

Maszyny i urządzenia do obróbki plastycznej

Podręczniki – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 LUBLIN

Janusz Tomczak
Jarosław Bartnicki

Maszyny i urządzenia do obróbki plastycznej



Politechnika Lubelska
Lublin 2012

Recenzent:

dr hab. inż. Andrzej Gontarz, prof. Politechniki Lubelskiej

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2012

ISBN: 978-83-62596-70-6

Wydawca: Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej

Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej

ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin

tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl

www.biblioteka.pollub.pl

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak

www.agencjatop.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 100 egz.

Spis treści

1. Wstęp	9
2. Klasyfikacja maszyn do plastycznego kształtowania metali	11
3. Prasy mechaniczne	17
3.1. Podstawowe wielkości charakterystyczne prasy mechaniczne	19
3.2. Układy napędowe suwaków pras mechanicznych	20
3.3. Nacisk nominalny i nacisk dopuszczalny pras mechanicznych ...	22
3.4. Siły działające na suwak i korbowód	23
3.5. Zespoły i układy ogólnego przeznaczenia pras mechanicznych ...	25
3.5.1. Korpusy pras mechanicznych	25
3.5.2. Sztywność korpusów pras	27
3.5.3. Układ sprzęgło – hamulec	29
3.5.4. Sprzęgła cierne	31
3.5.5. Hamulce	34
3.6. Układy pomocnicze stosowane w prasach mechanicznych	39
3.6.1. Wyrzutniki	39
3.6.2. Poduszki	42
3.6.3. Urządzenia odciążające	46
3.6.4. Urządzenia zabezpieczające prasy	48
4. Prasy mimośrodowe	53
4.1. Klasyfikacja	54
4.1.1. Prasy mimośrodowe stałe	55
4.1.2. Prasy jednostronnie łożyskowane	55
4.1.3. Prasy dwustronnie łożyskowane	56
4.1.4. Prasy mimośrodowe wysięgowe przechylne	59
4.1.5. Prasy mimośrodowe wysięgowe z nastawnym stołem	62
4.1.6. Specjalne odmiany pras mimośrodowych	62
4.2. Główne zespoły pras mimośrodowych	65
4.2.1. Korpusy pras mimośrodowych	65
4.2.2. Napęd	66
4.2.3. Suwaki pras mimośrodowych	69
5. Prasy korbowe	71
5.1. Klasyfikacja pras korbowych	72
5.2. Cechy charakterystyczne pras korbowych	73
5.3. Główne zespoły pras korbowych	78
6. Prasy śrubowe	83
6.1. Klasyfikacja pras śrubowych	84
6.2. Cechy charakterystyczne pras śrubowych	86

6.3.	Prasy śrubowe cierne	88
6.4.	Prasy śrubowe z napędem hydraulicznym	96
6.5.	Prasy elektrośrubowe	100
7.	Prasy specjalizowane	107
7.1.	Prasy ciągowe	107
7.1.1.	Prasy ciągowe pojedynczego działania	108
7.1.2.	Prasy ciągowe podwójnego działania	111
7.1.3.	Prasy ciągowe potrójnego działania	118
7.2.	Prasy kolanowe	121
7.3.	Prasy korbowe kuźnicze	127
7.4.	Prasy do gładkiego wykrawania i wygładzania	131
7.5.	Prasy krawędziowe	135
7.6.	Kuźniarki	142
8.	Prasy hydrauliczne	145
8.1.	Cechy charakterystyczne pras hydraulicznych	145
8.2.	Klasyfikacja pras hydraulicznych	146
8.3.	Napęd pras hydraulicznych	155
8.3.1.	Napęd pompowy bezakumulatorowy	157
8.3.2.	Zasilanie układami pompowo akumulatorowymi	159
8.3.3.	Prasy hydrauliczne z napędem multiplikatorowym	160
8.4.	Główne zespoły i elementy pras hydraulicznych	161
8.4.1.	Korpusy	161
8.4.2.	Cylindry	162
8.4.3.	Pompy	162
8.4.4.	Akumulatory hydrauliczne	166
8.4.5.	Multiplikatory ciśnień	168
8.4.6.	Urządzenia zalewowe	169
8.4.7.	Sterowanie pras hydraulicznych	170
8.5.	Zastosowanie pras hydraulicznych	172
9.	Wykrawarki sterowane numerycznie	175
9.1.	Wykrawarki rewolwerowe	180
9.2.	Wykrawarki z liniowym magazynem narzędzi	181
10.	Młoty matrycowe	185
10.1.	Klasyfikacja młotów	185
10.2.	Młoty pojedynczego działania spadowe	187
10.3.	Młoty podwójnego działania	188
10.4.	Fundamentowanie młotów	192
10.5.	Kowarki	195
11.	Maszyny o ruchu obrotowym narzędzi	197
11.1.	Walcarki	197
11.2.	Profilarki wielorolkowe	204

Spis treści

11.3. Giętarki rolkowe	207
11.4. Giętarki trzpieniowe	211
Literatura	215

1. Wstęp

Praktycznie każdy proces technologiczny realizowany jest przy udziale maszyn, urządzeń i przyrządów. Szczególnie widoczne jest to w obróbce plastycznej metali i ich stopów, których realizacja w większości przypadków warunkowana jest działaniem dużych sił i energii. Różnorodność technik kształtowania metali przyczyniła się do powstania licznej grupy maszyn i urządzeń, które charakteryzują się odmienną zasadą działania oraz różną kinematyką ruchu i konstrukcją narzędzi. Prawidłowe opracowanie procesu technologicznego wymaga dobrej znajomości konstrukcji i zasady działania maszyn, na których dany proces będzie prowadzony.

W podręczniku przedstawiono charakterystykę maszyn i urządzeń stosowanych do realizacji procesów plastycznego kształtowania metali i ich stopów.

Po krótkiej klasyfikacji najczęściej spotykanych maszyn, przeprowadzonej w rozdziale drugim, scharakteryzowano podstawowe procesy realizowane na poszczególnych grupach maszyn. Rozdział trzeci poświęcono konstrukcji pras mechanicznych ogólnego przeznaczenia. Dokonano klasyfikacji obecnie stosowanych pras mechanicznych ze względu na przeznaczenie i cechy konstrukcyjne. Następnie omówiono główne zespoły pras mechanicznych, które są charakterystyczne dla większości maszyn uniwersalnych (ogólnego przeznaczenia). W rozdziale czwartym opisano prasy mimośrodowe, stanowiące najlichnieszą grupę pras uniwersalnych. Przybliżono zakres operacji realizowanych na tego typu maszynach oraz ich charakterystyczne cechy konstrukcyjne. W kolejnym rozdziale przedstawiono konstrukcję i zastosowanie pras korbowych ogólnego przeznaczenia. Rozdział szósty został poświęcony prasom śrubowym, które ze względu na swoje zalety stanowią liczną grupę maszyn stosowanych w obróbce plastycznej. Opisano główne rozwiązania konstrukcyjne pras ze śrubowymi mechanizmami napędowymi oraz przedstawiono kierunki rozwoju tego typu maszyn. Prasy specjalizowane, przeznaczone do realizacji określonych grup operacji opisano w rozdziale siódmym. Omówiono tutaj zakres stosowania maszyn specjalizowanych oraz przedstawiono korzyści płynące ze stosowania pras o węższych możliwościach technologicznych w stosunku do maszyn uniwersalnych. Rozdział ósmy poświęcono prasom hydraulicznym, które ze względu na liczne zalety coraz częściej zastępują prasy z mechanicznymi układami napędowymi. Dokonano klasyfikacji pras hydraulicznych, a następnie omówiono najczęściej spotykane rozwiązania konstrukcyjne. Przedstawiono również układy napędu cylindrów hydraulicznych pras i wpływ sposobu zasilania prasy na pracę maszyny. W rozdziale dziewiątym przybliżono konstrukcję i zasadę działania wykrawarek sterowanych numerycznie. Omówiono również tutaj zakres stosowania

wykrawarek oraz ich możliwości technologiczne. W kolejnym rozdziale przedstawiono informacje na temat młotów kuźniczych i kowarek. Omówiono kinematykę ruchu narzędzi i uwypuklono zasadnicze różnice w charakterze pracy na tle pras z korbowymi, śrubowymi i hydraulicznymi układami napędowymi. Ostatni rozdział poświęcono maszynom o obrotowym ruchu narzędzi. Dokonano krótkiej charakterystyki walcarek hutniczych, stanowiących najliczniejszą grupę tego typu maszyn. Następnie przybliżono zakres stosowania walcarek stosowanych w kuźnictwie. W dalszej części rozdziału przybliżono konstrukcję i zasadę działania profilarek i giętarek rolkowych, stosowanych do kształtowania wyrobów i półfabrykatów z blach oraz kształtowników.

2. Klasyfikacja maszyn do plastycznego kształtowania metali

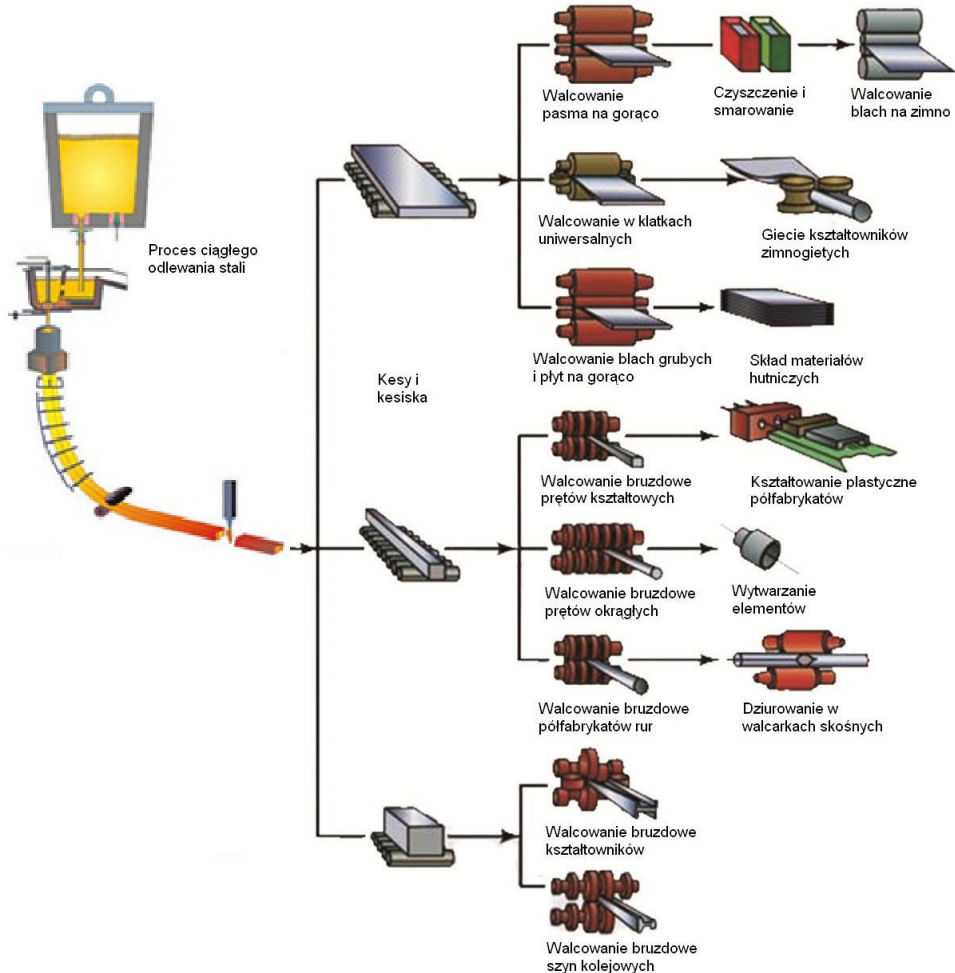
Wykonanie operacji z zakresu kształtowania plastycznego metali wymaga wywarcia na materiał odpowiednio dużego nacisku, który spowoduje uplastycznienie metalu oraz wywołania względnego przemieszczenia narzędzi, niezbędnego do właściwego ukierunkowania płynięcia metalu. Najczęściej nacisk ten wywierają maszyny za pośrednictwem urządzeń i narzędzi. Dlatego też podczas opracowywania procesów technologicznych bardzo ważnym zagadnieniem staje się znajomość konstrukcji i zasady działania maszyn, narzędzi i urządzeń, na których realizowane będą poszczególne operacje kształtowania plastycznego.

