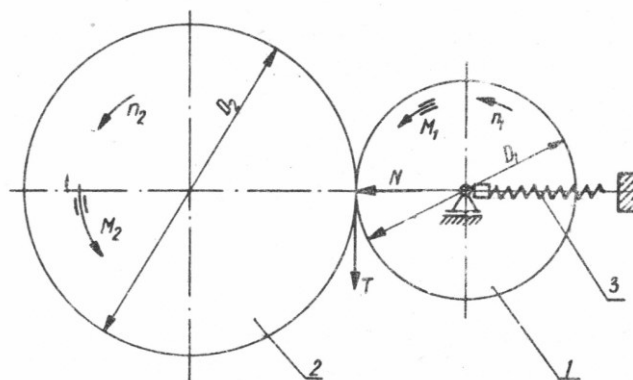


Rozdział 6

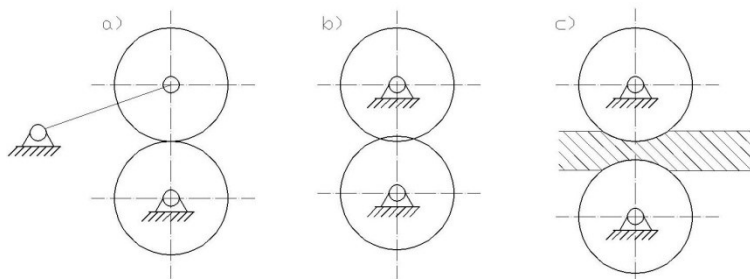
Przekładnie cierne

Przekładnią cierną nazywa się taką, w której siła jest przekazywana między elementami ruchowymi dzięki sile tarcia, bez elementu pośredniego (jak np. pasek w przekładni cięgnowej). Potrzebny jest więc wzajemny docisk tych elementów. Siła docisku może być wytwarzana przez specjalną sprężynę (jak na rys. 6.1), albo przez siłę grawitacji (Rys. 6.2a)¹, lub jest siłą sprężystości współpracujących elementów (rys. 6.2b lub 6.2c). W tym ostatnim przypadku odległość między osiami obrotu kół jest stała, ustalona podczas montażu, ale przynajmniej jeden element musi mieć mały współczynnik sprężystości. Docisk uzyskuje się to przez wstępne odkształcenie elementu, tzn. przybliżenie kół podczas montażu.



Rys. 6.1. Schemat przekładni ciernej

¹ Wprawdzie konstrukcja jest wtedy prostsza, ale urządzenie nie działa poprawnie w innym położeniu



Rys. 6.2. Sposoby wytwarzania docisku kół

Obydwa elementy mogą być obrotowe (jak na rys. 6.1) lub jeden może wykonywać ruch liniowy a drugi obrotowy (jak np. w podajniku papieru drukarki (rys. 6.4).

Główne właściwości przekładni ciernych

Zalety przekładni ciernych (w porównaniu do zębatych) są następujące.

- Przekładnia pełni dodatkową rolę 'bezpiecznika' czyli sprzęgła przeciążeniowego w napędzie: po przekroczeniu wartości maksymalnej dla danej przekładni następuje pełny poślizg²;
- Prostota konstrukcji, zatem mały koszt wykonania;
- Brak luzów w przekładni;
- Izolacja dynamiczna przy gwałtownej zmianie momentu obciążenia (uderzeniowa zmiana momentu jednego koła nie powoduje gwałtownej zmiany przyspieszenia drugiego koła);
- Bardzo łatwa realizacja konstrukcyjna, szczególnie tych przekładni które zamieniają ruch obrotowy na liniowy i *vice versa*;
- Bardzo łatwa realizacja konstrukcyjna przekładni o nastawialnym przełożeniu (rys. 6.7).

Niedostatki przekładni ciernych są następujące.

- Mała sprawność,

² Chroni w ten sposób inne elementy mechanizmu przed zniszczeniem w przypadku zablokowania napędu; jednak długotrwały pełny poślizg staje się źródłem ciepła i w skrajnym przypadku może spowodować pożar instalacji

- Możliwość niekontrolowanych poślizgów, gdy moment chwilowo przekroczy dopuszczalną wartość, co spowoduje utratę jednoznaczności jednoznaczności charakterystyki statycznej (patrz rys. 1.1).

