

Sprzęgła

Sprzęgło to mechanizm należący do układu napędowego maszyn. Za pomocą sprzęgła można łączyć wały oraz przenosić moment obrotowy. Moment ten jest przenoszony z wału napędzającego (wał czynny) na wał napędzany (wał bierny) nie wpływając przy tym na kierunek ruchu obrotowego. Ogólnie mówiąc, sprzęgło jest zbudowane z elementu czynnego - zamocowanego na wale napędzającym, biernego - na wale napędzanym oraz elementu łączącego (np. śruby, kołki lub ciecze). Definiując element łączący wskazuje się na metodę przeniesienia momentu obrotowego i zarazem cechuje sprzęgło.

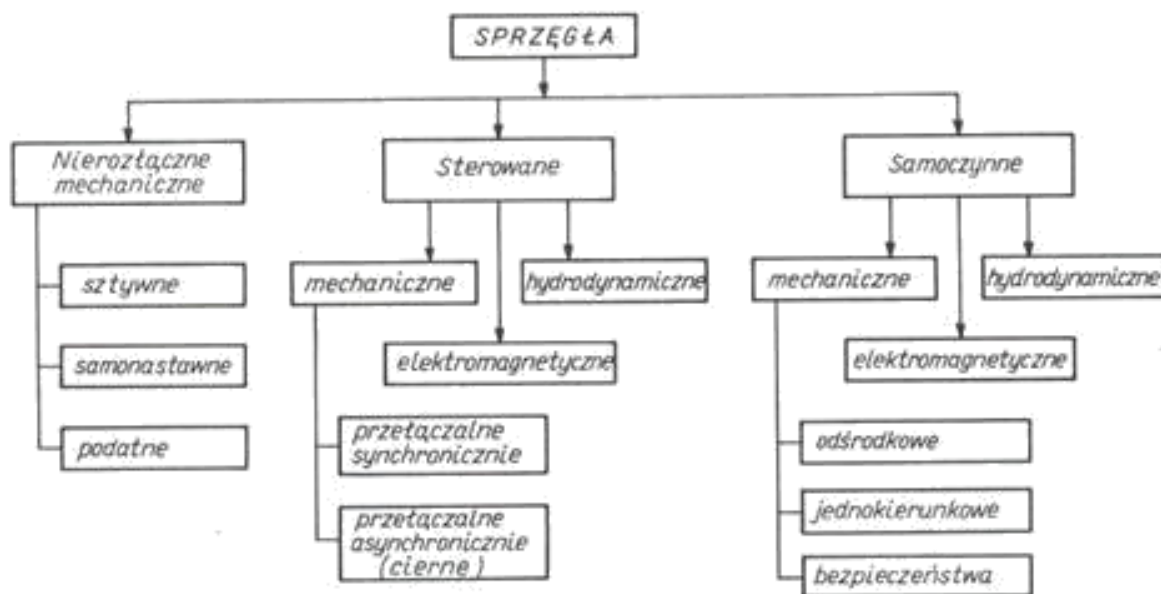
Za pomocą sprzęgła możliwe jest połączenie silnika, układu napędowego oraz elementów wykonawczych wykonanych jako osobne urządzenia. Aby podołać różnym zadaniom stosuje się różne rodzaje sprzęgieł, w niektórych przypadkach brak sprzęgła znacząco utrudniłby lub uniemożliwiłby budowę maszyny.

Sprzęgła sztywne nadają się do zastosowania tylko wtedy gdy istnieje możliwość zagwarantowania współosiowości wałów, tak podczas pracy jak i w czasie składania.

Jeżeli zakłada się, że wystąpią komplikacje podczas montażu, bądź też przemieszczanie się wałów w trakcie pracy (np. na skutek miejscowego wytarcia się panewki łożyska ślizgowego), należy zastosować sprzęgła samonastawne. Zastosowanie tego rodzaju rozwiązania pozwala na eliminację przemieszczania się wałka osiowa, bądź też zniekształcenia wynikłe z rozszerzalności termicznej. Dla wałków, które są ułożone pod ostrym kątem względem siebie, należy zastosować należy dobrać sprzęgło z grupy samonastawnych przegubowych.

W celu ochrony maszyn przed niekorzystnymi warunkami pracy, np. efektem dużego i gwałtownego przeciążenia - m.in. rozruch urządzenia, awaria stosuje się sprzęgła podatne. Ten rodzaj sprzęgieł jest używany również w celu zapobiegania przemieszczenia drgań (np. pojazdy silnikowe). Kiedy podczas pracy maszyny wystąpi znaczne podwyższenie obciążenia do wartości krytycznej, zadaniem sprzęgła jest automatycznie rozłączyć silnik od maszyny. Są to tak zwane sprzęgła bezpieczeństwa. Do popularnych należą sprzęgła z możliwością sterowania, za pomocą których możliwe jest odłączenie wałka napędzanego bez konieczności wyłączenia silnika bądź zmianę prędkości obrotowej. Oprócz wyżej wymienionych rodzajów sprzęgieł istnieje też grupa sprzęgieł funkcjonujących automatycznie, np. podczas zmiany kierunku ruchu obrotowego, bądź przy wzroście momentu obrotowego itp.

Taka krótka charakterystyka sprzęgieł nie oddaje w całości złożoności tego tematu, na bazie tego krótkiego opisu widać, że przy tak zróżnicowanych zadaniach występuje cała gama sprzęgieł. Ich podział jest możliwy ze względu na rozmaite warunki: celu, budowy, metody działania, bądź łącznika pośredniczącego w przeniesieniu momentu obrotowego. Poniżej przedstawiono schemat podziału sprzęgieł



Rys.1. Podział sprzęgieł według cech funkcjonalno-konstrukcyjnych

Ze względu na ilość istniejących rozwiązań konstrukcyjnych jak również na szeroką gamę sposobu podziału jest praktycznie niemożliwa dokładna analiza całego asortymentu. Z tej przyczyny na następnych stronach będą przedstawione wyłącznie sprzęgła mechaniczne, a podziału dokonano na podstawie właściwości użytkowo-konstrukcyjnych, zawartych w normie PN-71/M-85250 (poz.1).