Rozwój maszyn do obróbki plastycznej jest w znacznej mierze związany z trendami rozwojowymi, które obserwuje się we wszystkich gałęziach przemysłu, a zwłaszcza w przemyśle samochodowym i lotniczym. Trendy te wymuszają zmiany w tłoczniach i kuźniach w kierunku dopasowania ich do wymagań związanych ze zmianami materiałowymi i technologicznymi wyrobów, a także do zwiększenia elastyczności produkcji przy zachowaniu jej konkurencyjności. Ma to bezpośredni wpływ na rozwój konstrukcji maszyn do obróbki plastycznej.

Duża różnorodność procesów obróbki plastycznej powoduje, że w wydziałach produkcyjnych spotyka się maszyny, których konstrukcja i zasada działania uzależniona jest w dużym stopniu od ich przeznaczenia. W zależności od gałęzi przemysłu, w której dana maszyna znajduje zastosowanie będzie ona posiadała określone cechy konstrukcyjne i eksploatacyjne umożliwiające wykonanie żądanych operacji technologicznych przy założonej dokładności i wydajności procesu. Ogólnie można przyjąć podział maszyn w zależności od kinematyki ruchu narzędzi oraz ich przeznaczenia.

1. Walcarki, w których narzędzia w postaci walców, krążków lub rolek wykonują ruch obrotowy. Stosowane są najczęściej do wytwarzania wyrobów płaskich, rur oraz kształtowników (rys. 2.1). Spotyka się również inne wyroby wytwarzane na walcarkach w specjalnych procesach walcowania, do których można zaliczyć między innymi walcowanie uzębień, walcowanie poprzeczno – klinowe, kształtowanie kół wagonowych i in. Techniki walcownicze należą do najbardziej rozpowszechnionych sposobów obróbki plastycznej metali. Szacuje się, że obecnie jest przerabiane tą metodą blisko 80% produkowanej stali. W procesach walcowania wytwarza się różnego rodzaju hutnicze wyroby gotowe takie jak np. szyny, teowniki, dwuteowniki, ceowniki, kątowniki, rury, pręty, blachy itp. Wyroby walcowane służą również jako

materiał wyjściowy do procesów kucia, ciągnięcia, wyciskania, tłoczenia. Dlatego też walcarki stanowią obszerną grupę maszyn do obróbki plastycznej metali i ich stopów.

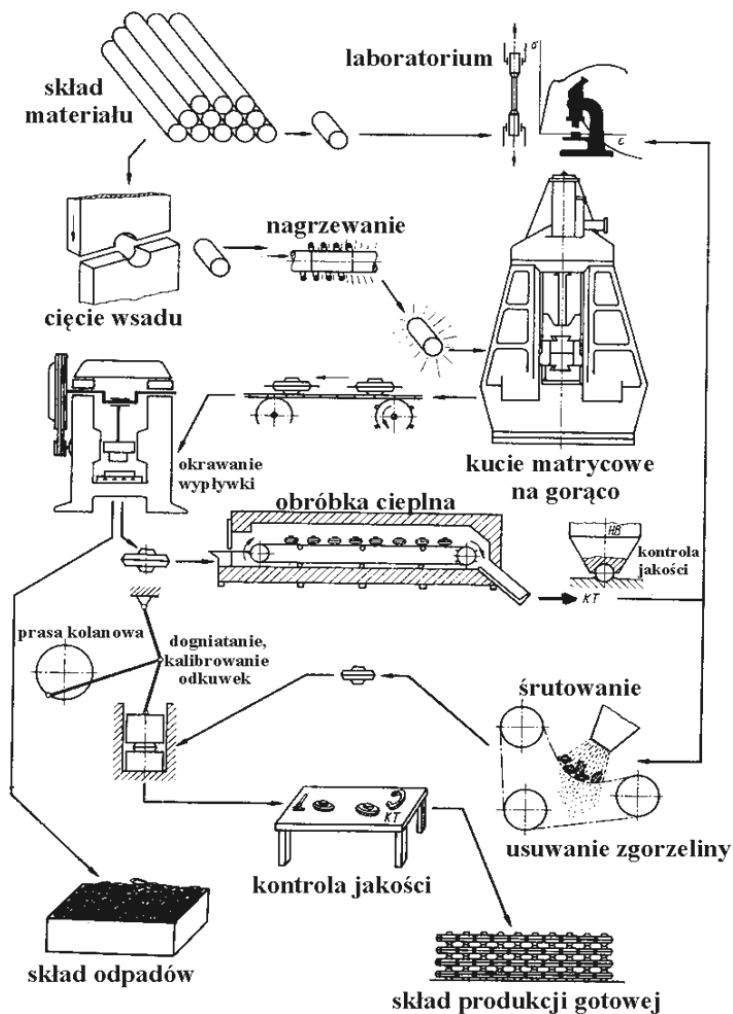


Rys. 2.1. Kształtowanie półfabrykatów w procesach walcowania

- Prasy i młoty kuźnicze, w których narzędzia mocowane w przestrzeni roboczej maszyny wykonują ruch posuwisto – zwrotny. Plastyczne kształtowanie metalu zachodzi pod wpływem uderzenia lub nacisku narzędzia roboczego. Tego typu maszyny stosowane są do kucia i prasowania na zimno i na gorąco metali oraz ich stopów. W zależności od kształtu wykorzystywanych narzędzi procesy kucia można podzielić na swobodne, półswobodne i matrycowe. Powoduje to konieczność stosowania różnych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn kuźniczych, na których można

2. Klasyfikacja maszyn do plastycznego kształtowania metali

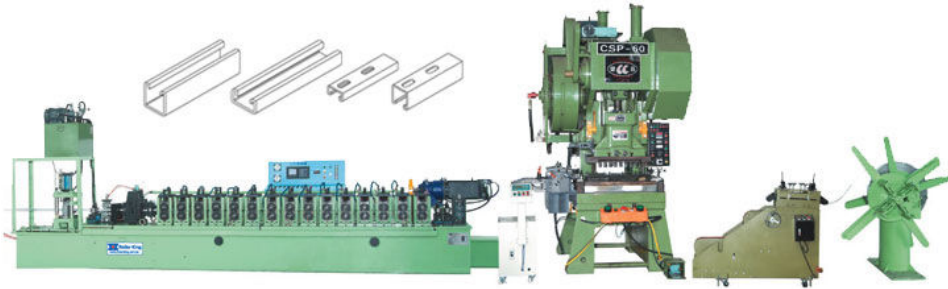
przeprowadzić operacje kucia. Schemat procesu kucia matrycowego z wykorzystaniem różnych maszyn kuźniczych przedstawiono na rysunku 2.2.



Rys. 1.2. Kolejne etapy kształtowania odkuwek [36]

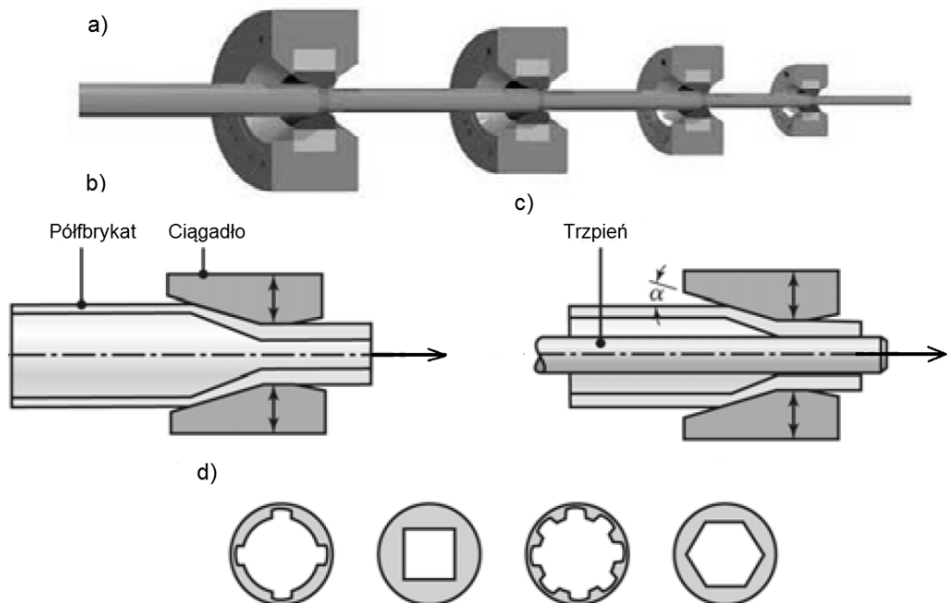
3. Prasy mechaniczne i hydrauliczne ogólnego przeznaczenia oraz specjalne i specjalizowane, które również charakteryzują się posuwisto zwrotnym ruchem narzędzi, jednak ze względu na konstrukcję odznaczają się dużą uniwersalnością. Stosowane są praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu do wykonywania różnorodnych operacji nie tylko z zakresu obróbki plastycznej. Przykładowe obrabiarki do kształtowania wyrobów z blach (profilarkę rolkową i prasę mimośrodową) przedstawiono na rysunku

2.3. Konstrukcja pras ogólnego przeznaczenia umożliwia realizację na nich takich operacji jak cięcie i wykrawanie, tłoczenie, gięcie, kucie, kalibrowanie, znakowanie, prostowanie, nitowanie i wiele innych operacji.



