

Śruba dźwigowa

Śruba, jaka jest – każdy widzi, a zwłaszcza inżynier mechanik. I nie mówimy tu o śrubach złącznych, które są czymś absolutnie podstawowym, ale o mechanizmie śruba–nakrętka, zwanym też przekładnią śrubową, a niekiedy mechanizmem przemieszczania. Mechanizm przemieszczania śruba–nakrętka jest jednym z najstarszych i najpopularniejszych mechanizmów w technice. Używany w obrabiarkach, np. tokarkach i szlifierkach, jako śruba pociągowa, we frezarkach bramowych do przemieszczania wrzecienników, jako siłownik elektromechaniczny do zamykania i otwierania zasuw, czy w dźwignicach do przemieszczania różnych zespołów technicznych lub towarów. Znany od zarania dziejów przeszedł wielką ewolucję.

Aleksander Łukomski

Pierwowzorem śruby była tzw. śruba Archimedeśa, nie będąca elementem złącznym, a urządzeniem do podnoszenia poziomu wody. Najprawdopodobniej Archimedes (ok. 287-212 r. p.n.e.) nie wymyślił jej sam, ale opisał istniejący już przyrząd, który mógł być skonstruowany przez starożytnych Egipcjan i służył do nawadniania gruntów położonych w pobliżu Nilu. Później wspominał o niej Archytas z Tarentu (ok. 428-350 r. p.n.e), filozof i matematyk, a Pliniusz (ok. 61-113 r. n.e.) opisał drewnianą śrubę używaną w procesie produkcji wina i tłoczenia oliwy z oliwek.

Pierwsze niedrewniane śruby wykonywano przez nawijanie drutu na okrągły pręt. Nakrętki wykonywano z miękkich metali np. miedzi, zakuwając je na tak przygotowanym pręcie. Były to bardzo prymitywne i niepowtarzalne detale. Jednak dopiero Anglik Whitworth, który był mechanikiem i inżynierem, około 1852 roku zainteresował się masową produkcją broni gwintowanej i to dzięki temu mamy znormalizowane gwinty, a i prawdopodobnie wszelką inną unifikację i normalizację. Od tego czasu, nawet w tak prostej zdawałoby się maszynie, jak śruba, nastąpił niebywały rozwój, zarówno w konstrukcji, jak i technologii wykonania.

Śruba będąca maszyną prostą jest równia pochyłą nawiniętą na walec. Stosowane są różne kształty i rodzaje gwintów. Poza gwintem Whitworth'a, gwinty metryczne, drobnozwojne, samohamowne,

bezluzowe, trapezowe symetryczne i niesymetryczne, walcowe, stożkowe, rurowe i okrągłe (kulowe). Gwinty mogą być prawe, lewe, jednokrotne i wielokrotne. Pod względem wykonania mogą być śruby toczone, frezowane, szlifowane i walcowane. Są też różne modyfikacje gwintów i inne jeszcze specjalne metody ich wykonania. Warto tu wspomnieć o śrubie rzymskiej, która nie tylko wykorzystywana jest w budownictwie do napinania różnego rodzaju stężeń, ale też w mechanice w mechanizmach samocentrujących. W śrubie rzymskiej zastosowany jest mechanizm gwintowy sumowy. Może być też mechanizm różnicowy, który stosuje się np. przy precyzyjnych lub bardzo precyzyjnych przesuwach osiowych. Są też śruby toczne tworzące mechanizmy śrubowo-toczne lub śrubowo-planetarne, ale w dźwignicach raczej niestosowane, gdyż nie są samohamowne.

