nie powinien się zacinąć.

W ten sam sposób zbudowany jest również kurek na rys. 14. Para wpływa w punkcie *b*, przechodzi przez kanał ogrzewalny *a* i wypływa w punkcie *n* do rurki *o*.



Rys. 14.

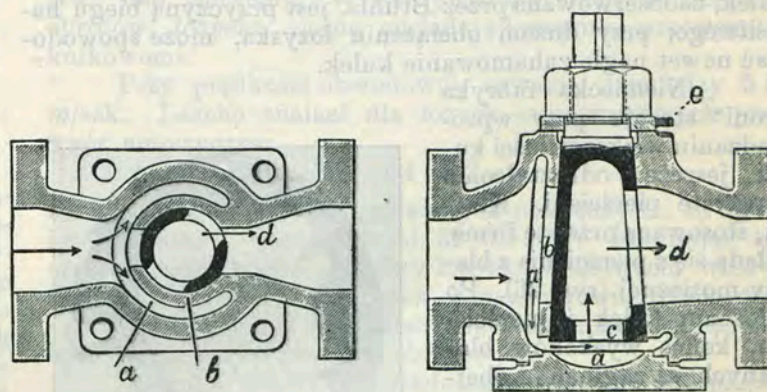
W inny natomiast sposób odbywa się ogrzewanie kurka na rys. 15. Kanał *a* pomiędzy dwiema ściankami kadłuba ogrzewa się nie parą, lecz tą samą gorącą wodą spustową, która przechodzi przez kurek. Jest to znaczne uproszczenie ustroju kurka, gdyż niema w nim żadnych dodatkowych zaworów, rurek i t. p. Gdy kurek jest zamknięty, kanał *a*, jako stale połączony z kotłem, napełniony jest wodą. Chcąc kurek otworzyć, nastawia się go najpierw w po-

łożenie przejściowe (por. przecięcie poziome rys. 15). W położeniu tem, woda przez stożek jeszcze nie przepływa, natomiast w niewielkiej ilości przedostaje się przez kanał *a* pod stożkiem w punkcie *c* (por. przecięcie pionowe rys. 15), następnie przez wydrążony wewnątrz stożek i przez otwór w punkcie *d* (por. przecięcie poziome rys. 15) do rury odpływowej. W ten sposób kanał *a* ogrzewa się, a jednocześnie przedmuchuje się z błota. Przeczekawszy chwilę, przekreślamy stożek dalej, czyli kurek otwieramy całkowicie. Ogrzewanie i przedmuchanie kanału *a* ustaje, a cała woda spustowa przepływa drogą zwyczajną.

Wybór pomiędzy opisanymi powyżej zawieradłami nie jest łatwy, a zdania praktyków w tej sprawie są podzielone. Poza ustrojem zawieradła, dużą rolę odgrywa materiał z jakiego jest wykonany. Bronz i wogóle stopy miedzi nie nadają się do zawieradeł spustowych, gdyż szybko ulegają działaniu wody alkalicznej. Natomiast stal, nikiel zachowują się w tych samych warunkach daleko lepiej. W kotłowniach, czynnych tylko w dzień, gdzie spuszczenie wody odbywa się przy niskim ciśnieniu, mogą być użyte zwyczajne zawory, byleby tylko miały siodła i grzybki niklowe. Dobre działanie zawieradeł w dużej części zależy od obsługi. To samo urządzenie, które przy umiejętnym i ostrożnym obchodzeniu daje wyniki doskonałe, w innych rękach — szybko ulega zepsuciu.

Niedowierzanie zawieradłom spustowym wywołuje przepisy używania dla każdego kotła po dwa zawieradła na raz i prowadzenia od każdego kotła do osadnika oddzielnej rury spustowej (por. *Technik*, t. I, str. 1042).