Te dwie wady powodują, że przekładnie cierne nie są stosowane w torach pomiarowych.

Oto dalsze wady:

- Ograniczona prędkość;
- Niewielka moc w stosunku do objętości przekładni;
- Konieczność wytworzenia stałego docisku kół;
- Znaczne obciążenie łożysk kół;
- Możliwa samoistna zmiana docisku przy zmianie temperatury;

Przełożenie

Schemat przekładni ciernej pokazano na rys. 1. Załóżmy, że koła współpracują bez poślizgu, zatem ich prędkość obwodowa jest jednakowa. Zatem:

$$2 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot \frac{D_1}{2} = 2 \cdot \pi \cdot n_2 \cdot \frac{D_2}{2} \quad (6.1)$$

gdzie n jest prędkością obrotową w *obr/min* a D jest średnicą koła. Jeśli napędowym (czynnym) jest koło 1, natomiast napędzanym (biernym) jest koło 2, wówczas przełożenie przekładni jest:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (6.2)$$

przy założeniu, że **stosunek** promieni odkształconych kół w miejscu styku jest taki sam jak stosunek promieni kół nieodkształconych. To założenie jest dopuszczalne jeśli moduły sprężystości E materiałów kół są zbliżone.

Przenoszenie sił i momentów

Zbadajmy, jaki maksymalny moment może przenieść przekładnia cierna. Koło napędowe przekazuje moment dzięki sile tarcia T (rys. 1). Aby wywołać tarcie potrzebna jest siła normalna N , czyli siła docisku kół. Największa wartość siły tarcia może być wyznaczona z ogólnego uproszczonego wzoru:

$$T_{max} = \mu \cdot N$$

gdzie μ jest współczynnikiem tarcia³ a N jest siłą docisku. Zatem maksymalny moment napędowy jest:

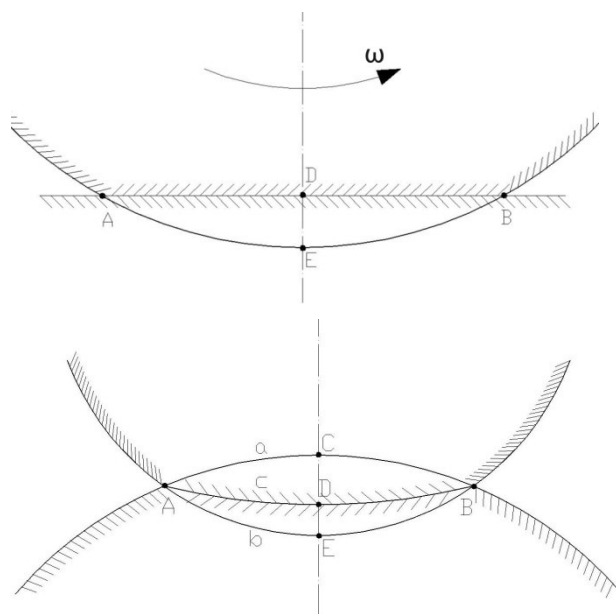
$$(M_1)_{max} = \frac{D_1}{2} \cdot T = \frac{D_1}{2} \cdot \mu \cdot N \quad (6.3)$$

W rzeczywistości ten moment będzie zależny także od dokładności wykonania kół, od czystości powierzchni, temperatury i in.

Po przekroczeniu tej wartości zaczyna się pełny poślizg przekładni.

Mikropoślizg w przekładni ciernej

Teraz uzasadnimy, że nawet przy **braku** pełnego poślizgu (tzn. gdy przenoszony moment jest mniejszy od maksymalnego), jeśli koła są różne to występują niewielkie poślizgi (można je określić *mikropoślizgami*) między kołami.



Rys. 6.3. Mikropoślizg w przekładni ciernej : a) przypadek nieodkształcalnego podłoża, b) przypadek ogólniejszy: podłoże odkształcalne

Dla łatwiejszego zrozumienia tego zjawiska

rozważmy proces toczenia się odkształcającej się opony samochodowej po nieodkształcalnym podłożu. Na rysunku 3a pokazano profil opony przed odkształceniem AEB oraz po odkształceniu ADB. Koło obraca się w lewo, początek zetknięcia jest w punkcie A. Ponieważ łuk AE jest **dłuższy** niż odcinek AD, zatem na odcinku AD powierzchnia opony musi się skrócić i w rezultacie następuje mikropoślizg między oponą i nieodkształcalnym podłożem. Na odcinku

³ Uproszczenie polega na tym, że przyjmuje się że μ zależy tylko od materiałów, a nie zależy od temperatury, pola powierzchni trących gładkości itd.