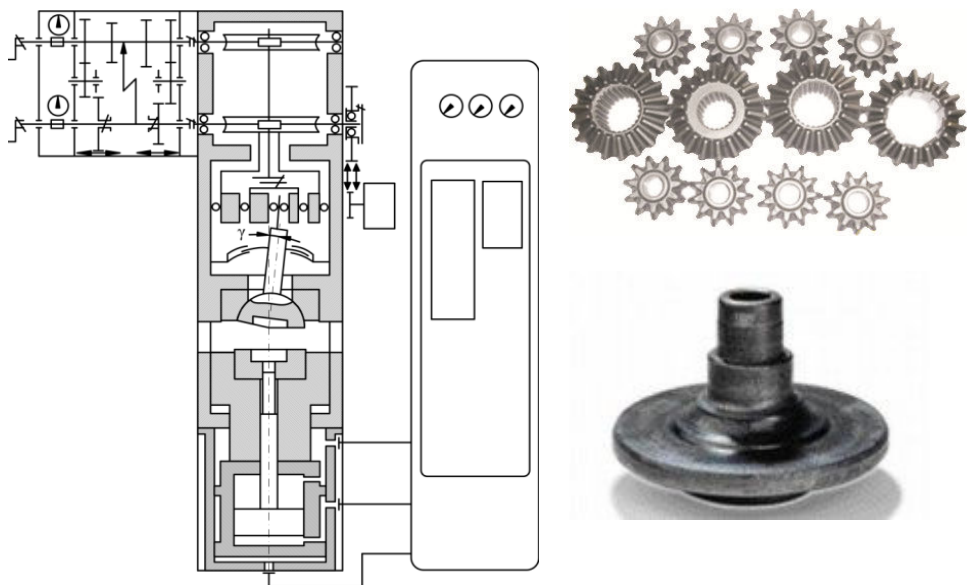
Rys. 2.3. Schemat profilarki rolkowej oraz prasy mechanicznej ogólnego przeznaczenia, wykorzystywanych do wykrawania i gięcia elementów z blach [39]

4. Ciągarki, w których najczęściej narzędzie pozostaje nieruchome, a ruch roboczy wykonuje kształtowany wyrób. Spotyka się również ciągarki, w których narzędzie lub narzędzia wykonają pomocniczy ruch obrotowy. Wykorzystywane są w procesach wytwarzania drutów, prętów, kształtowników, rur. Ciąganiem nazywamy sposób przeróbki plastycznej metali i ich stopów polegający na przeciągnięciu półfabrykatu przez otwór w specjalnie ukształtowanej matrycy, zwanej ciągnadłem (rys. 2.4), pod wpływem przyłożonej z zewnątrz siły zwanej siłą ciągnięcia. W ten sposób uzyskuje się zmniejszenie przekroju poprzecznego materiału, przy równoczesnym jego wydłużeniu, a w niektórych przypadkach zmianie ulega również kształt przekroju poprzecznego. Ponadto zmieniają się własności fizyczne materiału, a także wzrasta dokładność wymiarów i gładkość powierzchni. Niezależnie od kształtu wyrobu (przekrój kołowy czy profilowy, rurowy czy pełny) oraz jego wymiarów uzyskuje się w procesie ciągnięcia bardzo dobrą jakość powierzchni porównywalną z powierzchnią polerowaną oraz bardzo wąskie tolerancje wymiarowe. Poza tym, kształtując odpowiednio strukturę metalu przed ciągnięciem drogą obróbki cieplnej, uzyskać można wyroby finalne charakteryzujące się wysokimi własnościami wytrzymałościowymi przy równocześnie dobrych własnościach plastycznych. Wszystko to sprawia, że wyroby ciągnięte są szeroko stosowane w przemyśle maszynowym jako elementy konstrukcyjne. Wymienić tutaj należy takie wyroby kształtowane z półfabrykatów ciągniętych jak: liny, śruby, nity, sprężyny, osie, wały napędowe itp. Nie sposób pominąć również drutu jako elementu konstrukcyjnego oraz rur precyzyjnych.



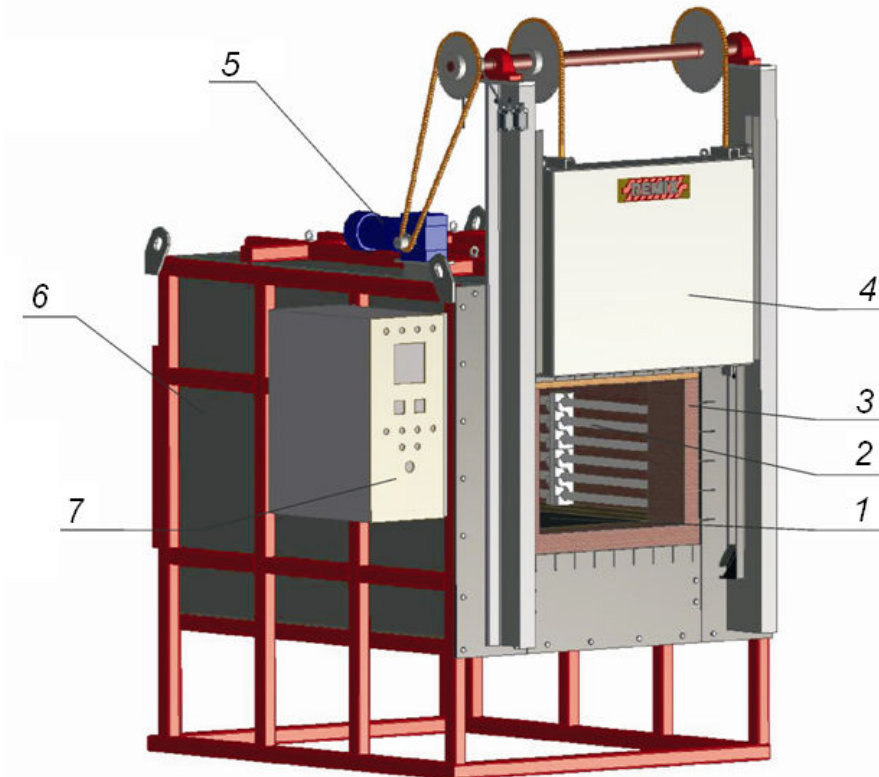
Rys. 2.4. Schematy procesu przeciągania: a) prętów, b) swobodnego rur, c) rur na trzpieniu, d) przykładowe kształty otworów wyrobów kształtowanych w procesie ciągnięcia [4, 5]

5. Maszyny i agregaty specjalne, w których narzędzie charakteryzują się skomplikowaną kinematyką ruchu (rys. 2.5).



Rys. 2.5. Prasa z wahającą matrycą oraz przykładowe elementy kształtowane na maszynie [28, 29]

Dodatkowo w zależności od sposobu prowadzenia procesu obróbki plastycznej, będą również wykorzystywane urządzenia i osprzęt pomocniczy takie jak między innymi: piece do nagrzewania wsadu (rys. 2.6), piece do obróbki cieplnej, urządzenia do oczyszczania wsadu i wyrobów gotowych, podajniki i przenośniki, nożyce i gilotyny, zespoły przygotowania sprężonego powietrza i inne.



Rys. 2.6. Piec komorowy, elektryczny stosowany do nagrzewania wsadu do obróbki plastycznej: 1 – płyta dolna, 2 – system grzejny, 3 – izolacja, 4 – drzwi pieca, 5 – mechanizm napędu drzwi, 6 – obudowa pieca, 7 – system sterowania [23]

Obszar zastosowań maszyny i urządzenia do plastycznego kształtowanie metali jest bardzo duży. Znajdują one zastosowanie począwszy od przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego poprzez przemysł motoryzacyjny, lotniczy, budowlany i maszynowy a kończąc na precyzyjnym.

3. Prasy mechaniczne

Z maszyn do obróbki plastycznej najliczniejszą grupę stanowią prasy mechaniczne. Cechą charakterystyczną tego typu maszyn jest posuwisto – zwrotny ruch narzędzi. Ze względu na swoją uniwersalność znalazły one szerokie zastosowanie prawie we wszystkich możliwych gałęziach przemysłu. Główne dziedziny zastosowania pras mechanicznych przedstawiono w tabeli 1.

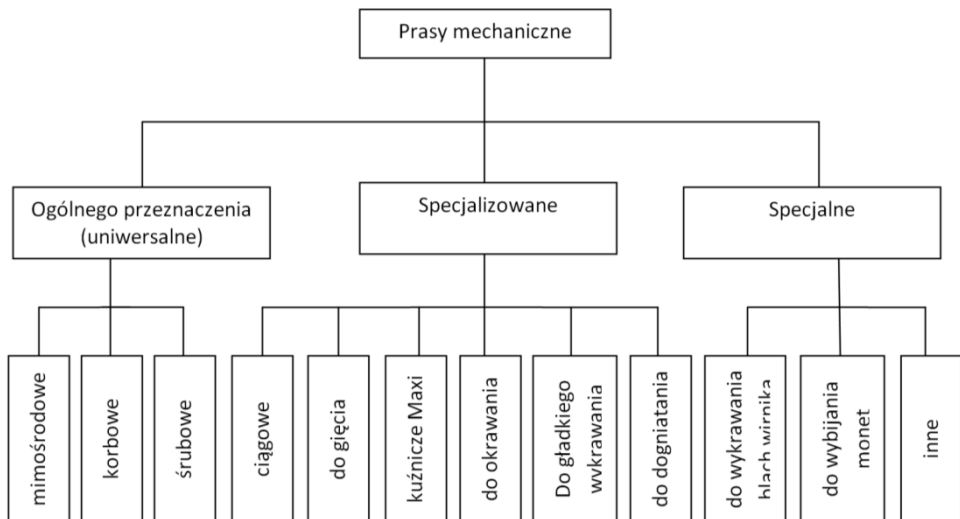
Tab. 3.1. Główne dziedziny zastosowania pras mechanicznych [12]