Z dwóch zawieradeł stale używane jest w tym wypadku tylko jedno (zwykle kurek), gdy drugie (zwykle zawór) służy jako rezerwa na wypadek zacięcia się pierwszego. Bliżej kotła zwykle zakłada się zawór zapasowy. Prowa-



Rys. 15.

dzenie zaś od każdego kotła oddzielnego przewodu ma na widoku zabezpieczenie się od wypadku przedostania się wody spustowej z jednego kotła do drugiego pustego, w którym mógłby znajdować się człowiek zajęty naprawą.

Przepisy te, przestrzegane jeszcze dziś w niektórych okręgach przemysłowych, powinny odnosić się wyłącznie do zwyczajnych zaworów i kurków, lub też do zawieradeł nowych, nie wypróbowanych należycie. Natomiast urządzenia, które przeszły okres próby i wykazały, że nie tracą swej szczelności, nie otwierają się pod wpływem parcia wody od strony odwrotnej i nie zacinają, powinny być zwolnione z tych surowych przepisów.

ŁOŻYSKA KULKOWE.

Opracował H. Mierzejewski, inż. mech.

(Dokończenie do str. 421 w № 33 r. b.).

Budowa łożysk kulkowych. Wprowadzenie kulek pomiędzy pierścienie, zaopatrzone w rowki, stanowi poważną trudność techniczną. Pierwotne rozwiązanie polegało na tem, że pierścień zewnętrzny posiadał otwór zamykany przez śrubkę (rys. 23).

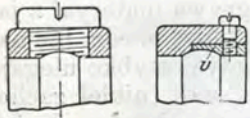
Niedogodności, połączone z tą konstrukcją, były liczne. Pierścień musiał być szeroki, a więc i kosztowny ze względu na materiał stosowany. Rowek nie był jednostajny, po-

siadał nierówności, lub choćby niejednakową twardość. Śruba musiała być zabezpieczana przed odkręcaniem się samoczynnym. Podobne niedogodności posiadała wkładka boczna (rys. 24). Łożyska tego rodzaju cechowała zawsze bieg hałaśliwy i podwyższenie temperatury. W nowszych konstrukcjach wkładki zostały zaniechane najzupełniej.

Półowę, a nawet nieco więcej niż półowę przestrzeni międzypierścieniowej, można wypełnić bezpośrednio kulka-

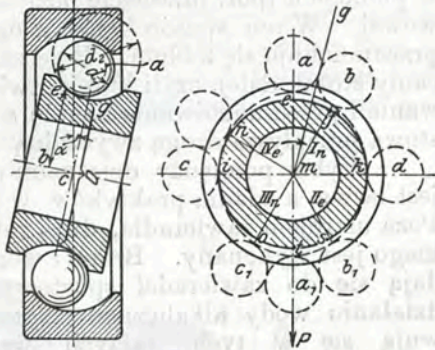
mi, ustawiając pierścień wewnętrzny mimosrodkowo względem zewnętrznego. Rozstawienie symetryczne kulek na obwodzie osiąga się zapomocą umieszczenia ich w specjalnej klatce (Kugelkäfig, cage). Łożysko tego rodzaju wytrzymuje mniejsze obciążenie, niż wypełnione całkowicie przez kulki.

Pomimo pozornych niedogodności, stosowanie klatek w łożyskach kulkowych stało się zasadą obowiązującą.



Rys. 23.

Rys. 24.



Rys. 25.

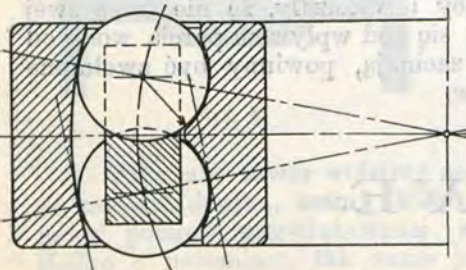
Klatka prowadzi kulki w pasie neutralnym, dotykając ich w punktach o najmniejszej prędkości obwodowej, i uniemożliwia spotkanie się kulek sąsiednich, posiadających przeciwne kierunki prędkości w punktach zetknięcia. Jak wykazały doświadczenia Brühla, spotkanie się kulek wywołuje tworzenie się rysów i rowków na powierzchni kulek.