DB powierzchnia opony rozkurcza się, aby w punkcie B osiągnąć pierwotną długość, zatem następuje mikropoślizg w przeciwnym kierunku. Codzienne doświadczenie potwierdza to zjawisko: opony się ścierają mimo łagodnej jazdy samochodu (bez 'pisku' opon).

Na rysunku 6.3 (dolny) pokazano ogólniejszy przypadek, gdy obydwa współpracujące elementy odkształcają się: łuk a obrazuje nieodkształcone koło dolne, łuk b obrazuje nieodkształcone koło górne, łuk c obrazuje rzeczywisty wspólny profil kół odkształconych. Analogicznie do poprzedniego przypadku, łuki AC i AE mają różną długość w związku z tym musi dojść do mikropoślizgów.

Mikropoślizg powoduje ścieranie bieżni kół. Widowym znakiem tego procesu jest gładka błyszcząca powierzchnia bieżni przekładni ciernych, a także ich zużycie.

Sprawność

Siła tarcia $T = P \cdot \mu$ w miejscu poślizgu pomnożona przez poślizg s daje pracę tarcia, a pomnożona przez prędkość poślizgu $v = ds/dt$ daje strumień energii tarcia, czyli moc rozpraszana N_t .

Drugą przyczyną rozpraszania energii jest *tarcie wewnętrzne* w materiałach odkształcających się elementów konstrukcyjnych. Rozważmy pracę siły tarcia T na elementarnej długości dl łuku ADB. Nacisk $P(l) = p(l) \cdot b \cdot dl$, gdzie b jest szerokością koła, p jest lokalną wartością ciśnienia;

zatem siła tarcia $T(l) = \mu \cdot P(l)$, a elementarna moc tarcia:

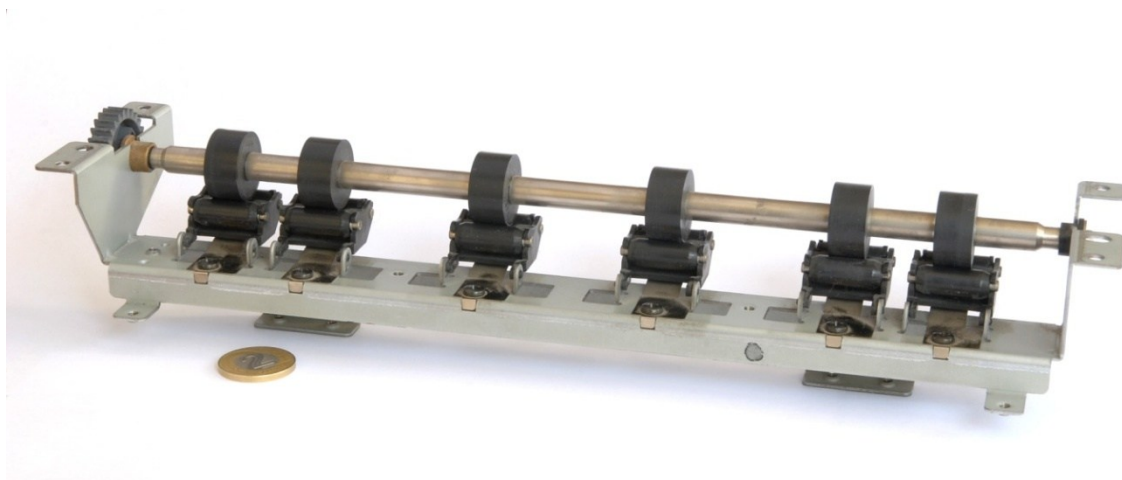
$$dN(l) = T(l) \cdot v(l) \quad (6.4)$$

Zatem moc tarcia N_t na całym łuku ADB będzie:

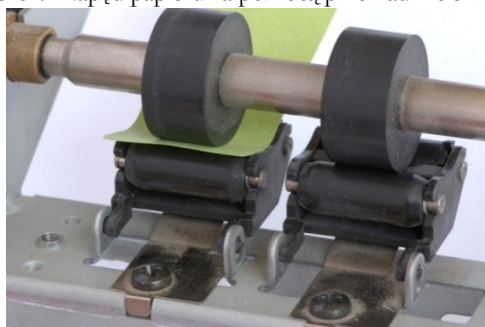
$$N_t = \int_A^B dN = \int_A^B T(l) \cdot v(l) = \int_A^B \mu \cdot p(l) \cdot b \cdot v(l) \cdot dl \quad (6.5)$$

Zastosowania przekładni ciernych

Powszechność stosowania przekładni ciernych w mechatronice (z wyjątkiem torów pomiarowych) wynika z zalet wymienionych powyżej.



Rys. 6.4. Napęd papieru za pomocą przekładni ciernej



Najczęściej są to przekładnie pomocnicze. Służą jako tanie urządzenia wykonawcze. Typowym zastosowaniem jest zamiana ruchu obrotowego silniczka elektrycznego na ruch posuwisty, np. w podajnikach, w zrobotyzowanych liniach produkcyjnych, w liniach transportowych itp. Bardzo popularne do realizacji podajników

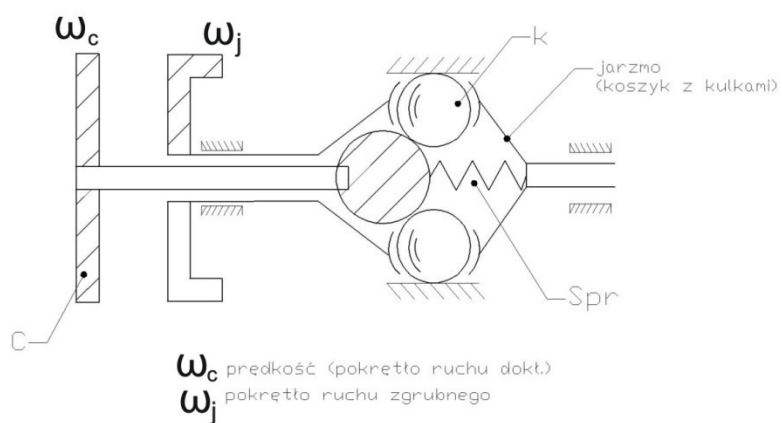
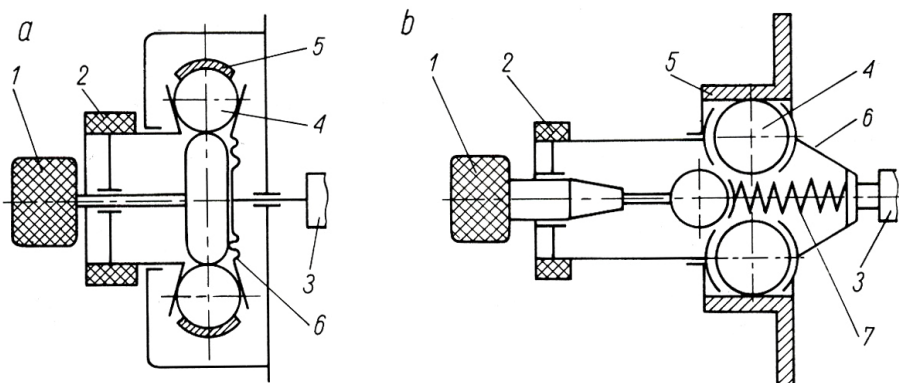
plyt, taśm, folii itp., w pakowaniu, do przesuwania butelek i innych przedmiotów.

Spektakularnym przykładem przekładni ciernej o masowym zastosowaniu jest tocząca się opona samochodu po jezdni.