Zastosowanie w przemyśle	Typowe wyroby	Rodzaj i typ produkcji	Podstawowe rodzaje stosowanych pras
Elektrotechniczny i elektroniczny	Sprzęt elektrotechniczny, części lampowe, oprawki żarówek, części radiowe i telewizyjne	Produkcja wielkoseryjna i masowa wyrobów o małych gabarytach	Prasy mimośrodowe niezautomatyzowane i zautomatyzowane, prasy automatyczne z dolnym napędem, prasy wielostopniowe, prasy automatyczne wieloczynnościowe
Motoryzacyjny	Części samochodów, motocykli, ciągników	Produkcja średnioseryjna i wielkoseryjna wyrobów średnio i wielkogabarytowych	Prasy korbowe i mimośrodowe ogólnego przeznaczenia, prasy ciąagowe pojedynczego, podwójnego i potrójnego działania, prasy kolanowe, prasy do okrawania, prasy śrubowe, prasy korbowe kuźnicze.
Wyrobow gospodarstwa domowego	Części do sprzętu AGD, garnki i naczynia	Produkcja wielkoseryjna i masowa wyrobów średniogabarytowych	Prasy korbowe i mimośrodowe ogólnego przeznaczenia, prasy zautomatyzowane i niezautomatyzowane, prasy śrubowe, prasy wielostopniowe, prasy ciąagowe
Budowy maszyn	Części do obrabiarek, maszyn budowlanych i innych	Produkcja mało i średnioseryjna wyrobów mało i średniogabarytowych	Prasy korbowe i mimośrodowe ogólnego przeznaczenia, prasy śrubowe, prasy do profilowania
Galanterii metalowej	Spinki, guziki, spinacze itp.	Produkcja wielkoseryjna i masowa wyrobów małych gabarytowo	Prasy mimośrodowe zautomatyzowane, prasy automatyczne z dolnym napędem, prasy automatyczne do wyciskania, prasy specjalne i specjalizowane, prasy automatyczne wieloczynnościowe
Precyzyjnym	Części maszyn do liczników, wodomierzy, zegarów itp.	Produkcja średnioseryjna i wielkoseryjna niewielkich wyrobów	Prasy mimośrodowe zautomatyzowane i niezautomatyzowane, prasy korbowe ogólnego przeznaczenia, prasy do gładkiego wykrawania, prasy śrubowe

Z uwagi na różnorodność prac wykonywanych na prasach, występuje bardzo duża ilość rozwiązań konstrukcyjnych oraz wielkości tych maszyn. Można spotkać wiele kryteriów podziały pras mechanicznych, jednak najczęściej podziału dokonuje się według następujących wyróżników:

- rodzaj pracy;
- przeznaczenie prasy z punktu widzenia technologicznego;
- cechy konstrukcyjne;
- stopień zautomatyzowania;
- kinematyka napędu.

Pełna klasyfikacja pras mechanicznych do obróbki plastycznej zawarta jest w Polskiej Normie PN-57/M-02781, która obejmuje około 89 rodzajów i odmian pras różniących się pod względem cech konstrukcyjnych i przeznaczenia. Najczęściej spotykaną w praktyce klasyfikację przedstawiono na rys.3.1.



Rys. 3.1. Klasyfikacja pras mechanicznych [12]

Prasy mechaniczne produkcji krajowej oznaczone są symbolami literowo-cyfrowymi. Litery oznaczają daną grupę prasy oraz rozwiązanie konstrukcyjne, natomiast cyfry oznaczają podstawowe parametry prasy. Pełny symbol maszyny składa się z następujących znaków:

- litery P oznaczającej maszynę do obróbki plastycznej;
- jednej z cyfr od 1 do 9 oznaczającej grupę maszyny;
- jednej z cyfr od 11 do 99 oznaczającej rodzaj maszyny;
- jednej z cyfr od 01 do 99 określającej odmianę maszyny;
- ułamka, w którego liczniku są podawane wielkości charakterystyczne dla maszyny, a w mianowniku moc każdego z silników napędowych w [kW].

Symbol pełny stosowany jest w szczegółowych wykazach maszyn. Najczęściej używa się skróconych oznaczeń literowo – cyfrowych, w których litery oznaczają rodzaj maszyny, a cyfry nacisk prasy wyrażony w kN lub MN.

Stosowane przykładowo oznaczenia pras:

- PMS 63 – prasa mimośrodowa stała o nacisku 630 kN (63 tony);
- PMP 40 – prasa mimośrodowa przechylna o nacisku 400 kN (40 ton);
- PKrK 200/2 – prasa korbowa ramowa, dwupunktowa o nacisku 2000 kN (200 ton);
- PKrRO 160/2 – prasa korbowa ramowa, okrojnicza, dwupunktowa o nacisku 1600 kN (160 ton);
- PC 630 – prasa cierna o nacisku 63 kN (63 tony);
- PAD 25 – prasa automatyczna z dolnym napędem o nacisku 250 kN (25 ton);
- PW 25/8 – prasa automatyczna wielostopniowa 8 pozycyjna o nacisku 250 kN (25 ton);
- PPDw 25 – prasa ciągową podwójnego działania o nacisku 250 kN (25 ton);
- PK 630 – prasa kolanowa o nacisku 630 kN (63 ton);
- PKK 1000 – prasa kolanowa kuźnicza o nacisku 10000 kN (1000 ton);
- PKrK 1600 – prasa korbowa kuźnicza (Maxi) o nacisku 1600 kN (1600 ton);
- PPB 100 – prasa do profilowania blach o nacisku 1000 kN (100 ton);
- PAWs1x70 – prasa automatyczna wielosuwakowa o maksymalnej grubości blachy 1 mm i maksymalnej szerokości pasa 70 mm;
- PAWC 160 – prasa automatyczna do wyciskania o nacisku 1600 kN (160 ton).

Duże litery umieszczone za cyframi oznaczają kolejną modernizację prasy.

3.1. Podstawowe wielkości charakterystyczne prasy mechaniczne

Każda maszyna może być scharakteryzowana przez pewne wielkości, które określają jej możliwości technologiczne i umożliwiają prawidłowy jej dobór na etapie projektowania procesu technologicznego. Do podstawowych wielkości charakteryzujących prasy mechaniczne zalicza się:

Nacisk nominalny P_n wyrażony w kN, MN lub tonach, który określa możliwość wykonania na prasie danej operacji technologicznej w zależności od wielkości wyrobów i jednostkowych nacisków odkształcenia plastycznego wymaganych przy kształtowaniu.

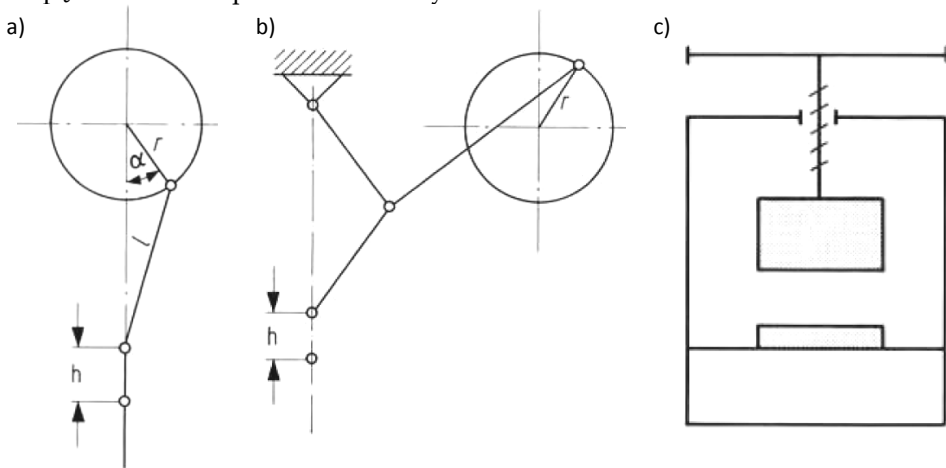
Ilość skoków suwaka na minutę n . Jest to parametr, który ma znaczenie przy określaniu wydajności prasy pracującej ruchem ciągłym, najczęściej jako prasa zautomatyzowana. Natomiast przy pracy pojedynczymi skokami wartość n nie ma tak istotnego znaczenia.

Skok suwaka prasy S , który określa zakres prac możliwych do wykonania na prasie oraz możliwą maksymalną wysokość tłoczonego wyrobu, która musi być mniejsza od wielkości skoku. Skok prasy równa się różnicy odległości górnego i dolnego skrajnego położenia suwaka.

Odległość między prowadnicami - a , wysięg - W , największa odległość stołu od dolnej płaszczyzny suwaka w jego najniższym położeniu - h , długość stołu - L , szerokość stołu - B . Parametry te wyznaczają przestrzeń roboczą tłoczniaka i określają wielkość przyrządów, jakie mogą być zamontowane na prasie.

3.1. Układy napędowe suwaków pras mechanicznych

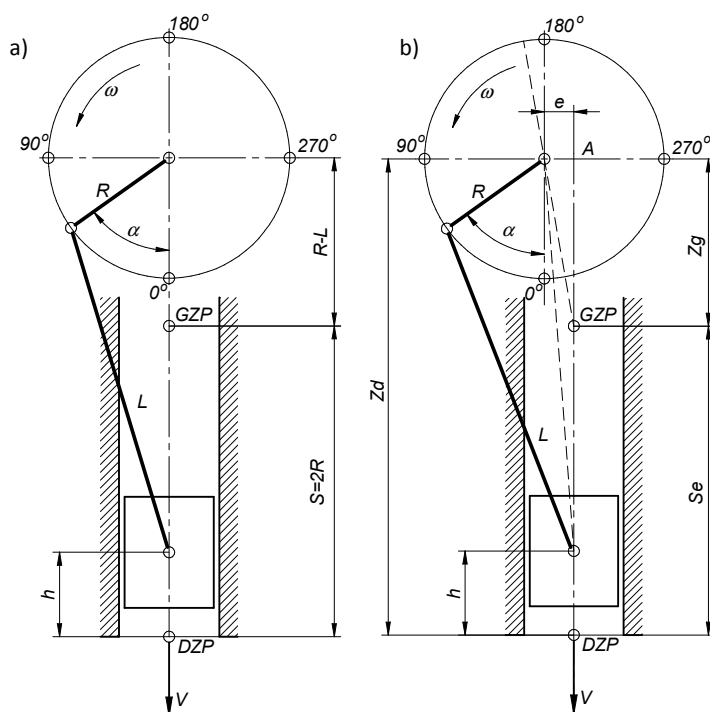
Suwak jako organ roboczy w prasach mechanicznych wywiera nacisk na kształtowany materiał oraz wywołuje przemieszczenie i nadaje prędkość narzędziom. Sposób realizacji napędu suwaka prasy w istotny sposób wpływa na charakter pracy maszyny, jej cechy eksploatacyjne i możliwości technologiczne. Na rysunku 3.1 przedstawiono najczęściej spotykane sposoby napędu suwaków pras mechanicznych.