Przy skrzywieniu wału, wskutek niedokładnego montażu lub siły działającej, kulki rozstawione są (rys. 25) nie na okręgu koła, lecz na obwodzie eliptycznym *e-f-k-s-t-o-i-n*. Kulka *a* posiada prędkość obrotową, odpowiadającą odległości *em*, kulka *b* — odległości *fm*. Kulka *a* dopędza przeto kulkę *b* w ćwiartce I (rys. 25). W ćwiartce drugiej dzieje się odwrotnie, kulka *a*₁ wyprzedza kulkę *b*₁. Gonitwa wzajemna kulek, zaobserwowana przez Brühla, jest przyczyną biegu hałaśliwego; przy dużym obciążeniu łożyska, może spowodować nawet nagłe zahamowanie kulek.

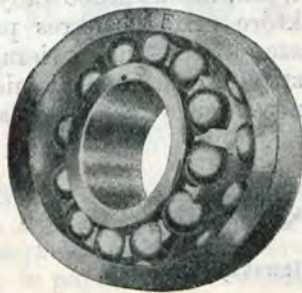
„Niemiecka fabryka broni“ stosuje przy wprowadzaniu większej ilości kulek jeszcze odkształcenie sprężyste pierścieni. Klatka, stosowana przez tę firmę, składa się z pierścienia z blachy mosiężnej (rys. 26). Po założeniu kulek i pierścienia, końce wyskoków blaszanych są zaginane i obejmują wówczas kulki.

Kształt i rodzaj klatek jest obecnie bardzo różnorodny. Każda firma stosuje i reklamuje swoją konstrukcję, nie różniącą się zresztą zasadniczo od innych.

Szwedzka fabryka łożysk kulkowych w Gotenburgu, stosuje pierścień zewnętrzny oszlifowany wewnątrz wzdłuż powierzchni kulistej (rys. 27 i 28). Kulki spoczywają



Rys. 27.

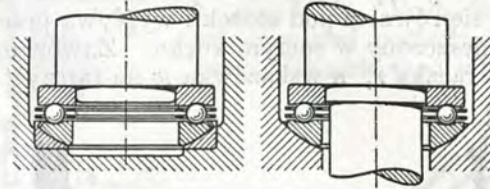


Rys. 28.

w sprężystym pierścieniu brązowym. Przy tej konstrukcji otwory do wprowadzania kulek są zbyt wąskie; klatkę wraz z kulkami można założyć dzięki kołistej powierzchni pierścienia zewnętrznego. Łożyska te posiadają zaletę nastawiania się automatycznego przy skrzywieniach wału; konstrukcja umożliwia wprowadzenie do każdego rzędu kulek w ilości o 50% większej, niż przy innych typach bez

otworów do wprowadzania. Pomimo rowka, odbiegającego od formy teoretycznej, obciążać te łożyska można wysoko.

Ustrój zwykłych łożysk oporowych przedstawia rys. 29. Klatka składa się z dwóch pierścieni blaszanych, zaopatrzonych w otwory na kulki. Pierścień dolny, oszlifowany wzdłuż powierzchni kulistej i opierający się o odpowiednią



Rys. 29.

podkładkę, lub bezpośrednio o wgłębienie piasty, umożliwia równomierne rozłożenie parcia na kulki przy skrzywieniu wału.

Przy parciach obustronnych, fabryka Rheinland stosuje łożysko zajmujące bardzo niewiele miejsca (rys. 30).

Jak omawialiśmy poprzednio, łożyska stożkowe, nieodpowiadające założeniom teoretycznym i praktycznym, wychodzą coraz bardziej z użycia, ustępując miejsca konstrukcyom mieszanym, składającym się z łożysk walcowych i oporowych.

Nowsze doświadczenia Auto-Machinery Co. w Coventry wykazały, że nawet zwykłe łożyska walcowe wytrzymują dosyć silne parcia wzdłuż osi. Normalne łożysko z klatką, 50 × 100 × 20 mm, zawierające 18 kulek 7/16", obliczone na obciążenie 630 kg przy 1000 obr./min., poddane zostało następującym doświadczeniom:

Doświadczenie 1. Parcie wzdłuż osi.