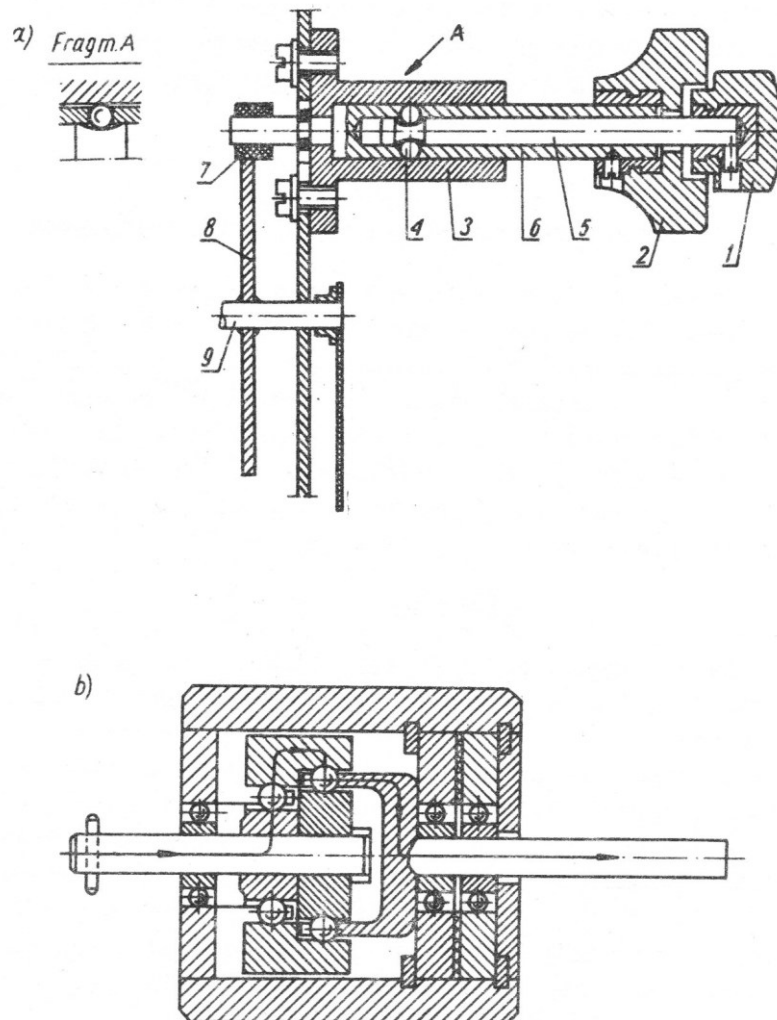
W napędach pomocniczych o niewielkiej mocy wykorzystuje się także przekładnie obiegowe zrealizowane na kołach ciernych. Na rys. 6.5 pokazano przykład ręcznego napędu strojenia kondensatora obrotowego: ω_c jest prędkością ruchu dokładnego do przestawiania precyzyjnego, ω_j jest prędkością ruchu zgrubnego do przestawiania szybkiego. kulki są satelitami, osadzonymi w koszyczku w jarzmie. Gdy pokrętko nie jest wciśnięte, sprężynka rozłącza połączenie cierne i aktywne jest pokrętko ruchu zgrubnego.

Jeśli potrzebne jest duże lub bardzo duże przełożenie – przekładnia może być zrealizowana jako przekładnia planetarne (obiegowa); przykłady pokazano na rys. 6.5 i 6.6. Takim przypadkiem jest napęd w przenośnym urządzeniu, gdy butla ze sprężonym powietrzem wykorzystana jest jako zasobnik energii, wówczas szybko-

obrotowa turbinka o małym momencie wytwarza energię mechaniczną a przekładnia cierna o dużym przełożeniu zamienia na duży moment.