Rys. 3.1. Typowe sposoby realizacji napędu suwaków w prasach mechanicznych:
a) korbkowy, b) kolanowy, c) śrubowy

Korbkowe (rys. 3.1a) i kolanowe (rys. 3.1b) układy napędowe charakteryzują się zmienną prędkością suwaka. Dodatkowo suwaki tych pras posiadają dolne i górne zwrotne położenie, co czyni je wrażliwe na zakleszczenie. Układy korbkowe (rys. 3.1a) dzięki prostej konstrukcji, stosunkowo niskiej cenie oraz stałej charakterystyce pracy są szeroko stosowane w napędach pras mechanicznych. Prędkość suwaka napędzanego przez mechanizm korbkowy zwiększa się od zera w górnym zwrotnym położeniu do wartości maksymalnej przy kącie obrotu wału korbkowego wynoszącym $\alpha = 90^\circ$, a następnie maleje do

zera w dolnym zwrotnym położeniu. Ze względu na geometrię układu korbowego możemy podzielić je na: symetryczne mechanizmy korbowe (rys. 3.2a), w których oś suwaka przecina się z osią obrotu wału oraz niesymetryczne układy korbowe (rys. 3.2 b), w których osie suwaka i wału nie przecinają się i są od siebie odsunięte o wartość e . Zastosowanie niesymetrycznego układu napędowego zapewnia większy docisk suwaka do tylnych prowadnic korpusu i zapobiega niekorzystnemu zjawisku tzw. „kołysaniu” się suwaka w dolnym zwrotnym położeniu – DZP. Symetryczne mechanizmy napędowe są najbardziej rozpowszechnionymi układami w budowie pras mechanicznych i stanowią szczególny przypadek mechanizmu korbowego niesymetrycznego, dla którego przesunięcie $e = 0$.



Rys. 3.2. Układy korbowe stosowane w prasach mechanicznych: a) symetryczne, b) niesymetryczne

W ogólnym przypadku odległość dolnego zwrotnego punktu skoku suwaka (DZP) od osi wału można zapisać wyrażeniem:

$$Z_d = \sqrt{(R + L)^2 - e^2}, \quad (3.1)$$

natomiast odległość górnego zwrotnego punktu (GZP) od osi wału wyraża się zależnością:

$$Z_g = \sqrt{(L - R)^2 - e^2}, \quad (3.2)$$

stąd skok suwaka w mechanizmie korbowym będzie wynosił:

$$S_e = \sqrt{(L - R)^2 - e^2} - \sqrt{(R + L)^2 - e^2}. \quad (3.3)$$

Często podczas wyznaczania parametrów kinematycznych układów korbowych wykorzystuje się zależności uogólnione, opisane współczynnikami λ oraz k , w których stosunek $R/L = \lambda$ oraz $e/R = k$. Wykorzystując wprowadzone oznaczenia można zapisać zależność na przybliżoną wartość skoku suwaka:

$$S_e = 2R \left[1 + \frac{1}{2} \frac{\lambda^2 k^2}{1 - \lambda^2} \right]. \quad (3.4)$$

Odległość suwaka od dolnego zwrotnego położenia w zależności od kąta obrotu wału korbowego można wyznaczyć z przybliżonej zależności:

$$h = R \left[1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) + k\lambda \sin \alpha + \frac{1}{2} \frac{k^2 \lambda^2}{1 + \lambda} \right]. \quad (3.5)$$

Prędkość suwaka w funkcji kąta obrotu wału korbowego wyznacza się z zależności:

$$v = -\frac{dh}{dt} = \omega R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha + k\lambda \cos \alpha \right). \quad (3.6)$$

Natomiast przyspieszenie suwaka prasy z korbowym mechanizmem napędowym wyraża się zależnością:

$$a = \frac{dv}{dt} = -R\omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha - \lambda k \sin \alpha). \quad (3.7)$$

Wykres prędkości suwaka w funkcji kąta obrotu wału korbowego jest w najogólniejszym przypadku sinusoidą, co ma duży wpływ na wydajność maszyny, prędkość kształtowania wyrobu oraz wartości nacisków, jakie może wywierać prasa w zależności od położenia suwaka (kąta obrotu wału korbowego). Prasy mechaniczne z napędem kolanowym (rys. 2.1b) podobnie jak w prasach korbowych cechuje zmienna prędkość suwaka. Jednak dzięki układowi łączników napędzanych przez mechanizm korbowy, skok i prędkość suwaka są znacznie mniejsze. Natomiast naciski, jakie wywierają prasy napędzane układami kolanowymi są bardzo duże. Zdecydowanie inną kinematyką ruchu suwaka charakteryzują się prasy śrubowe. Przesunięcie suwaka w prasach śrubowych nie jest ograniczone kinematycznie, dzięki czemu możliwe jest prowadzenie procesu aż do zetknięcia się narzędzi. Nie występuje przy tym niebezpieczeństwo zakleszczenia suwaka, jak ma to miejsce w maszynach z korbowymi układami napędowymi.

3.2. Nacisk nominalny i nacisk dopuszczalny pras mechanicznych

Największą siłę nacisku suwaka prasy, która stanowi podstawę do wyznaczenia wymiarów głównych elementów maszyny ze względu na ich

wytrzymałość i sztywność nosi miano nacisku nominalnego. Należy tutaj zaznaczyć, że w większości pras mechanicznych siła wywierana przez suwak prasy zmienia swoją wartość w zależności od położenia wału korbowego. Większość operacji z zakresu plastycznego kształtowania wymaga, aby maksymalna siła wywierana była w końcowej fazie skoku suwaka, gdy jego prędkość jest stosunkowo niewielka. Osiągnięcie wartości nominalnej siły w pobliżu środka skoku przy znacznie większych prędkościach suwaka jest niekorzystne dla maszyny i wymaga obciążenia sprzęgła i przekładni znacznie większym momentem obrotowym, co w konsekwencji pociągnęłoby niepotrzebną rozbudowę tych zespołów maszyny. Tylko do specjalnych operacji (głębokie tłoczenie, wyciskanie) buduje się prasy zdolne wywierać nominalną siłę nacisku na całej długości skoku. Zakres zastosowań prasy mechanicznej charakteryzuje, obok nacisku nominalnego, również wykres dopuszczalnego nacisku prasy, który określany jest w funkcji odległości suwaka od dolnego zwrotnego położenia lub w funkcji kąta obrotu wału wykorbionego.

3.3. Siły działające na suwak i korbowód

Rozkład sił działających w układzie korbowym prasy mechanicznej przedstawiono na rysunku 2.6. Wypadkowa siła P_l oraz jej składowe przenoszone są z suwaka na korbowód i wał korbowy (w ogólnym przypadku dla niesymetrycznego układu korbowego). Wypadkową siłę P_l można zastąpić trzema składowymi: siłą P_s (nacisk prasy), który jest przenoszony przez narzędzie na suwak prasy; siłą oddziaływania prowadnic suwaka P_p oraz siłą tarcia w prowadnicach P_t . Tarcie w łożyskach korbowodu (oznaczonych jako A i B) nie ma większego wpływu na wielkość siły P_l działającej w korbowodzie, jednak zmienia jej kierunek o kąt γ powiększając jej moment względem osi obrotu wału korbowego. Moment ten łącznie z oddziaływaniem momentów od sił tarcia w bocznych łożyskach wału korbowego daje moment skręcający M_k na czopie koła napędowego. Siłę działającą na korbowód można wyrazić zależnością:

$$P_L = \frac{P_s}{\sqrt{1-\lambda^2(k+\sin\alpha)^2}} \quad (3.8)$$

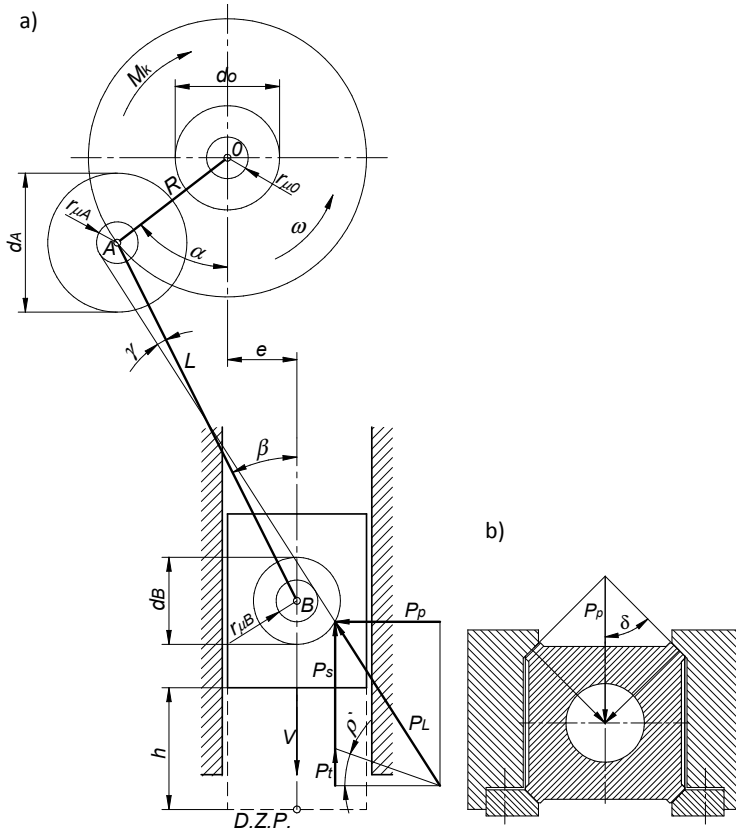
gdzie: $\lambda = \frac{R}{L}$, $k = \frac{e}{R}$.

Składowa siła P_p oddziaływania prowadnic można określić z przybliżonej zależności:

$$P_p = \frac{P_L}{L} \left(R \sin \alpha + e + \mu \frac{d_A + d_B}{2} \right) \quad (3.9)$$

gdzie: d_A i d_B – średnice czopów w węzłach A i B,

μ – współczynnik tarcia (przyjmowany w zakresie 0,06 – 0,1).



Rys. 3.3. Rozkład sił w mechanizmie korbowym prasy mechanicznej – a) oraz siły działające w prowadnicach suwaka prasy mechanicznej – b)

Siła tarcia w prowadnicach przy symetrycznym obciążeniu suwaka:

$$P_t = P_p \tan \rho \quad (3.10)$$

$$\tan \rho = \frac{\mu_p}{\sin \delta} \quad (3.11)$$

gdzie: μ_p – współczynnik tarcia w prowadnicach (przyjmowany w zakresie 0,08 – 0,1),

δ – kąt zukosowania ślizgowych powierzchni prowadzących (rys. 3.3).