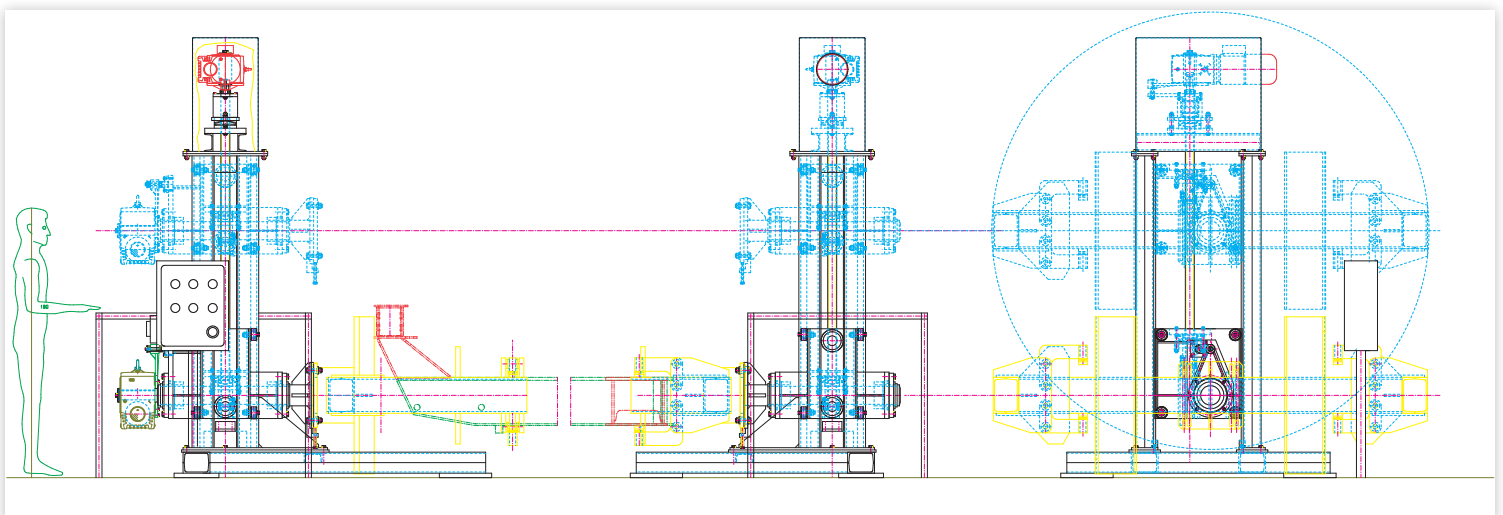
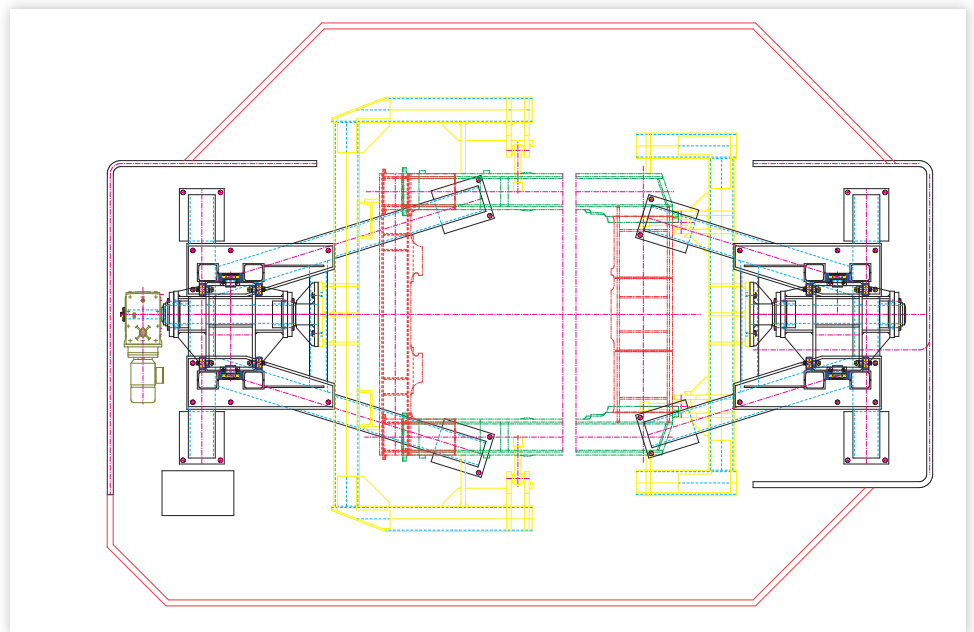
Śruby pociągowe (dźwigowe) stalowe przeważnie wykonywane są z gwintem trapezowym i często są szlifowane na specjalnych szlifierkach do gwintów np. Matrix. Nakrętka wykonywana jest wtedy najczęściej z brązu, gdyż szybciej się zużywa od śruby, ale jest łatwiejsza i tańsza do wykonania, a także do wymiany. Szlifowanie gwintów przedłuża czas pracy nakrętki, a jeszcze lepsze rezultaty można uzyskać przy śrubach walcowanych. Gwint w dźwignicach powinien spełniać warunek samohamowności, ze względów bezpieczeństwa. Gdy kąt