Na przykładowe sprzęgła wybrano takie, które pozwalają na zaznajomienie się z większą częścią problemów stawianych sprzęgłom. Trzeba dodać, że większość istniejących sprzęgieł łączy w sobie kilka cech, które nie pozwalają na jednoznaczne umieszczenie w klasyfikacji (np. sprzęgła cierne tarczowe, ze sprężyną wężycową itp.) Dobierając właściwy rodzaj sprzęgła powinno się bazować na Polskich Normach i katalogach producentów, a decyzję o doborze lub rozwiązaniu konstrukcyjne oprzeć na wcześniejszej wnikliwej analizie właściwości i danych technicznych.

Sprzęgła nierozłączne

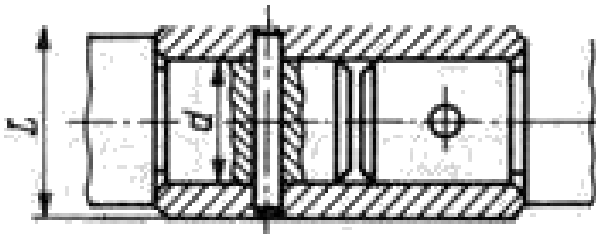
Sprzęgła nierozłączne to takie sprzęgła, które mają na stałe złączone elementy czynny i bierny tzn. podczas pracy mechanizmu nie jest możliwe ich rozłączenie. Są one wykorzystywane w sytuacjach, kiedy rozdzielanie elementów współpracujących jest dokonywane w momencie demontażu urządzenia. Sprzęgła tego rodzaju można podzielić na:

1. sprzęgła sztywne - uniemożliwiają przemieszczenia względne pomiędzy elementami podczas pracy,
2. sprzęgła samonastawne - pozwalają pracującym członom na drobne ruchy,
3. sprzęgła podatne - to takie, gdzie wykorzystano elementy sprężyste jako łącznik.

1. Sprzęgła sztywne.

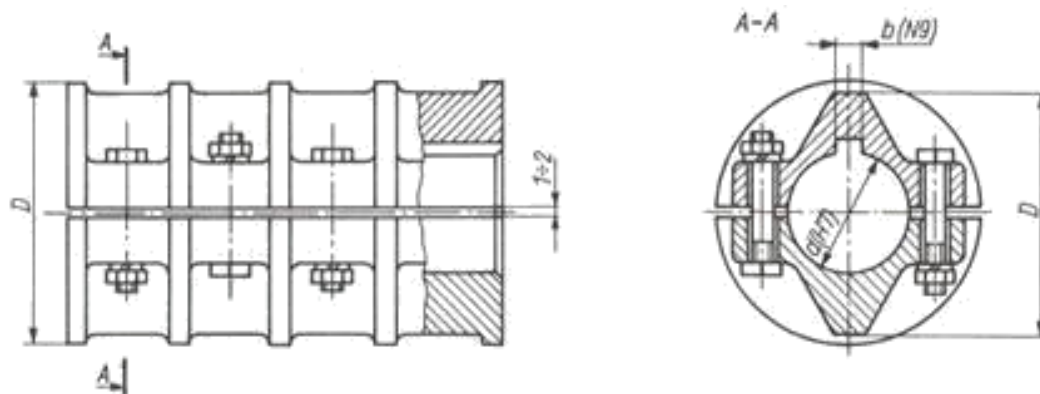
Do tej rodziny sprzęgieł zaliczamy: tulejowe, łubkowe oraz kołnierzowe. Podstawą bezawaryjnej pracy jest zachowana dokładna współosiowość łączonych wałów.

- Sprzęgło tulejowe kołkowe (rys.2) to jedno z najprostszycch sprzęgieł. Moment przenoszony jest z kołka zamocowanego na wale czynnym poprzez tuleję, która łączy oba wały, na kołek zamocowany na wale biernym. Elementami łączącymi mogą być inne elementy np. wpusty czy też kliny. Do łączenia wału i tulei stosowane jest także połączenie skurczowe. Dobór odpowiedniego łącznika jest uzależniony od obciążenia możliwości montażowych itp. Do wad należy zaliczyć konieczność zaprojektowania miejsca do przesunięcia osiowego tulei albo wału przy zakładaniu i demontażu sprzęgła.



Rys.2 Sprzęgło tulejowe kołkowe

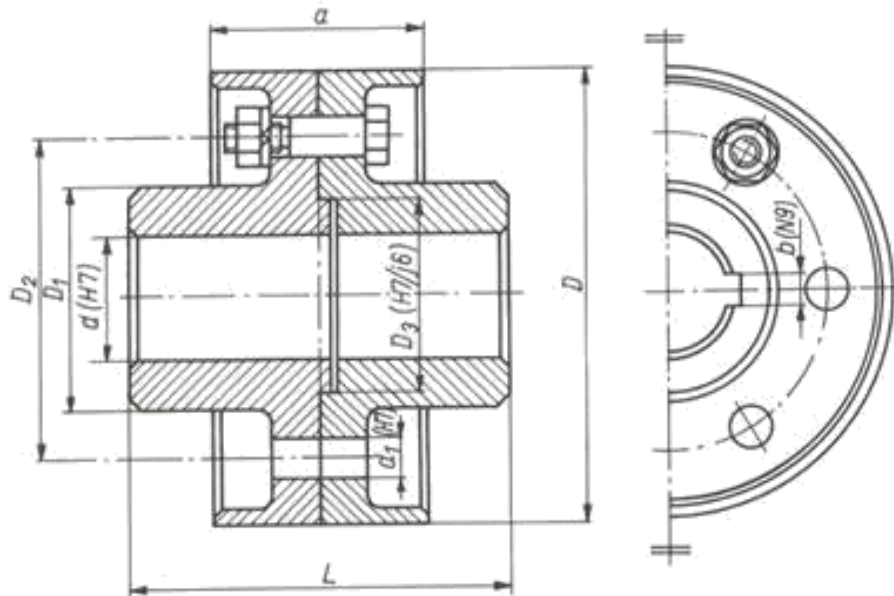
- W skład sprzęgła łubkowego wchodzi dwa elementy zwane łubkami.(rys.3) Części te są mocowane na wałach przy pomocy śrub. Do przenoszenia momentu wykorzystane jest tarcie pomiędzy łubkami a wałami. Otrzymanie właściwego docisku, a przez to siły tarcia, ułatwia szczelina pomiędzy łubkami(zwykle 1-2mm). Wpusty spełniają funkcję pozycjonującą sprzęgło na wale oraz zabezpieczają przed poślizgiem przy chwilowych przeciążeniach (wartością graniczną jest moment ścinający wpust). Polska norma PN-66/M-85253 dotycząca sprzęgieł zawiera dokładne ich wymiary oraz współczynniki. Wg normy sprzęgła tego typu można stosować na wały o średnicach 25 -140 mm przy zakresie przenoszenia maksymalnego momentu odpowiednio 160 -12500 Nm. Materiałem stosowanym na łubki jest zwykle żeliwo ZI 200, rzadziej staliwo. Szacunkowa masa sprzęgła, adekwatna do rozmiarów, powołując się na w/w normę, zawiera się w granicach 3-100kg.