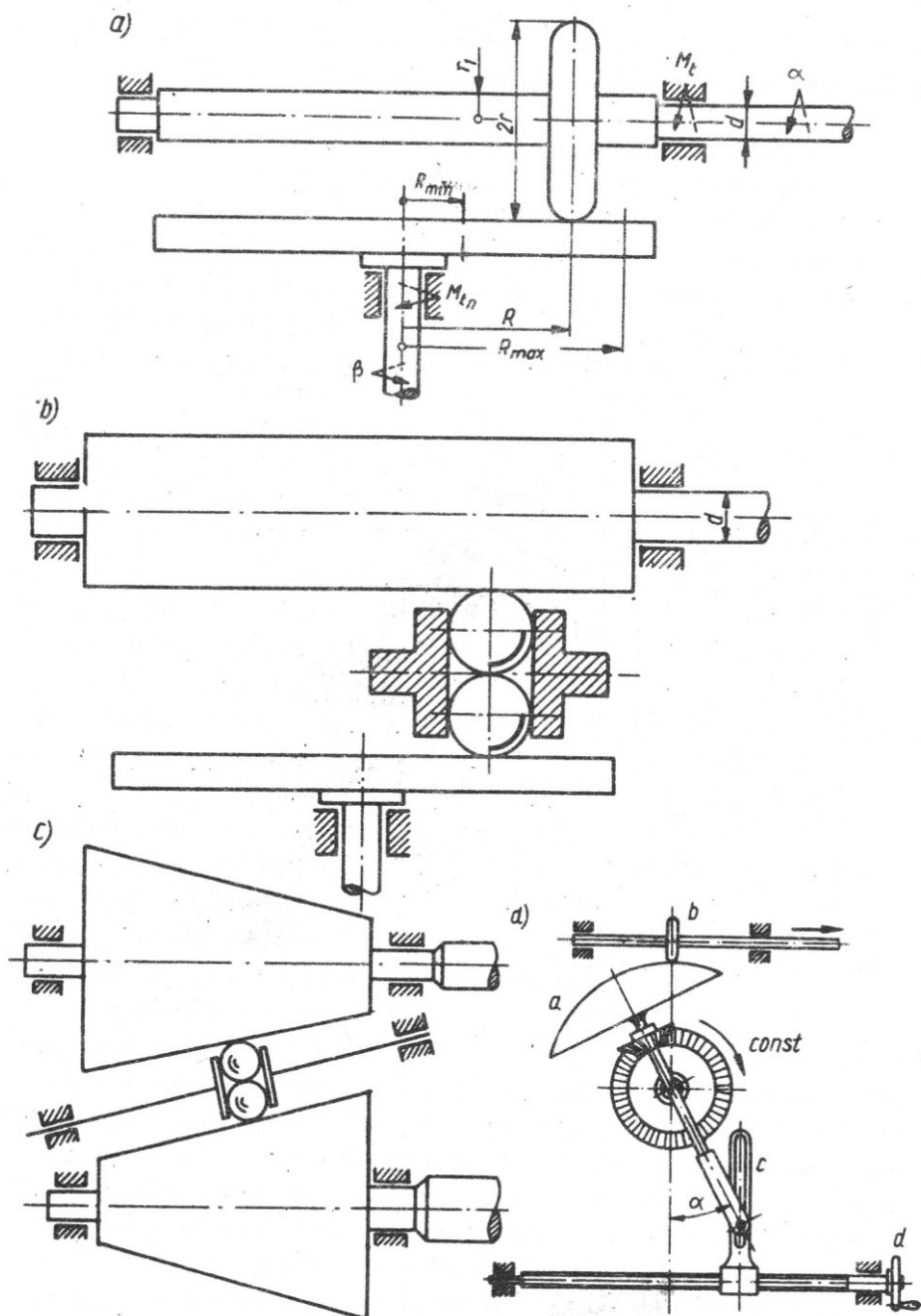


Rys. 6.5 Przykłady przekładni obiegowych zrealizowanych jako przekładnie cierne: tzw. precyzery do zgrubnego (pokręto 2) lub dokładnego (pokręto 1) nastawiania wałka 3, 5 – nieruchomy pierścień, 6 – element sprężynujący dociskający kulki w koszyczku, 7 – sprężyna wycofująca pokręto



Rys. 6.6. Przykłady ciernej przekładni obiegowej: a) nastawcza, b) miniaturowa napędowa o bardzo dużym przełożeniu

Przekładnie cierne chętnie wykorzystuje się także jako łatwe w realizacji i tanie przekładnie o nastawialnym przełożeniu (rys. 6.7).



Rys. 6.7. Przykłady przekładni ciernych o nastawialnym przełożeniu

Literatura

[Tryliński] Tryliński W.: Drobne Mechanizmy i Przyrządy Precyzyjne. WNT Warszawa 1978

[Poradnik] Oleksiuk W. (red): Konstrukcja przyrządów i urządzeń precyzyjnych. WNT Warszawa 1996

[Osiński] Osiński Z. (red): Podstawy Konstrukcji Maszyn. PWN W-wa 1999

[Hildebrandt] Hildebrandt S.: Feinmechanische Bauelemente. VEB Verlag Technik Berlin 1967

[Tarnowski] Tarnowski W.: Technika Drobnych Konstrukcji. Wydawn. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1977