Liczba obrotów wału	1200 obr./min.
Największe obciążenie wzdłuż osi	745 kg
Największa temperatura	62° C.
Czas doświadczenia	9,5 godzin.

Doświadczenie 2. Połączone parcie wzdłuż osi i promienia.

Liczba obrotów wału	1200 obr./min.
Największe obciążenie według promienia	840 kg
Największe obciążenie wzdłuż osi	610 kg
Temperatura	59°
Czas trwania doświadczenia	7 godzin.

Doświadczenie 3. Połączone parcie.

Liczba obrotów	1200 obr./min.
Obciążenie promieniowe (normalne)	630 kg
Obciążenie osiowe	270 kg
Największa temperatura	54°
Czas trwania doświadczenia	89 godzin.

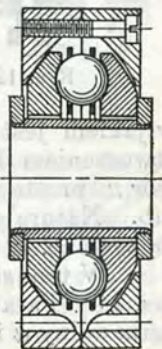
Ostatnie doświadczenie wykazało zryśowanie powierzchni kulek. Przy końcu próby dał się słyszeć szum łożyska. Współczynnik tarcia wzrasta przytem co prawda nie w tym stopniu, co obciążenie. Tak np. łożysko „Niemieckiej fabryki broni“ normalne, walcowe z klatką, zawierającą 8 kulek, obliczone na obciążenie 650 kg, dało następujące wartości współczynnika tarcia:

Obciążenie stałe promieniowe 180 kg. Liczba obrotów 325 obr./min. Temperatura niewiele zmieniona.

Obciążenie osiowe	90	180	270	360	450	540
Współcz. tarcia w %	0,402	0,541	0,687	0,837	1,050	1,191

Przy znaczniejszych obciążeniach mieszanych, stosowanie łożysk walcowych jest niedopuszczalne, i należy używać w tych wypadkach konstrukcyi, stanowiących zespół obu rodzajów łożysk. Rys. 31 przedstawia jedno z wielu rozwiązań tego rodzaju w wykonaniu firmy Schäfer Co. Łożysko zabezpieczone jest starannie od kurzu i posiada urządzenie do oliwienia. Mniej miejsca zajmuje łożysko „Norma“. Pierścień wewnętrzny łożyska walcowego stanowi zarazem oparcie dla kulek łożyska oporowego. Wątpić należy o należytej obróbce tego pierścienia stalowego hartowanego (rys. 32).

Niektóre zastosowania praktyczne skłoniły do wprowadza-

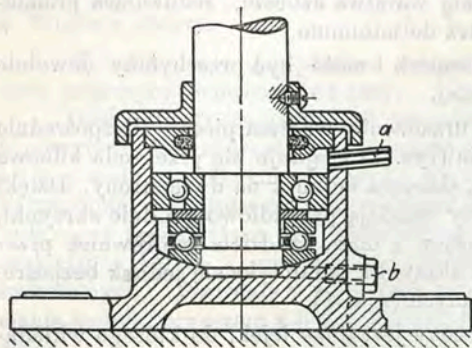


Rys. 30.

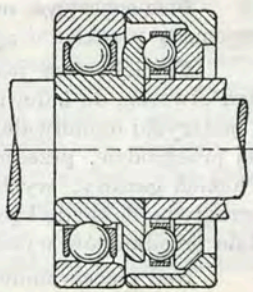
dzenia zmian w konstrukcji łożysk kulkowych. Zwykle zmiany te są natury drugorzędnej. Pomiędzy innymi w ostatnich czasach pojawiło się na rynku handlowym dużo konstrukcji łożysk kulkowych do pędni¹⁾.

Jedną z tych konstrukcji przedstawia rys. 33.

Do umocowywania pierścienia wewnętrznego na wale służy pochwa stożkowa, odpowiadająca wytoczeniu pierście-

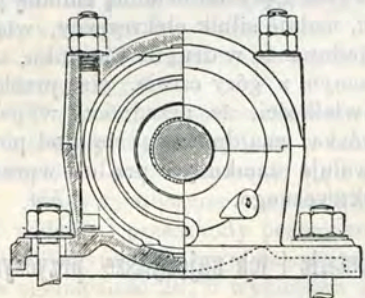


Rys. 31.