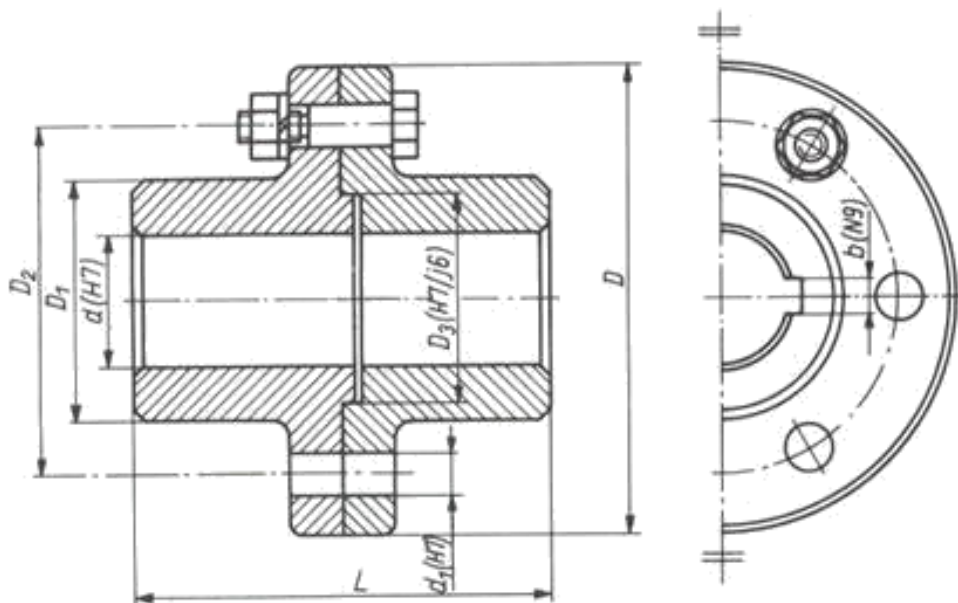
Rys.3. Sprzęgło sztywne łukowe śrubowe

Do zalet tego rozwiązania należy zaliczyć łatwość montażu i demontażu. Wadą są duże gabaryty oraz problem z wyrównowaniem. Wady te eliminują te sprzęgła z zastosowania ich w maszynach szybkoobrotowych.

- Sprzęgła kołnierzone - zbudowane z dwóch tarcz połączonych śrubami, tak jak inne sprzęgła, są znormalizowane. Rodzaje sprzęgieł kołnierzowych przedstawiono na rys. 4 i 5. Tarcze osadzone są na wałach zazwyczaj przy pomocy wpustów. Aby zapewnić współosiowe ustawienie członów (tarcz sprzęgła) wykonywane są wytoczenia, które mają za zadanie środkować na płaszczyznach czołowych. Współczynniki obu typów sprzęgieł są bardzo zbliżone do siebie, zawarte są w normach PN-66/M-85251 (rys.4) i PN-66/M-85252 (rys.5). Przytoczone tutaj sprzęgła stosuje się do połączeń wałów w zakresie średnic 25 - 200 mm oraz w zakresie przenoszonego momentu obrotowego 320Nm - 60kNm. Ich waga waha się w granicach 6 - 250kg. Zgodnie z normą, jeżeli pasowanie pomiędzy śrubami a kołnierzami jest pasowaniem ciasnym to moment obrotowy jest przenoszony przez śruby. W przypadku wystąpienia pasowania luźnego to moment jest przekazywany przez siłę tarcia, jaka została wywołana przy docięnięciu tarcz przez śruby. Warunkiem jest aby siła tarcia była co najmniej równa sile wynikającej z przenoszonego momentu. Przyjmuje się, że moment działa na średnicy osadzenia śrub. W czasie demontowania tarcze sprzęgła wymagają rozsunięcia. Dla ominięcia tej czynności zastępuje się wytoczenia przekładką dwudzielną środkującą. Innym, rzadziej stosowanym rozwiązaniem są kołnierze połączone na stałe z wałami, przy czym połączone może być różnymi metodami: spawaniem, skurczowo, bądź odkute.



Rys.4 Sprzęgło sztywne kołnierzowe z ochronnymi obrzeżami

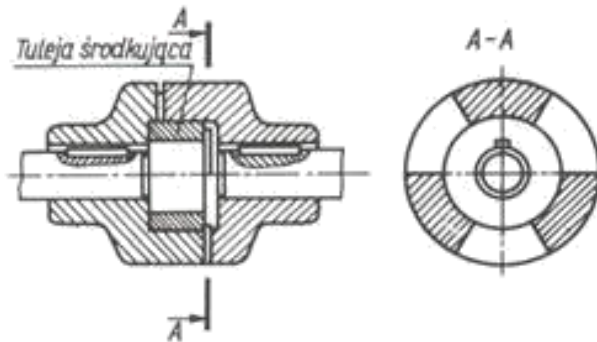


Rys.5. Sprzęgło sztywne kołnierzowe bez ochronnych obrzeży

- **Sprzęgła samonastawne.**

Pozwalają na połączenie elementów i na przekazanie momentu obrotowego w przypadku, kiedy nie jest zachowana współosiowość wałów, bądź przy pracy mogą wystąpić przemieszczenia osiowe jednego z wałów. Przesunięcie osiowe może być wynikiem błędnego montażu jak też zniekształceń podczas pracy (np. ugięcie). Dla uzyskania poprawnych warunków pracy niezbędne jest zaprojektowanie luzu na przesunięcia wałów względem siebie bądź łącznika względem elementów. Ten typ sprzęgieł charakteryzuje się luzem oraz możliwością wystąpienia poślizgu

na pracujących elementach. Z tego powodu nie można stosować ich przy dużych obciążeniach oraz w przypadku, gdy są przewidziane oba kierunki pracy.