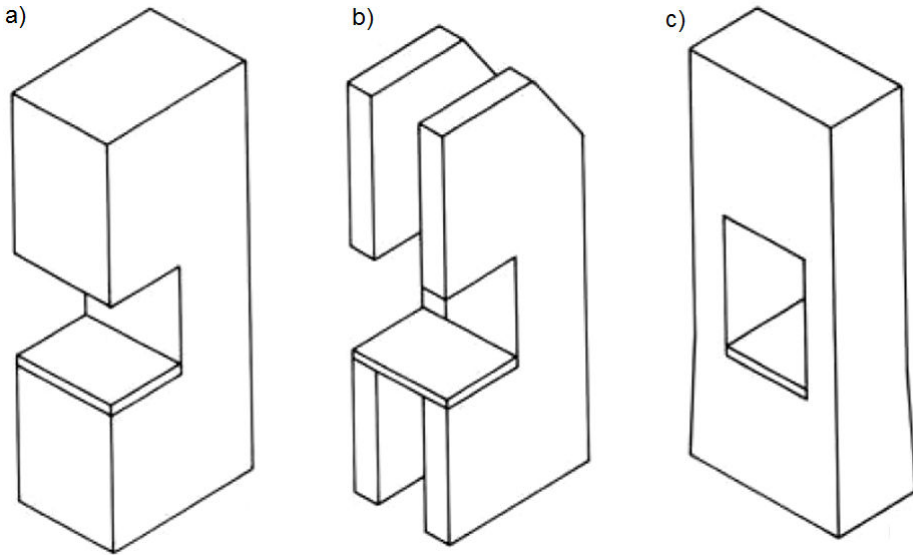
3.4. Zespoły i układy ogólnego przeznaczenia pras mechanicznych

Większość pras mechanicznych ogólnego przeznaczenia wykonana jest w oparciu o typowe podzespoły, które można spotkać w różnorodnych konstrukcjach maszyn. Takie działanie pozwala zmniejszyć koszty wytwarzania pras oraz ułatwia ich obsługę. Do głównych podzespołów pras mechanicznych zalicza się między innymi: korpusy, układy sprzęgło – hamulec, układy napędowe, urządzenia zabezpieczające oraz urządzenia pomocnicze.

3.4.1. Korpusy pras mechanicznych

Podstawowym zespołem pras mechanicznych, który łączy wszystkie elementy w całość jest korpus. Znajdują się w nim wszystkie elementy prasy takie jak: stół, prowadnice, łożyska wału, napęd, instalacja elektryczna i inne. Korpus przejmuje wszystkie siły powstające podczas pracy maszyny. Czynnikiemami decydującymi o konstrukcji korpusu, jego kształcie i wymiarach jest wielkość przenoszonych sił, wymiary przestrzeni roboczej, zastosowane materiały i sposób wykonania. Bardzo często o kształcie korpusu decyduje jego sztywność.

W zależności od kształtu korpusy można podzielić na wysięgowe oraz ramowe (rys. 3.3). Szczególnie korzystne ze względów techniczno – eksploatacyjnych są korpusy wysięgowe (rys. 3.3a i 3.3b), które dzięki otwartej konstrukcji mają ułatwiony dostęp do przestrzeni roboczej. Wysięgowy kształt korpusu jest znacznie mniej sztywny w stosunku do korpusu ramowego. Dodatkowo w wyniku sił pochodzących od oporów odkształcenia plastycznego kształtowanych wyrobów następuje przekoszenie osi suwaka i stołu prasy. Jest to zjawisko szczególnie niekorzystne, które prowadzi do przyspieszonego zużywania się narzędzi i mechanizmów prasy oraz zmniejszenia dokładności wykonywanych wyrobów. Dlatego też korpusy wysięgowe stosowane są w prasach mechanicznych o stosunkowo niewielkich naciskach, nieprzekraczających 2500 kN. Korpusy ramowe (rys. 3.3c) charakteryzują się sztywną konstrukcją, dzięki czemu mogą przenosić znacznie większe obciążenia niż korpusy wysięgowe. Jednak ze względu na stojaki umieszczone po obu stronach suwaka, dostęp do przestrzeni roboczej jest ograniczony. Często stosuje się korpusy ramowe, w których stojaki wyposażone są w okna. Takie rozwiązanie ułatwia dostęp do przestrzeni roboczej maszyny z boku.



Rys. 3.3. Kształty korpusów stosowanych w prasach mechanicznych: a) korpus wysięgowy monolityczny, b) korpus wysięgowy z przelotem między stojakami, c) korpus ramowy

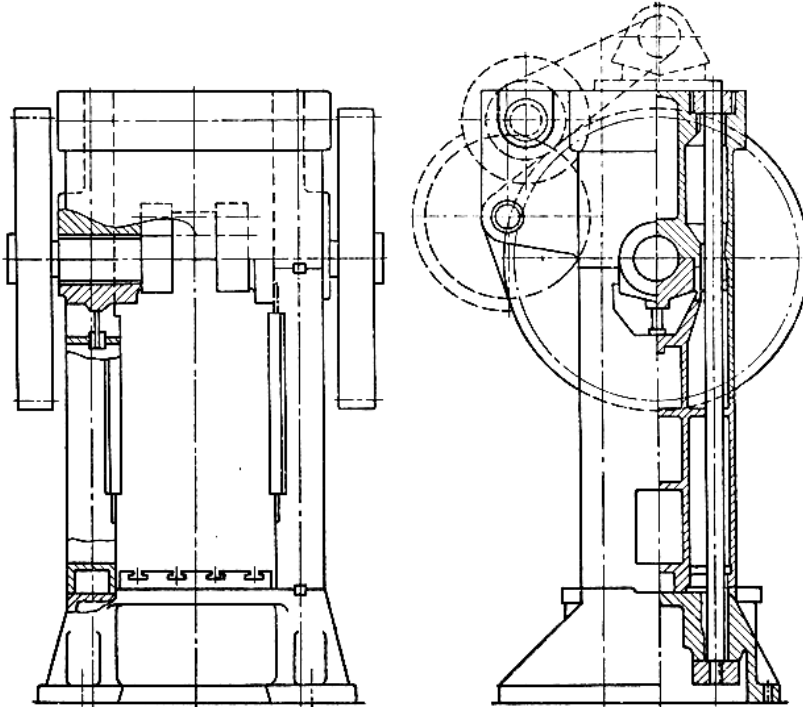
W zależności od sposobu wykonania korpusy pras mechanicznych można podzielić na: odlewane (żeliwne) oraz korpusy spawane z blach stalowych. Spotyka się również korpusy spawano – lane, wykonane z blach stalowych i odlewów stalowych.

Korpusy żeliwne stosuje się z reguły w prasach o stosunkowo niewielkich naciskach, nieprzekraczających 1000 kN, które wytwarza się w większych seriach. Korpusy żeliwne mają wiele zalet, wśród których można wyróżnić między innymi: możliwość łatwego ukształtowania, racjonalne rozmieszczenie materiału oraz większą zdolność do tłumienia drgań. Wadą korpusów odlewanych jest ich większy ciężar w porównaniu ze spawanymi o 20 – 30 %, wynikający z mniejszego modułu sprężystości żeliwa szarego.

Obecnie większość korpusów o naciskach powyżej 1000 kN kształtowana jest metodami spawania z blach stalowych. Czynnikiem decydującym, poza zwiększeniem sztywności korpusu przy mniejszym ciężarze jest możliwość bardziej elastycznego dostosowania się do wymagań klienta. Zmiany wymiarów przestrzeni roboczej mogą być szybko przeprowadzone, nie zwiększając ceny maszyny.

Korpusy stosowane w prasach o największych naciskach wykonuje się jako składane z segmentów. Takie rozwiązanie ma ułatwić wykonanie, a następnie obróbkę i montaż korpusu, którego wymiary gabarytowe po złożeniu niejednokrotnie przekraczają możliwości techniczne producentów. Korpus składa się najczęściej z podstawy, dwóch stojaków i głowicy. Stojaki ustalone są

w stosunku do podstawy prasy oraz głowicy za pomocą specjalnych wpustów. Stojaki z podstawą i głowicą połączone są w sztywną konstrukcję za pomocą stalowych ściągaczy. Istotnym zagadnieniem jest dobór odpowiedniej siły naciągu wstępnego w ściągaczach, tak aby naprężenia w stojakach przy maksymalnym nacisku prasy (przeciążeniu maszyny) przyjmowały w granicznym przypadku wartość zerową. Przykładową konstrukcję korpusu składanego przedstawiono na rysunku 3.4.

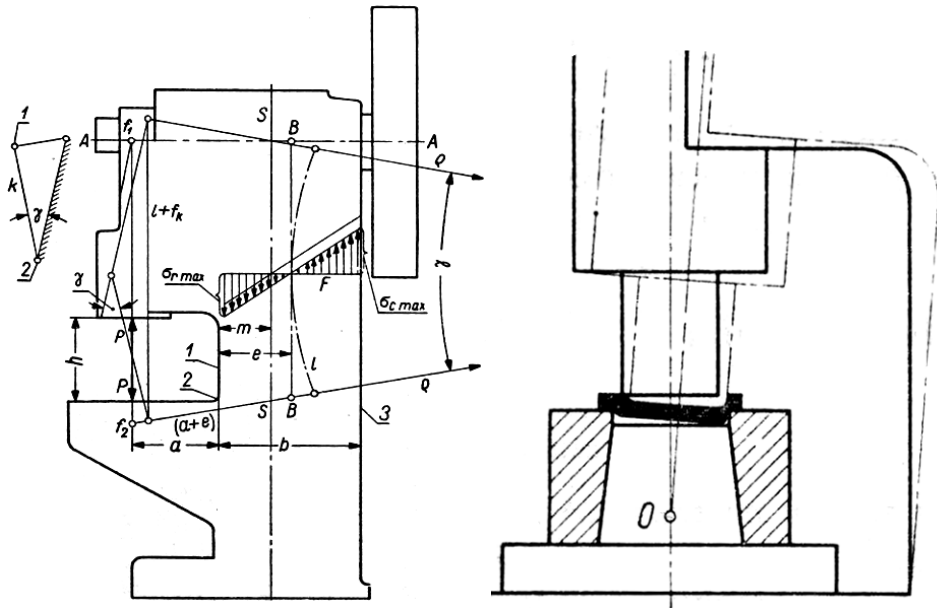


Rys. 3.4. Schemat korpusu składanego, połączonego w sztywną konstrukcję za pomocą stalowych ściągaczy [12]

3.4.2. Sztywność korpusów pras

Większość zależności kinematycznych suwaków pras wyznacza się względem ich dolnego zwrotnego położenia. Jednak praktycznie w każdym przypadku pod wpływem przyłożonego obciążenia zmienia się długość korbowodu, wał korbowy ulega wygięciu a korpus poddawany jest rozciąganiu, co powoduje jego sprężyste wydłużenie. Dlatego też sprężysta podatność prasy obniża dokładność operacji realizowanych na maszynie oraz prowadzi do szybszego zużywania się narzędzi. W związku z tym wymaga się od pras mechanicznych dużej sztywności, która zagwarantuje kształtowanie półfabrykatów o założonych dokładnościach.