Rys. 32.

nia. Skrzywienie wału umożliwia osadzenie łożyska w specjalnej panwi, spoczywającej w półkolistych wydrążeniach kadłuba. Od kurzu łożysko zabezpieczają specjalne uszczelnienia.



Rys. 33.

Inne konstrukcje odróżniają się więcej lub mniej udanym przystosowaniem do celów praktycznych. Główną rolę odgrywa w tym wypadku rozszerzanie się wału pod wpływem zmian temperatury, skrzywienia wału pod działaniem sił, smarowanie, wreszcie możność zamieniania łożysk Sellersa przez kulkowe w istniejących kołach, wieszakach i przystawkach sufitowych, jednym słowem, możność przerabiania instalacji. W konstrukcjach tych forma pierścienia i rowków pozostaje przytem nienaruszona.

Stosowanie praktyczne łożysk kulkowych. Kwestya, gdzie stosować łożyska cierne, a gdzie kulkowe, jest bardzo zawiła, nie dlatego, żebyśmy nie znali dostatecznie tych ostatnich, lecz raczej dla różnorodności łożysk z panewkami bronzowymi, żelaznymi lanymi, smarowanymi zapomocą najrozmaitszych olejów. Pomimo, że łożyska cierne były bez porównania wcześniej znane i stosowane od kulkowych, zasady ich działania pozostawały nieznane do ostatnich czasów. Dopiero postępy w budowie silników elektrycznych, narodziny turbiny parowej i lekkich silników, wywołały żywe zajęcie się kwestyą, czego wyrazem stały się klasyczne doświadczenia Stribeck²⁾ i Lasche³⁾.

Tarcie i niebezpieczeństwo zatarcia łożysk ciernych zależy od odrobienia łożysk, od tarcia ostatecznego w normalnych warunkach ruchu, od rodzaju smaru i temperatury łożyska. Każdy z tych czynników posiada ogromny wpływ na sprawne funkcjonowanie łożyska. Oszlifowanie na miarę czopów, wyrównanie powierzchni panewek, pozostawienie odpowiedniej przestrzeni wolnej na smar, jest w stanie zmniejszyć w szerokiej granicy opór tarcia. Docieranie powierzchni w czasie samego ruchu, zależne jest od doboru materiału twardego czy miękkiego, zgniatanego czy szlifowanego pod działaniem siły i prędkości. Własności smarów, używanych przy łożyskach ciernych, zmieniają się szczególnie przy temperaturach poniżej 40°, co wpływa ogromnie na wartość tarcia, zwłaszcza przy rozruszaniu. Samo dojście

do stanu ustalonego (Beharrungszustand, état de regime) łożyska trwa nieraz bardzo długo, zanim smar stanie się bardziej płynnym pod wpływem wzrastającej temperatury, a obracający się szybko wał nie zdoła porwać za sobą większych ilości smaru i wypełnić nim przestrzeń wolną pomiędzy czopem a panewką. Przy stosowaniu praktycznym łożysk nie należy opierać się na współczynnikach tarcia, podawanych przez rozmaitego rodzaju podręczniki techniczne i uwzględniających zwykle drobną część materiału doświadczonego. Tylko po każdorazowym sumiennym zbadaniu kwestyi, przy gruntownej znajomości zjawisk, zachodzących w łożyskach, konstruktor może się zdecydować na wybór danego łożyska ciernego, kulkowego, czy walcowego.