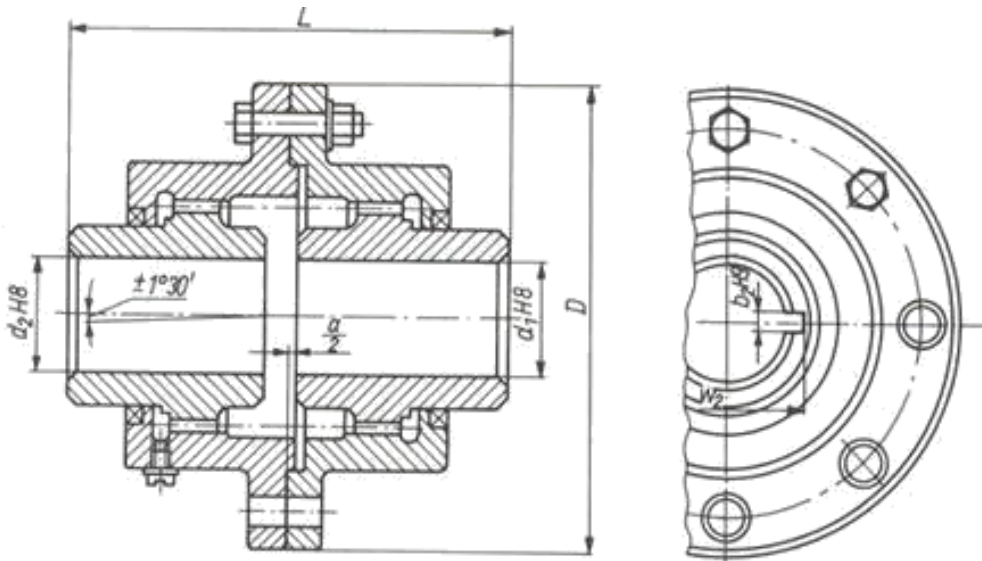


Rys. 6. Sprzęgło kłowe

- **Sprzęgło kłowe** (rys.6) - charakteryzuje je łącznik w postaci kłów na powierzchniach czołowych obu tarcz. Rozmiary oraz ilość kłów jest zaprojektowana mając na uwadze warunki wytrzymałościowe, technologiczne. Występuje możliwość przemieszczenia wzdłużne wałów ograniczone luzem osiowym. Do przemieszczenia dochodzi zazwyczaj w wyniku rozszerzenia cieplnego materiałów umożliwia przesunięcia wzdłużne wałów w granicach luzu osiowego. Przesunięcia tego rodzaju występują najczęściej wskutek wydłużeń cieplnych. Łącznikiem w tym sprzęgle są kły na powierzchniach czołowych obu tarcz. Tuleja środkująca zapewnia centrowanie

- **Sprzęgła zębate** - to sprzęgła o najbardziej wszechstronnym zastosowaniu, przy przemieszczeniach kątowych, osiowych czy poprzecznych jest w stanie przenieść żądany moment. Tarcze z naciętymi zębami, mocowane na wałach, zazębiają się z zębami wewnętrznymi tulei, a obie tuleje są połączone śrubami. Rys 7 przedstawia przykład sprzęgła zębatego dwustronnego. Oprócz dwustronnego mają także zastosowanie sprzęgła zębate jednostronne. Na jednym z wałów jest koło zębate z współpracującą tuleją a na drugim tylko kołnierz połączony śrubami z tuleją. Wszechstronne zastosowanie tego rodzaju sprzęgieł jest uwarunkowane specyficznym kształtem zębów oraz istnieniu luzów międzyzębnych. Dla zębów zewnętrznych stosowane są zęby normalne, dla zębów wewnętrznych zęby niskie o wysokości głowy zęba $h_a = 0,8 m$. Aby poprawnie zastosować sprzęgła zębate (jednostronne bądź dwustronne) należy skorzystać z katalogu producenta. Oba rodzaje mają takie same zastosowanie, średnica wałów waha się w granicach 20 - 280mm a przenoszony moment od 630Nm - 160kNm. Sprzęgła te mogą przenosić duże obciążenia, mogą nawet przy dużych prędkościach obrotowych, odpowiednio dla małych sprzęgieł do 3000obr/min a dla maksymalnych do 500obr/min. Omawiane sprzęgła samonastawne potrzebują

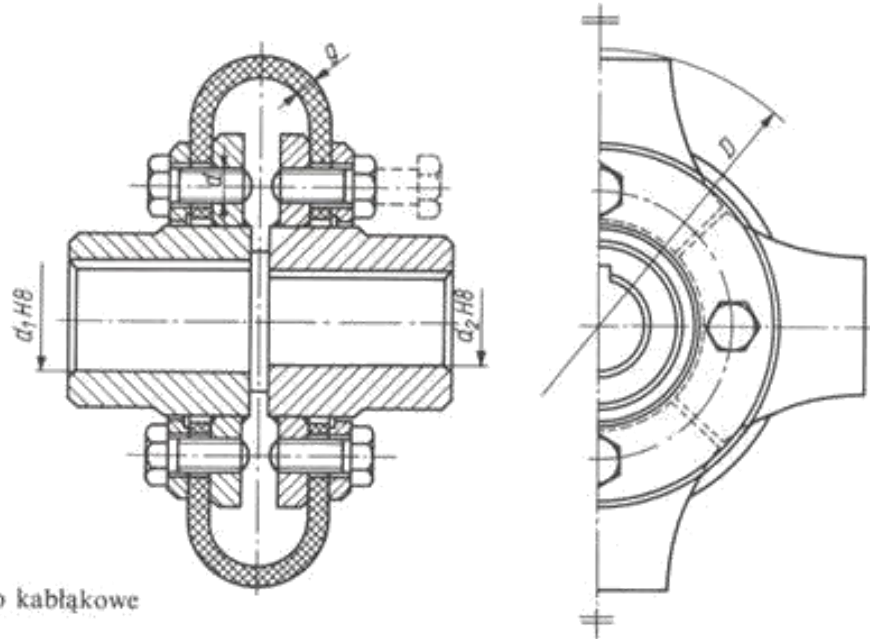
smarowania proporcjonalnego do przenoszonego obciążenia i prędkości obrotowej.