We wszystkich prasach korpus i elementy napędu ulegają pod wpływem obciążenia odkształceniom sprężystym. Efektem tego jest przemieszczenie się powierzchni stołu względem powierzchni suwaka, a w rezultacie zwiększa się odległość roboczych części przyrządów. Szczególnie niekorzystny charakter odkształceń występuje w prasach z korpusami wysięgowymi, w których ze względu na otwartą konstrukcję korpusu następuje przesunięcie łożysk wału w dwóch kierunkach (pionowym i poziomym). W efekcie prowadzi to do skośnego ustawienia prowadnic i suwaka w stosunku do płyty stołu (rys. 2.5). Takie skoszenie suwaka jest szczególnie niebezpieczne w przypadku operacji wykrawania i powoduje zmianę geometrii procesu, a w szczególnym przypadku może doprowadzić do najścia krawędzi stempla na krawędź matrycy i zniszczenia narzędzi.



Rys. 3.5. Schemat odkształcenia korpusu wysięgowego prasy [12]

Ogólny współczynnik sztywności liniowej wyraża przyrost siły nacisku suwaka, potrzebnej do zwiększenia odległości między stołem prasy a suwakiem o jeden milimetr.

$$C_p = \frac{\Delta P_s}{\Delta f_p} \left[\frac{kN}{mm} \right]. \quad (3.8)$$

Na sprężyste odkształcenie liniowe prasy składa się odkształcenie korpusu f_k oraz odkształcenie mechanizmu napędowego f_n :

$$\frac{1}{c_p} = \frac{1}{c_k} + \frac{1}{c_n} \quad (3.9)$$

Współczynnik sztywności kątovej korpusu wyraża się stosunkiem przyrostu siły nacisku suwaka prasy do kątowego odkształcenia korpusu o jedną tysięczną jednostki w mierze kątovej:

$$C_y = \frac{\Delta P_s}{\Delta \gamma} \quad (3.10)$$

3.4.3. Układ sprzęgło – hamulec

Układ sprzęgło – hamulec wraz z mechanizmem sterowania stanowią system włączania, który ma decydujący wpływ na wydajność prasy, niezawodność maszyny oraz bezpieczeństwo pracy. System włączania, zależnie od sposobu pracy prasy, spełnia różne funkcje. W prasach automatycznych pracujących ruchem ciągłym wykorzystywany jest przede wszystkim do włączania i wyłączania maszyny w znacznych odstępach czasu. Natomiast w prasach, które pracują pojedynczymi skokami, system sterowania w czasie jednego cyklu (skoku suwaka) powinien zapewnić włączenie sprzęgła i wyłączenie hamulca w początkowym etapie, a następnie w końcowej fazie skoku wyłączenie sprzęgła i włączenie hamulca. Układ włączania powinien umożliwić również szybkie przerwanie ruchu roboczego suwaka w dowolnym jego położeniu. Podstawowymi zespołami układu sprzęgłowo – hamulcowego jest sprzęgło oraz hamulec. Głównym zadaniem sprzęgła jest łączenie napędu prasy z wałem i przeniesienie momentu obrotowego z czynnej części napędu na mechanizm wywierający nacisk. Sprzęgło przeznaczone jest również do odłączania napędu od wału głównego. Natomiast zadaniem hamulca jest zatrzymanie rozpędzonych mas po stronie biernej napędu po wyłączeniu sprzęgła. Wysokie wymagania techniczne w połączeniu z koniecznością przenoszenia bardzo dużych momentów obrotowych, nierównomierną pracą, częstym rozpędzaniem i zatrzymywaniem dużych mas w krótkim czasie, przyczyniły się do powstania specjalnych konstrukcji sprzęgieł i hamulców wykorzystywanych w prasach mechanicznych. W prasach mechanicznych znalazły zastosowanie dwie grupy sprzęgieł: sztywne oraz elastyczno – cierne. W sprzęgłach sztywnych części ruchome z częściami nieruchomymi napędu są łączone przy pomocy elementu sztywnego, który jednocześnie przenosi cały moment obrotowy. W zależności od kształtu elementu roboczego sprzęgła sztywne dzielą się na:

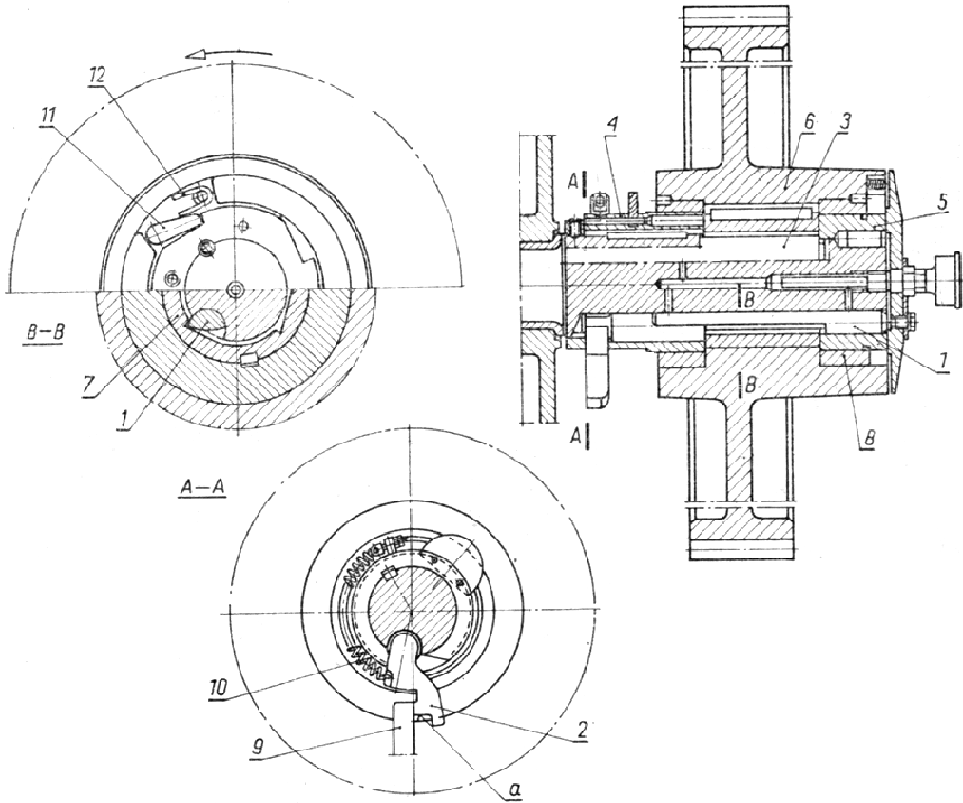
- kłowe;
- palcowe;
- z wpustem obrotowym.

W sprzęgłach elastyczno – ciernych połączenie części biernych napędu z czynnymi następuje w wyniku działania sił tarcia. W zależności od kształtu powierzchni roboczych konstrukcje sprzęgieł elastyczno - ciernych dzieli się na:

- płytkowe;
- stożkowe;
- cylindryczne;
- Sprzęgła sztywne.

Sprzęgła sztywne stosowane są w starszych typach pras mechanicznych o stosunkowo niewielkich naciskach. Ze względu na dynamiczny charakter włączania sprzęgieł sztywnych oraz znaczne momenty bezwładności i różnice prędkości łączonych mas, sprzęgła te umieszczane są tylko na wale głównym maszyny. Sprzęgła kłowe i palcowe ze względu na dużą bezwładność elementów obrotowych stosowane są najczęściej w prasach wolnobieżnych o częstości skoków $n = 30 - 40$ skoków/min. Powodem jest szybkie zużycie roboczych powierzchni kłów lub palców przy większych prędkościach, które w efekcie może prowadzić do niepełnego połączenia lub nierównomiernego rozłączenia elementów przyczyniając się do powstania niebezpiecznego zjawiska „zdwabiania skoków”. Najpopularniejszym rodzajem sprzęgła sztywnego stosowanym w prasach mechanicznych jest sprzęgło z obrotowym wpustem, którego schemat przedstawiono na rysunku 2.5.

Wpust obrotowy 1 umieszczony jest w wyżłobieniu wału 3 w ten sposób, że w stanie wysprzęglonym pokrywa się z obrysem wału. W momencie włączenia sprzęgła zostaje on wychylony w sposób pokazany na rysunku 2.5 i zazębia się z jednym z czterech wgłębień w tulei klinującej 7. Tuleja ta połączona jest w sposób sztywny z kołem zamachowym 6, którego obrót przenoszony jest przez wpust obrotowy na wał korbowy 3. W tym samym czasie zapadka 11 wchodzi w wybranie w tulei prawej 5 zabezpieczając przed przyspieszaniem wału względem koła, co może wystąpić w prasach o niewielkiej liczbie skoków z ciężkimi suwakami. Położenie wpustu obrotowego sterowane jest za pomocą zabieraka 2 i mechanizmu włączającego 9. Wyłączenie odbywa się po jednym lub kilku obrotach wału, zależnie od wybranego rodzaju pracy maszyny. Po wyłączeniu sprzęgła wał korbowy zatrzymywany jest przez hamulec w taki sposób, że suwak zajmuje górne zwrotne położenie. Spotykane są również rozwiązania konstrukcyjne sprzęgieł z dwoma lub trzema wpustami obrotowymi, które stosowane są w prasach o większych naciskach.



Rys. 2.5. Sprzęgło z wpustem obrotowym: 1 – wpust, 2 – zabierak, 3 – wał, 4, 5 – tuleje, 6 – koło zębate, 7 – tuleja klinująca, 8 – tuleja ślizgowa, 9 – mechanizm włączający, 10, 12 – sprężyny, 11 – zapadka [12]

3.4.4. Sprzęgła cierne

Obecnie budowane prasy mechaniczne w większości przypadków wyposażone są w sprzęgła cierne. Związane jest to głównie z wymogami bezpieczeństwa oraz ich dużą niezawodnością. Sprzęgła cierne mogą być wyłączone w dowolnym momencie, dzięki czemu istnieje możliwość zatrzymania suwaka prasy w dowolnym punkcie, co zdecydowanie wpływa na poprawę bezpieczeństwa pracy maszyny. Spotyka się wiele rozwiązań konstrukcyjnych sprzęgła ciernych, które różnią się przede wszystkim kształtem powierzchni ciernych.