Dziedziną, nadającą się specjalnie do stosowania łożysk kulkowych, są mechanizmy o ruchu powolnym stosunkowo, i w których zależy przedewszystkiem na przewyżczeniu tarcia w pierwszej chwili przy rozruszaniu zapomocą niewielkiej siły mechanicznej. Jak wykazały doświadczenia prof. Stribeck²⁾ nad łożyskami Sellersa z panewkami żelaznymi lanymi i z bronzowymi „Magnolia“, współczynnik tarcia w pierwszej chwili rozpoczęcia ruchu zbliża się do wartości, otrzymanych w swoim czasie przez Morina i wynosi $\mu_s = 0,14$ i $0,21$ ⁴⁾ (tarcie metalu o metal przy skąpem smarowaniu). W tych samych warunkach łożysko kulkowe posiada współczynnik tarcia $\mu_s = 0,0033$ ⁵⁾. Przy wszelkiego rodzaju tarczach obrotowych, mechanizmach do ruchu ręcznego, podnośnikach, hakach windowych, rowerach, wrotkach i t. p., łożyska kulkowe są niezastąpione.

Łatwość, z jaką dają się obracać ręcznie rozmaite mechanizmy, zaopatrzone w łożyska kulkowe, stała się powodem błędnego, a wielce rozpowszechnionego mniemania, że, gdy idzie o tarcie, łożyska kulkowe mają zawsze pierwszeństwo nad ciernymi. W rzeczywistości, przy wielkiej ilości obrotów, łożyska cierne posiadają bezsporną przewagę nad kulkowymi.

Przy prędkości obwodowej, zawartej pomiędzy 5 i 20 m/sek., Lasche znalazł dla łożysk samosmarowych prosty wzór empiryczny:

$$p \cdot t = 2,$$

stosujący się do ciśnień p , zawartych pomiędzy 1 i 15 kg/cm², i temperatur t w granicy od 30 do 100°. Pomijając kwestyę obciążeń większych przy łożyskach ciernych, wzór Laschego wskazuje, że łożyska samosmarowe przewyższają kulkowe nawet pod względem współczynnika tarcia μ , oczywiście przy ruchu prędkim obrotowym.

Z drugiej strony, doświadczenia Gégauffa nad pierścieniami w maszynach tkackich⁶⁾ wykazały, że przy bardzo dużej ilości obrotów występuje siła odśrodkowa kulek, podnosząca szybko wartość współczynnika tarcia. Stosowanie łożysk kulkowych jest wtedy nieracjonalne, a nawet szkodliwe, gdyż pochłaniają one tyleż pracy co i cierne, wycierają się natomiast prędko i są mniej bezpieczne w razie większych obciążeń.

Pozostaje do rozstrzygnięcia kwestya stosowania łożysk ciernych i kulkowych przy średniej ilości obrotów (200 do 500 obr./min.). Zalety praktyczne, łatwość utrzymania i smarowania, trwałość, wreszcie cena decydują w tym wypadku, obok wartości tarcia. W tej dziedzinie zastosowań przejawia się najwybitniej sugestia reklamowa, wywierana przez fabryki łożysk kulkowych i daje się odczuwać brak doświadczeń miarodajnych. Dotyczy to zwłaszcza łożysk walcowych. O ile bowiem porównywać łożyska oporowe, przewaga w większości wypadków znajduje się po stronie łożysk kulkowych.

Jak o tem mówiliśmy poprzednio, wszystkie kulki w dobrze wykonanym łożysku oporowym obciążone są jednakowo. Łatwość montowania, sprawność działania przy skrzywieniach wału, możność poważnego obciążania, trwałość, zalecają szerokie stosowanie oporowych łożysk kulkowych. łożyska oporowe cierne nie posiadają tych zalet i w tym stopniu, co kulkowe. Co się tyczy łożysk walcowych, to przewaga znajduje się prawdopodobnie po stronie dobrze wykonanych łożysk ciernych, w większości wypadków wątpliwych.

¹⁾ Por. Bauschlicher-Maschinenbau, str. 364, r. 1911.

²⁾ Z. V. D. I. str. 1341 i nast., r. 1902.

³⁾ Tamże, str. 1881 i nast., r. 1902.

⁴⁾ Z. V. D. I., str. 1346 i 1435, r. 1902.

⁵⁾ Tamże, str. 123, r. 1901.

⁶⁾ Gen. Civ., str. 95, r. 1910—I-sze półrocze.