Rys. 7. Sprzęgło zębate dwustronne

- Sprzęgła przegubowe (Cardana) - specyficzna grupa sprzęgieł samonastawnych. Mają zastosowanie do przenoszenia momentu między wałami o kącie pomiędzy osiami osiagającym 40° . Uzyskuje się to przez użycie sztywnego krzyża, z ułożyskowaniem w widełkach, prostopadłych do siebie. Przy zastosowaniu jednego przegubu krzyżakowego wał napędzany uzyskuje zmienną prędkość obrotową co jest dozwolone wyłącznie w zespołach maszyn o podrzędnym znaczeniu. Aby otrzymać jednakowe prędkości obrotowe na obu wałach należy wykonać sprzęgło o dwóch przegubach krzyżakowych z wałkiem pośrednim. Warunkiem poprawnej pracy jest zachowanie tego samego kąta pochylenia oraz położenie widełek wałka pośredniego w jednej płaszczyźnie. Przy takim układzie wał pośredni obraca się ze zmienną prędkością co wywołuje drgania przy większych prędkościach obrotowych. W celu eliminacji tego źródła drgań należy stosować możliwie najkrótszy wałek pośredni. Przy konieczności przesunięcia równoległego któregoś wałka (np. w obrabiarce), wałek pośredni jest dwuczęściowy łączony teleskopowo.
- **Sprzęgła podatne** - Podstawowy element - łącznik wykonany z materiału bądź części, które umożliwią tymczasowy obrót jednego wału względem drugiego. Zastosowanie materiałów podatnych redukuje zagrożenie uszkodzenia napędu wynikające z obciążeń dynamicznych (m.in. przy rozruchu) zmniejszać wibracje, wahania przekazywanego momentu obrotowego itp. Najczęściej stosowanym materiałem na łączniki jest guma, a przy sprzęgłach metalowych wykorzystuje się sprężyny o różnych kształtach

- Sprzęgło kabłąkowe (oponowe) - zbudowane z dwóch tarcz i przymocowanych do nich tulei (rys. 8). Łącznik wykonany z czterech części taśmy gumowej uformowane w kształt kabłąków i przymocowanej śrubami do tarcz. Jako łącznik można zastosować oponę gumową. Średnica takiego sprzęgła mieści się w zakresie 180 - 350mm. Moment maksymalny przez takie sprzęgło to 250-3000Nm - zależne od wielkości sprzęgła.



Rys. 8. Sprzęgło kabłąkowe (oponowe)

- **Sprzęgła wkładkowe tulejkowe** - charakterystyczne dla tych sprzęgieł jest to, że producent podaje wartości charakterystyczne w katalogu. Inna nazwa tych sprzęgieł to sprężyste palcowe. Podczas krótkotrwałego wzrostu momentu wkładki wykonane z gumy ulegają ściśnięciu, przez co redukują konsekwencje przeciążenia. Stosowane do wałów o średnicach pomiędzy 12 a 280mm i do przekazywania momentu obrotowego 55Nm - 80kNm.
- **Sprzęgło podatne z pakietami sprężyn płaskich**, osadzonymi promieniowo - ma duże możliwości tłumienia drgań przy nagłym obciążeniu. Amortyzację przenoszonego momentu obrotowego otrzymuje się m.in. poprzez wybór odpowiednich wycięć, służących jako gniazda sprężyn.
- **Sprzęgło ze sprężyną wężykową**, tzw. sprzęgło Bibby - jedno z częściej stosowanych sprzęgieł. Pomiędzy zębami o charakterystycznym kształcie nawinięta jest sprężyna wężykowa (esowa). Na tarczach sprzęgłowych naprzemianlegle położone są zęby. Cały mechanizm - uzębienie i sprężyna znajduje się w obudowie. Do smarowania sprężyny używany jest smar stały. Sprzęgło, dostosowując się do obciążenia, może zachowywać się jako sprzęgło sztywne, podatne lub

przeciążeniowe (bezpieczeństwa). Oprócz podstawowego zadania sprzęgła podatnego, wpływającego z użycia sprężystego łącznika, to sprzęgło cechuje możliwość jednoczesnego spełniania zadań dla sprzęgieł samonastawnych. Dla przykładu, dla sprzęgła z sprężyną wężycową dopuszczalny przesuw wzdłużny to 4 - 20mm, poprzeczny 0.5 - 3mm a odchylenie kątowe wynosi do 1°.

Jak większość, sprzęgła podatne można dobrać z materiałów zawartych w katalogach producentów oraz na podstawie przenoszonego maksymalnego momentu obrotowego. Dla maszyn, których praca sprzęgła jako źródło drgań, jest bardzo istotna, konieczne jest przeprowadzenie precyzyjnej analizy dynamicznej układu napędowego i dopiero bazując na tych wynikach wybrać właściwe sprzęgło podatne.

- **Sprzęgła sterowane** - to takie, które są wyposażone w mechanizmy pozwalające pracownikowi obsługującego maszynę na połączenie bądź rozłączenie współpracujących elementów sprzęgła. Czynności te mogą być wykonywane na ruchomym albo nieruchomym sprzęgle, trzeba wziąć też pod uwagę to, że na kształt sprzęgła może mieć wpływ kierunek momentu oraz ruchu wirowego przy uruchamianiu jak i wyłączenie, bez lub z obciążeniem.

Sprzęgła sterowane można podzielić na:

- sprzęgła przełączalne s y n c h r o n i c z n i e - charakteryzują się tym, że przełączanie zachodzi tylko wtedy, gdy wały bierny i czynny mają równe albo zbliżone do siebie prędkości kątowe.

- sprzęgła przełączalne a s y n c h r o n i c z n e (cierne) - przenoszą moment obrotowy za pomocą sił tarcia, nie jest to przeszkodą dla przełączania sprzęgła przy różnych prędkościach obrotowych obu wałów.