wzniosu gwintu śruby jest mniejszy od kąta tarcia przekładnia śrubowa staje się samohamowna, co jest pożądane w niektórych konstrukcjach np. podnośnikach. Nie wymaga wtedy dodatkowych hamulców.

Z długoletnich doświadczeń stosowania przekładni śrubowej w pozycjonerach spawalniczych wynika, że ten mechanizm niezbyt nadawał się do tych celów. Stosowano śruby o różnych gwintach trapezowych i też metrycznych, i o dużych średnicach np. M120 przy klasycznym montowaniu śruby na obu końcach. Nakrętki i śruby szybko się zużywały powodując stany awaryjne i duże perturbacje w produkcji. Próbowano więc rozwiązań innych, jak na przykład siłowniki hydrauliczne. Ale i tu były pewne problemy, zwłaszcza z synchronizacją podnoszenia w obu kolumnach i to mimo stosowania specjalnych rozwiązań w układach hydraulicznych. Poza tym było to rozwiązanie droższe i wymagało większej kultury technicznej w utrzymaniu ruchu, o co nie zawsze jest łatwo w spawalniach. Zastosowanie opisanej przekładni śrubowej umożliwiło wreszcie w miarę optymalnie rozwiązać problem podnoszenia i opuszczania w pozycjonerach spawalniczych i znacznie zmniejszyć

zużycie nakrętki i śruby, oraz zapobiec nagłym awariom.

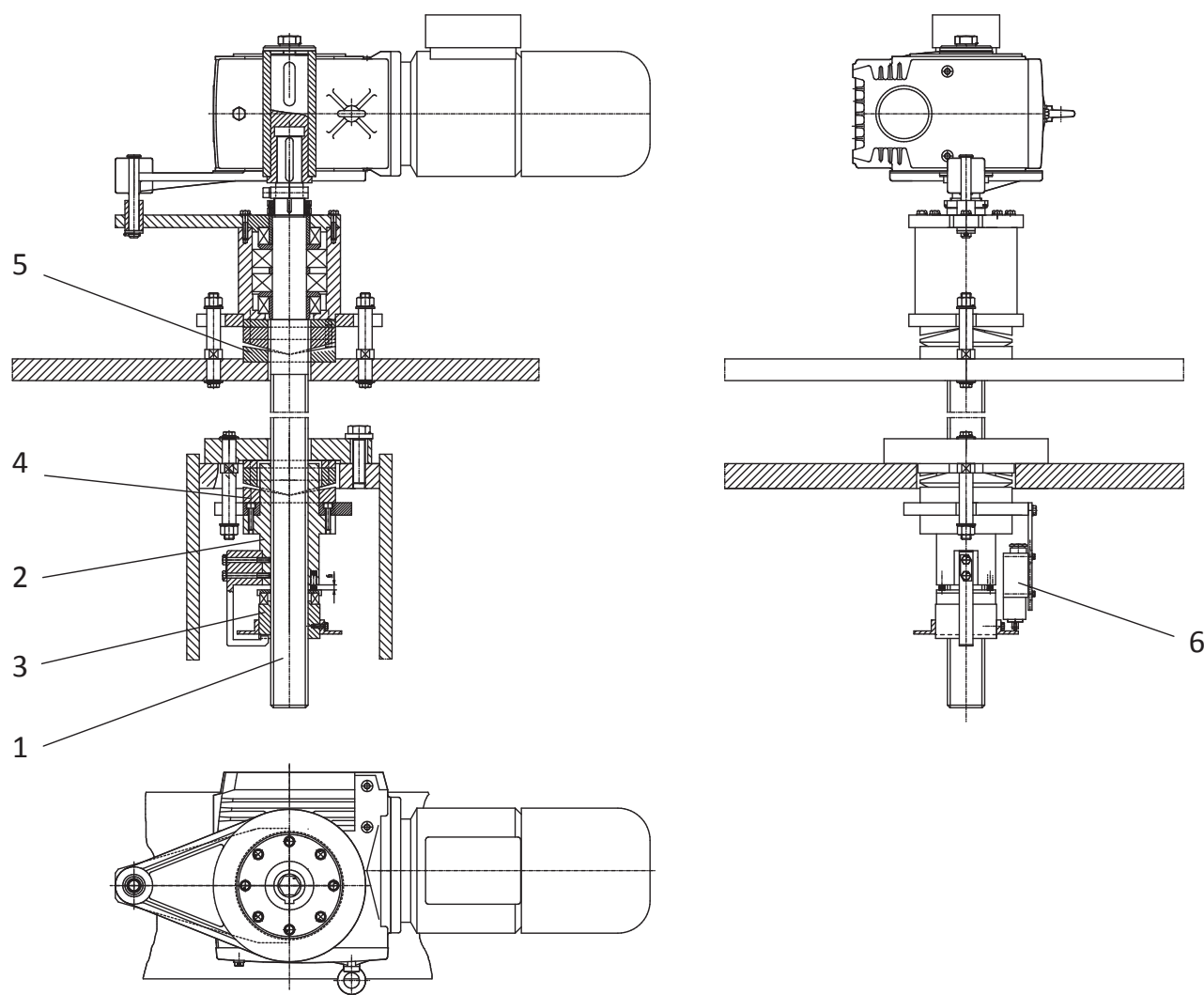
Przedstawiony w artykule mechanizm przemieszczania (przekładnia śrubowa) zastosowano w dużym i ciężkim pozycjonerze spawalniczym dwukolumnowym służącym do wypawiania ramy wózka wagonowego, po wcześniejszym montażu spawalniczym tej ramy w przyrządzie stacjonarnym. Wykonuje on obrót ramy o 360° i podnoszenie o 1100 mm, co umożliwia ustawienie ramy w dogodnej pozycji spawania. Rozwiązanie jest skumulowanym doświadczeniem zebranych z doświadczeń w produkcji obrabiarek i dźwignic. Zawiera dwa ciekawe zespoły, które mają wpływ na



Rys. 1 Pozycjoner spawalniczy wraz ze spawanym korpusem

szybkość zużycia nakrętki oraz kontrolę tego zużycia. Na ogół, w większości rozwiązań, śruba zamocowana i łożyskowana jest na obu końcach. Jednak w mechanizmie śruba-nakrętka (przekładnia śrubowa) spośród wielu czynników, które wpływają na szybkość zużycia nakrętki, duże znaczenie ma sztywność układu. Zastosowano tu przegubowe zamontowanie śruby do korpusu, ale też przegubowo zamontowano nakrętkę, co tworzy podwójny przegub. Zamocowanie – zawieszenie śruby tylko na jednym końcu, i do tego przegubowo, powoduje, że mechanizm działa w taki sposób, aby podczas przemieszczania się obciążonej nakrętki śruba była tylko rozciągana (co jest korzystniejsze) ale też

i dopasowywała się automatycznie do przemieszczającej się nakrętki, niwelując w ten sposób obciążenia boczne wynikające z niedokładności wykonania, jak również wiotkości tego układu. Nakrętka też przegubowo zamocowana powoduje, że dostosowuje się ona podczas przemieszczania do gwintu śruby. W mechanizmie tym zastosowano jeszcze inne rozwiązanie – podwójnej nakrętki, w którym druga nakrętka kontroluje zużycie nakrętki głównej. Pozycjoner przedstawiony jest na fotografii 1 i rysunku 1. Opisywany mechanizm został stworzony i po raz pierwszy zastosowany w fabryce obrabiarek W-4 w zakładach H. Cegielski. Zastosowano to rozwiązanie w wiertarce promieniowej do