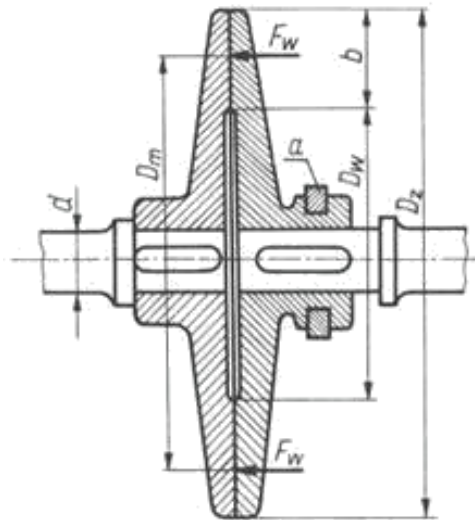
- **Sprzęgła przełączalne synchronicznie** - znane również pod nazwą rozłączalne kształtowe, ze względu na łącznik, którego funkcję spełniają często zęby albo kły.
- Sprzęgła kłowe włączalne - różnią się od sprzęgieł samonastawnych kłowych (rys. 6) zastosowanym mechanizmem, powodującym przesuw wzdłuż osi dla jednej z tarcz i przez to rozłączenie sprzęgła.

Kształt kłów zastosowanych w sprzęgle, usadowionych w czołowych powierzchniach tarcz, zależy od jego zastosowania. Kły pochylone o pewien kąt są łatwiejsze do wykonania, ponieważ daje to miejsce na przejście narzędzia skrawającego bez obawy o uszkodzenie naprzeciwległego kła. W standardowych sprzęgłach kłowych najpopularniejsze są kły trapezowe symetryczne i niesymetryczne oraz kły samoblokujące. W przypadku występowania ruchu dwukierunkowego, stosuje się kły trapezowe symetryczne. Nachylenie kłów pod kątem 3-10° znacznie poprawia włączenie sprzęgła - jest większa szansa na trafienie w lukę. Przy zastosowaniu niewielkiego kąta pochylenia nawet niewielka siła

poosiowa (uruchamiająca sprzęgło) jest wystarczająca do utrzymania kłów w położeniu roboczym. W przypadku kąta pochylenia mniejszego od kąta tarcia w czasie pracy mamy do czynienia z sprzęgłem samohamownym. Kły trapezowe niesymetryczne używa się do pracy jednokierunkowej. Kąt pochylenia to 2-3° oraz kąt β sięgający nawet 60° - ułatwia to włączenie przy pracy maszyny i automatyczne rozłączenie w momencie zmiany kierunku obrotu. Do pracy w obu kierunkach stosuje się kły samoblokujące, aby wyłączyć takie sprzęgło wystarczy rozchylić tarcze na niewielką odległość a nastąpi odrzut kłów.

- Sprzęgło zębate - zbudowane z dwóch tarcz, jedno o uzębieniu zewnętrznym, drugie wewnętrznym, jedna z nich jest przesuwana. Analogicznie, jak w sprzęgłach kłowych, obrabia się zęby aby ułatwić włączenie. Krawędzie zębów mają fazowania lub zaokrąglenia, oprócz tego jest ścinany co drugi ząb tak, by stworzyć szersze luki.
- **Sprzęgła przełączalne asynchronicznie (cierne)** - na tarcze wywierana jest siła dociskająca je do siebie co powoduje powstanie siły tarcia na powierzchniach ciernych, dzięki której jest przenoszony moment obrotowy z wału napędowego na napędzany. Główną zaletą jest to, że można je włączać przy różnych prędkościach wałów, nawet przy nieruchomym wale biernym. Największe zużycie występuje w momencie włączenia. Tarcze sprzęgłowe, do czasu wyrównania obrotów na obu wałach, ślizgają się po sobie, przez co następuje silne nagrzanie i wzajemne zużycie powierzchni ciernych. Aby zminimalizować zużycie należy skrócić czas rozruchu do minimum. Można to uzyskać stosując właściwą konstrukcję sprzęgła, jednak to wprowadza potrzebę stosowania silnika o podwyższonej mocy. W maszynach z dużą bezwładnością mas układu biernego, rozmyślnie wydłuża się okres rozruchu.

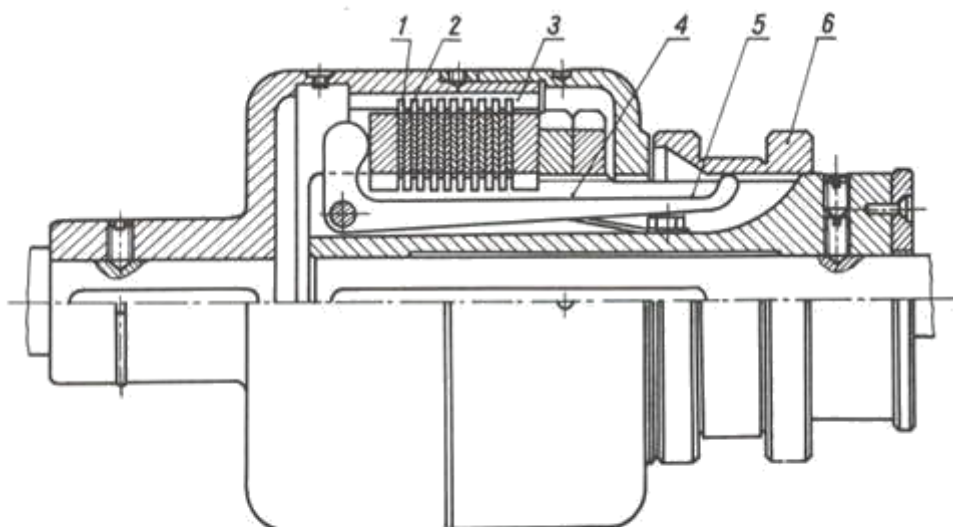
Zasadnicze grupy sprzęgieł ciernych odróżnia kierunek i sposób docisku, a także kształt, liczba i materiał użyty na powierzchni ciernie. Dobór materiału ma ogromne znaczenie na trwałość oraz na możliwości sprzęgła. Od nich wymaga się dużego współczynnika tarcia, dobrej wytrzymałości mechanicznej, szybkiego odprowadzania ciepła, wytrzymałość na zużycie oraz brak tendencji do zacierania się. Głównie wybiera się metale albo materiały o dużym współczynniku tarcia. Metale cechuje wyższa trwałość, materiały specjalne z reguły dość szybko ulegają zużyciu i nie przenoszą dużych nacisków. Sprzęgła cierne są przeznaczone do pracy na sucha jak i ze smarowaniem powierzchni ciernych. Przez smarowanie wydłuża się czas eksploatacji sprzęgła kosztem obniżenia współczynnika tarcia. Pozwala także na użycie większych nacisków i odbiera część energii cieplnej. Podczas doboru sprzęgła należy mieć na uwadze w jakich warunkach sprzęgło będzie pracować i jakie mają być okresy pomiędzy jego naprawami.



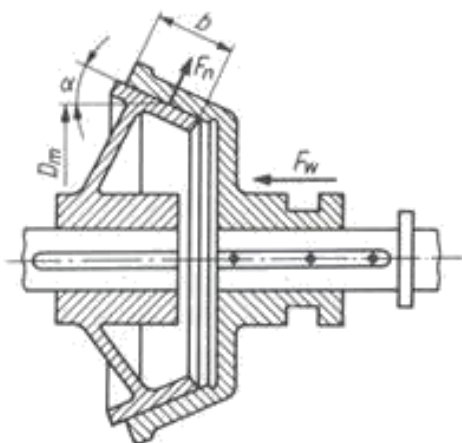
Rys.9. Sprzęgło cierne tarczowe

Sprzęgło tarczowe (rys.9) należy do najmniej skomplikowanych. Zbudowane z dwóch tarcz - jedna na stałe umocowana na wałku, druga ma możliwość przesuwu wzdłużnego. Przez dociśnięcie tarczy przesuwnej stałą siłą F_w do tarczy stałej następuje przeniesienie momentu obrotowego. W trosce o żywotność sprzęgła należy dbać by maksymalny moment obrotowy, jaki przenosi sprzęgło był mniejszy niż moment tarcia uzyskanego od siły dociskowej F_w ($M_T \geq M_{max} = KM$).

- **Sprzęgło cierne wielopłytkowe** (rys.10) - to zwielokrotnione sprzęgło tarczowe. Do dwóch tulei: zewnętrznej i wewnętrznej są naprzemiennie mocowane płytki cierne (np. 1 i 3 w zewnętrznej, 2 i 4 w wewnętrznej itd.). Osadzenie płytek na wypustkach w tulejach powoduje, że obracać mogą się tylko z daną tuleją, lecz mogą przesuwać się wzdłuż tulei bez przeszkód. Każda z tulei połączona jest z innym wałem. Sprzęgło rozpoczyna pracę w chwili przesunięcia nasuwy 6, która poprzez dźwignię 5 dociska zestaw płytek (sprzęgło włączone przedstawia rys.10).



Rys. 10. Sprzęgło cierne wielopłytkowe
 1, 2 — płytki cierne, 3 — tuleja zewnętrzna, 4 — tuleja wewnętrzna, 5 — dźwignia, 6 — nasuwa



Rys. 11. Sprzęgło cierne stożkowe

- Sprzęgło cierne stożkowe - powierzchnie współpracujące są wykonane w kształcie stożka (rys.11). Analogicznie jak w innych sprzęgłach sterowanych, jedna tarcza na stałe zamocowana na wale a druga, osadzona zwykle na wpuście, ma możliwość przesuwu wzdłużnego. Do zalet tego rozwiązania należy zaliczyć zastosowanie dużo mniejszej siły włączającej F_w i otrzymanie siły tarcia takiej samej jak w sprzęgłach tarczowych.

- **Mechanizmy przełączania sprzęgieł.** Aby sprzęgła sterowane mogły pracować zgodnie ze swoim przeznaczeniem, konieczne jest stosowanie odpowiednich mechanizmów pozwalających na połączenie i rozłączenie elementów ciernych. Mechanizmy te, mają też za zadanie wywierać siłę docisku F_w gwarantującą przekazanie momentu obrotowego z wału czynnego na bierny.

Jednym z prostszych mechanizmów, używanych do współpracy ze sprzęgłami jest pokazany na rys.12. Kamienie obrotowe (2) są połączone

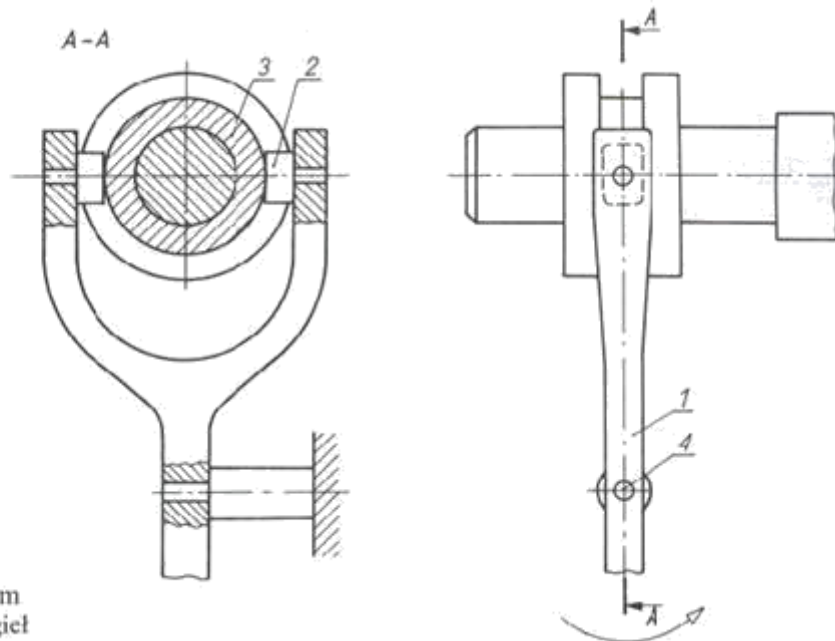
z dźwignią (1) w kształcie widełek. Kamienie (2) poruszają się w szczelinie nasuwy (3). Następstwem przesunięcia dźwigni w prawo (zgodnie ze strzałką na rysunku) jest przemieszczenie nasuwy w lewo, wzdłuż wałka i odwrotnie. Dla żądanego niewielkiego ruchu wzdłużnego nasuwy, ruchome umocowanie kamieni w widełkach dźwigni zapewnia równoległe usytuowanie płaszczyzn kamieni względem szczeliny nasuwy w całym zakresie ruchu. Spotyka się różne rozwiązania przemieszczania nasuw, na przedstawionym rys. 10 jest nasuwa przesuwana bezpośrednio wzdłuż wałka, inne to przesuwanie wzdłuż tulei umieszczonej na wale.