Rys. 2 Mechanizm śruby dźwigowej: 1 – śruba Tr 60x8, 2 – nakrętka nośna, 3 – nakrętka bezpieczeństwa, 4 – pakiet podkładek wahliwych dolnych, 5 – pakiet podkładek wahliwych górnych, 6 – mikrołącznik zużycia nakrętki;

podnoszenia belki poprzecznej wraz z wrzeciennikiem. W pozycjonerze spawalniczym zastosowanie tego mechanizmu również przyniosło wiele korzyści, takich jak poprawa bezpieczeństwa i wydłużenie czasu pracy nakrętki. Wymiana nakrętki jest uciążliwa i powoduje dłuższy postój maszyny.

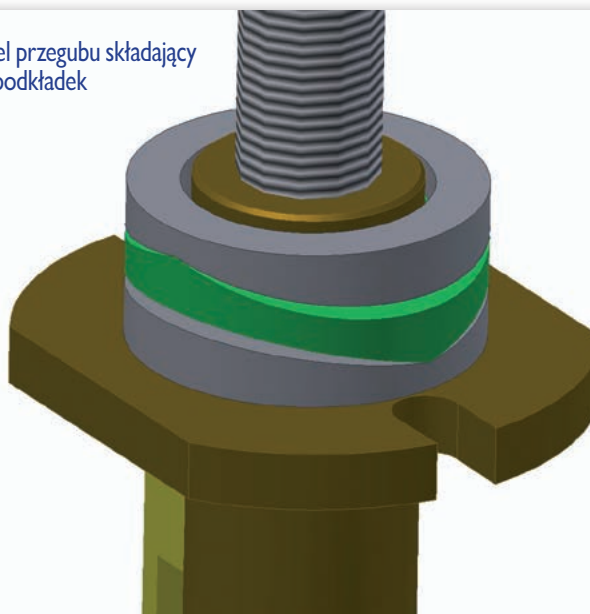
Mechanizm – przekładnia śrubowa pokazany jest na rysunku 2. Zamontowany został w każdej kolumnie pozycjonera, a praca śrub dźwigowych została zsynchronizowana na drodze elektronicznej.

Podstawowymi elementami mechanizmu są: motoreduktor ślimakowy, śruba dźwigowa z gwintem trapezowym, nakrętka nośna i nakrętka

bezpieczeństwa, oraz dwa przeguby składające się z pakietu trzech odpowiednio ukształtowanych podkładek każdy.

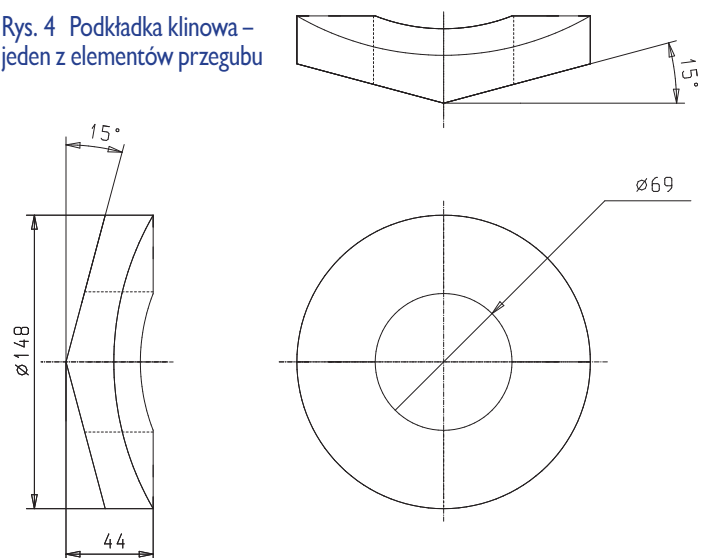
Obsada z łożyskowaniem śruby dźwigowej osadzona jest na górnej płycie kolumny, a między płytą

Rys. 3 Model przegubu składający się z trzech podkładek



Fot. 1 Duży pozycjoner spawalniczy wykonujący obrót i podnoszenie za pomocą śruby dźwigowej. Na fotografii – bez zespołu spawanego.