Warunki sprawnego przełączania mechanizmów:

- 1) załączanie i rozłączanie sprzęgła a także pokonać związane z tym opory,
- 2) uniemożliwić samoczynne włączenie i rozłączenie sprzęgła (nasuwa w krańcowych pozycjach powinna być wolna od sił zewnętrznych, należy zapewnić samohamowność mechanizmowi),
- 3) zapewnienie równomiernego nacisku podczas pracy sprzęgła oraz utrzymywać prawie jednakową siłę dociskową powierzchni ciernych,
- 4) umożliwienie wyregulowania siły docisku w miarę powiększania luzów spowodowanych eksploatacją powierzchni roboczych sprzęgła i elementów mechanizmu.

Warunek 1 i 2 jest spełniony w mechanizmach przełączeniowych w sprzęgłach synchronicznych (kłowych i zębatych), z tego powodu, gdyż pomiędzy elementami kształtowymi istnieje nacisk bezpośredni, uzależniony od poprawności zrobionych części sprzęgła, z kolei mechanizm przełączeniowy nie powoduje nacisku i nie bierze udziału w dociskaniu.

Mechaniczne oddziaływanie na sprzęgła cierne narzuca konieczność zastosowania układu dźwigni, przegubów itp., które razem tworzą przekładnię siły o stosownym przełożeniu. Funkcjonowanie takiej przekładni polega na zwiększeniu siły ręki (przeciętna siła wytworzona przez rękę to 50-100N) do takiego stopnia, by umożliwiło to wytworzenie należytej siły docisku powierzchni ciernych.



Rys. 12. Mechanizm przełączania sprzęgieł

Sprzęgła samoczynne - Ten rodzaj sprzęgieł umożliwia połączenie albo rozłączenie elementów układu napędowego bez ingerencji pracownika, tylko w wyniku zmiany stałych parametrów pracy. Do najpowszechniej stosowanych sposobów jest wykorzystanie sił bezwładności (przede wszystkim siły odśrodkowej), zmiana kierunku ruchu wirowego lub zmiana przenoszonego momentu obrotowego.

Sprzęgła samoczynne można podzielić na:

- odśrodkowe - siła odśrodkowa powoduje włączenie albo rozłączenie elementów współpracujących sprzęgła,
- jednokierunkowe - przenosi moment obrotowy wyłącznie w jednym kierunku, rozłącza się w momencie zmiany kierunku ruchu obrotowego,
- bezpieczeństwa - rozłącza w chwili uzyskania większego momentu obrotowego od założonego.
- **Sprzęgła odśrodkowe** - znalazły zastosowanie w większości przypadków w formie sprzęgieł rozruchowych, Ułatwiają rozruch silnika brakiem początkowego obciążenia, który pracuje na wysokich prędkościach. Bezwładność masy elementów biernych w pierwszych chwilach rozruchu jest przyczyną poślizgów pomiędzy powierzchniami ciernymi i w momencie uzyskania przez elementy bierne właściwej prędkości obrotowej następuje przekazanie żądanego momentu obrotowego. W tego rodzaju sprzęgłach stosuje się wiele kształtów segmentów i różnorakie konstrukcje reszty elementów.
- **Sprzęgła jednokierunkowe** - przenoszą moment obrotowy wyłącznie w jednym kierunku, pracują w wyniku działania siły

obwodowej jako siły nacisku lub siły tarcia. Powszechnie stosowane to sprzęgła zapadkowe i sprzęgła cierne.

- **Sprzęgło zapadkowe** - koło zębate jest umieszczone na jednej części (np. czynnej), a zapadki na części współpracującej. Zęby koła zębatego są niesymetryczne, mają różne kąty pochylenia boków. W czasie ruchu w jedną stronę zapadki opierają się o zęby przenosząc moment obrotowy, natomiast w kierunku odwrotnym zapadki ślizgają się po zębach. W zależności od konstrukcji sprzęgła koło użębione i zapadki są przytwierdzone wewnątrz bądź zewnątrz tarczy, a ilość zapadek waha się w granicach 1 - 4.
- **Sprzęgła cierne** - wykorzystują siłę tarcia do przenoszenia momentu obrotowego. Podczas ruchu obrotowego w jedną stronę wałki zaciskają się pomiędzy tarczą kształtową a pierścieniem. Zaciśnięcie ułatwiają sprężynki dociskające. W czasie zmiany kierunku obrotów wałeczki przewyciężają siłę sprężynek i nie przenosząc momentu obrotowego luźno leżą pomiędzy tarczą a pierścieniem.
- **Sprzęgła bezpieczeństwa** - to odrębna, trzecia grupa sprzęgieł samoczynnych. Mają za zadanie automatycznie odciąć człon napędzający od napędzanego w momencie wystąpienia momentu obrotowego większego od założonego.

Rozróżnia się dwa podstawowe typy sprzęgieł bezpieczeństwa:

- z łącznikiem ulegającym zniszczeniu
- z łącznikiem trwałym
- Jedno ze sprzęgieł z łącznikiem podlegającym zniszczeniu to sprzęgło sztywne tulejowe kołkowe (rys.2). Konstrukcyjnie się nie różnią od siebie, Różnica polega na zastosowaniu kołków o mniejszej średnicy lub zrobionego z materiału o mniejszej wytrzymałości. Kołki po wystąpieniu momentu większego od obliczonego zostaną zniszczone.

- Rys. 13 przedstawia schematycznie ideę działania sprzęgieł bezpieczeństwa z łącznikiem trwałym. Obliczony moment obrotowy jest przekazywany w wyniku działania siły docisku pomiędzy wałeczkami usadowionymi we wgłębieniach obu pierścieni (czynnego i biernego). W chwili osiągnięcia wyższego momentu od obliczonego, sprężynki poddają się sile nacisku na wałeczki i dochodzi do przesunięcia na sąsiednie położenie. Gabaryty sprzęgła należy odpowiednio dobrać. Przesunięcie na inne położenie (przejście pomiędzy następnymi wałeczkami członu współpracującego) ma wystąpić przy oporze tak ustawionym, żeby sprzęgło rozłączało się na moment pod odpowiednią wartością momentu obrotowego i połączyło się po zmniejszeniu obciążenia.

Rys.13. Sprzęgło bez-
pieczeństwa z łącznikiem
trwałym