Rys. 4 Podkładka klinowa – jeden z elementów przegubu



i obsadą znajduje się pakiet daszkowych podkładek (pozycja 5 na rysunku). Pakiet trzech podkładek tworzy przegub dzięki temu, że opierają się wzajemnie krawędziami daszków, a krawędzie te ustawione są wzajemnie prostopadle. Pakiet podkładek spełnia funkcję podobną do sprzęgła Cardana. Motoreduktor ślimakowy osadzony jest bezpośrednio na śrubie dźwigowej, a moment obrotowy ramienia reakcyjnego przenosi sworzeń zamocowany do obsady z łożyskami śruby. Nakrętka nośna osadzona w suporcie opiera się na takim samym pakiecie podkładek, jak śruba dźwigowa. Te dwa przeguby powodują, że nierównomierność przemieszczania suportu w kolumnie i niewspółosiowość ruchu nie wpływają podczas pracy na gwint śruby dźwigowej i nakrętki nośnej. Są one odciążone od innych sił niż tylko siły osiowe.

Typowym zjawiskiem w śrubowych mechanizmach obciążonych dużą siłą osiową jest zużywanie gwintu nakrętki i niekiedy zerwanie gwintu, co skutkuje nagłym opadnięciem suportu. Zabezpieczeniem jest dodatkowa nakrętka, zwana nakrętką bezpieczeństwa (pozycja 3), która w czasie normalnej pracy, przytrzymywana zabierakiem, nie wykonuje obrotu i nie przenosi siły osiowej. Jednak nakrętka bezpieczeństwa w przypadku zużycia i zerwania się głównej nakrętki nośnej przeniesie całe obciążenie. Oprze się, przez wbudowane łożysko osiowe, o nakrętkę nośną i wyzębi się z zabieraka. Będzie wówczas obracać się razem ze śrubą, nie powodując jednak przemieszczania suportu. Stan ten sygnalizowany jest na pulpicie,

dzięki zamontowanemu łącznikowi krańcowemu przy nakrętce bezpieczeństwa. Swobodny koniec śruby wykonuje podczas pracy ruchy, niekiedy dość duże. Są one jednak niegroźne i pokazują wyraźnie co udało się wyeliminować.

Równomierność pracy obu śrub w dwóch kolumnach, a więc synchronizacja podnoszenia, jest zrealizowana na drodze sterowania elektrycznego. Sterowanie to nie dopuszcza do przekroczenia różnicy podczas podnoszenia pomiędzy obiema śrubami większej jak 40 mm. Kiedyś, w dawniejszych rozwiązaniach, stosowano do napędu równomiernego podnoszenia w dwóch lub czterech kolumnach (np. podnośnik samochodowy) przekładnie łańcuchowe zamontowane w specjalnej osłonie tuż nad posadzką. Jednak nie było to dobre rozwiązanie. Innym wyjściem były napędy tzw. parowane, gdzie producent napędów, na drodze selekcji i zawężania tolerancji, dobierał dwa napędy o bardzo zbliżonych parametrach i taki komplet dostarczał. Tego typu rozwiązania z synchronizowanymi napędami możliwe są i obecnie, chociaż jako znacznie bardziej zaawansowane technicznie, o większej precyzji, są jednak dużo droższe. Dzisiaj w budowie dźwignic typu pozycjoner spawalniczy w zasadzie stosuje się stosunkowo proste synchronizowanie napędów na drodze elektronicznej.

Opisany mechanizm zastosowano w obrabiarkach i dużych pozycjonerach spawalniczych. Jednak nie ogranicza się tylko do tych maszyn. Może być z powodzeniem stosowany także w innych jeszcze maszynach – wszędzie tam, gdzie potrzebna jest przekładnia śrubowa, zwłaszcza przy większych i cięższych rozwiązaniach. Przekładnie śrubowe stosowane są w technice często w różnych branżach, w dźwignicach, także do dźwigników osobowych i ciężkich wind towarowych. Możliwe że i tam można zastosować podobne rozwiązania, mimo że urządzenia te mają trochę inne układy kinematyczne niż opisany w artykule, i wymagałyby twórczego podejścia konstruktora dla ich zastosowania.

Aleksander Łukomski