Do podstawowych typów sprzęgła ciernych możemy zaliczyć między innymi:

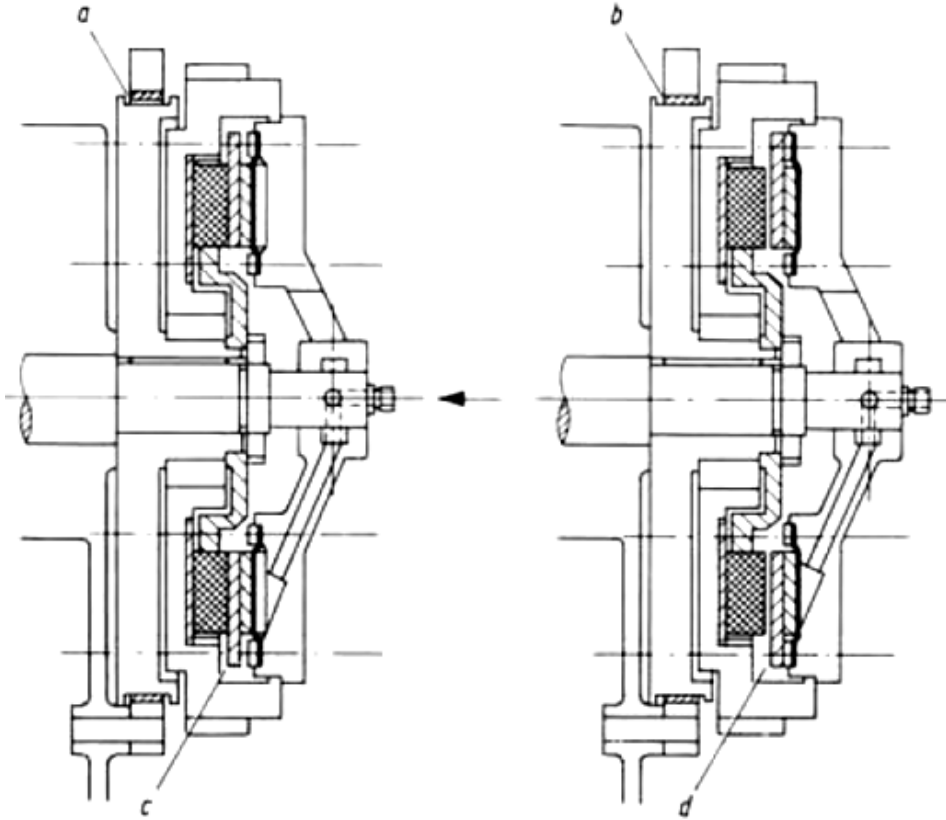
- sprzęgła cierne płytkowe, które są najbardziej rozpowszechnione i uniwersalne. Stosuje się je w prasach prawie wszystkich typów;

- sprzęgła cierne stożkowe pozwalające na zmniejszenie siły zaciskającej dzięki zastosowaniu stożkowych powierzchni ciernych. Sprzęgła tego typu stosowane są dość rzadko do przenoszenia niewielkich momentów obrotowych;
- sprzęgła cierne cylindryczne stosowane w prasach mimośrodowych i korbowych o niewielkim nacisku.

Konstrukcja sprzęgieł zależy w znacznym stopniu od sposobu sterowania. Dlatego też sprzęgła cierne klasyfikuje się również w zależności od sposobu włączania na:

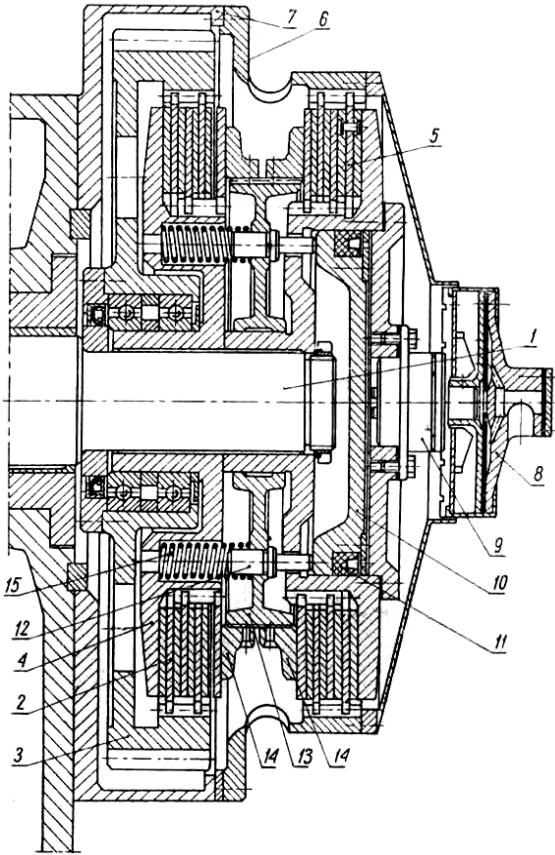
- włączane mechanicznie stosowane często w starszych typach pras, obecnie praktycznie już nie stosowane ze względu na małą dokładność pracy;
- włączane elektromagnetycznie, stosowane przy niewielkich momentach obrotowych;
- włączane elektrohydraulicznie, obecnie coraz częściej stosowane wraz z pojawianiem się nowych materiałów ciernych;
- włączane elektropneumatycznie, stosowane powszechnie w większości rozwiązań konstrukcyjnych pras, charakteryzują się prostym systemem sterowania, dobrymi warunkami regulacji, równomiernym dociskiem elementów ciernych, dużą dokładnością włączania.

Sprzęgła cierne sterowane elektropneumatycznie połączone są z hamulcem w sposób mechaniczny lub pneumatyczny, tworząc układy sprzęgłowo-hamulcowe. W zależności od miejsca usytuowania układu sprzęgłowo-hamulcowego wyróżnia się sprzęgła z hamulcami umieszczone między łożyskami wału lub poza łożyskami wału (konsolowo). Czynniki te wpływają w zasadniczym stopniu na konstrukcję sprzęgła oraz jego eksploatację. Rozwiązanie konstrukcyjne sprzęgła ciernego sterowanego pneumatycznie, które jest stosowane w prasach mechanicznych o niewielkich naciskach przedstawiono na rysunku 2.6.



Rys. 2.6. Sprzęgło cierne sterowane pneumatycznie stosowane w prasach mechanicznych:
a – hamulec zwolniony, *b* – hamulec zaciśnięty, *c* – sprzęgło włączone, *d* – sprzęgło wyłączone [35]

W momencie włączenia sprzęgła sprężone powietrze doprowadzone jest do komory sprzęgła otworem wykonanym osiowo w wale maszyny. Komora sprzęgła ograniczona jest membraną, do której przylega przesuwna płyta dociskowa. W wyniku działania ciśnienia, membrana przesuwa płytę dociskową, która zaciska płytki cierne sprzęgła. Jednocześnie siłownik pneumatyczny zwalnia hamulec, w wyniku czego następuje przeniesienie momentu obrotowego z koła zamachowego na wał główny maszyny. Po wyłączeniu sprzęgła, sprężone powietrze z komory i siłownika hamulca uchodzi do otoczenia powodując zluźnienie płytek ciernych sprzęgła. Jednocześnie sprężyny zaciskają hamulec, powodując zatrzymanie wału maszyny. W prasach, które wywierają stosunkowo duże naciski stosuje się cierne sprzęgła i hamulce z większą liczbą powierzchni ciernych (sprzęgła i hamulce cierne wielopłytkowe). Rozwiązanie konstrukcyjne ciernego wielopłytkowego układu sprzęgłowo – hamulcowego przedstawiono na rysunku 2.7.



Rys. 2.7. Zespół sprzęgło – hamulec umieszczone konsolowo po jednej stronie wału z mechanicznym sprzężeniem sprzęgła z hamulcem:

- 1 – wał,
- 2 – płytki zewnętrzne sprzęgła,
- 3 – koło napędowe,
- 4 – obsada płytek wewnętrznych,
- 5 – płytki zewnętrzne hamulca,
- 6 – obsada hamulca,
- 7 – osłona koła,
- 8 – przyśpieszacz przepływu,
- 9 – końcówka obrotowa,
- 10 – tłok,
- 11 – uszczelka,
- 12 – sworzeń,
- 13 – pierścień,
- 14 – płytka naciskowa,
- 15 – sprężyna [12]

Cechą charakterystyczną układu jest jego usytuowanie z jednej strony maszyny na zewnątrz koła napędowego. Płytki zewnętrzne hamulca 5 osadzone są w obsadzie 6 połączonej z nieruchomą osłoną koła napędowego 7, która jest przymocowana do korpusu prasy. Po włączeniu sprzęgła sprężone powietrze zostaje doprowadzone poprzez dyszę 8 i końcówkę obrotową 9 do tłoka 10. Tłok pod naciskiem powietrza przesuwając sworznie 12, które odsuwają pierścień 13 z regulowanymi płytkami naciskowymi 14. W efekcie hamulec zostaje zwolniony, a płytki sprzęgła zaciśnięte, co powoduje połączenie koła zamachowego z wałem. Po wypuszczeniu powietrza, sprężyny 15 przesuwają pierścień w prawo zaciskając płytki hamulca. Jednocześnie zostaje zwolnione sprzęgło i koło zamachowe obraca się swobodnie na wale maszyny.

3.4.5. Hamulce

Przeznaczeniem hamulca jest szybkie zatrzymanie części napędu i suwaka, oraz pochłonięcie energii po stronie biernej sprzęgła po jego wyłączeniu. Prawidłowe działanie hamulca ma istotny wpływ na bezpieczeństwo pracy

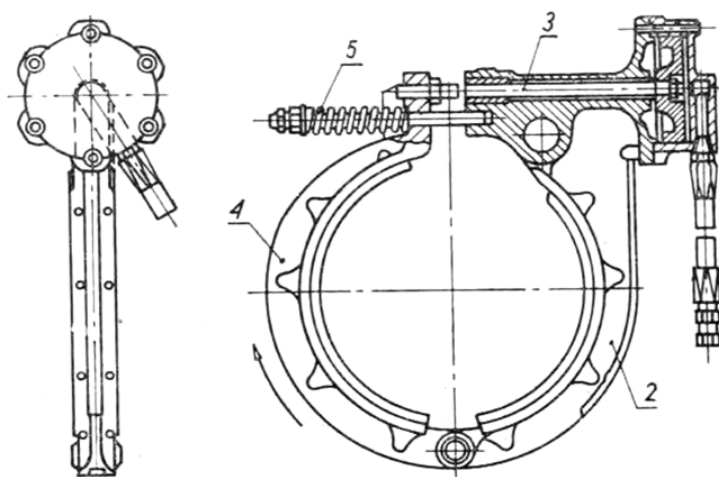
maszyny. Zasada działania wszystkich rodzajów hamulców stosowanych w prasach mechanicznych jest identyczna. Energia kinetyczna zostaje pochłonięta przez tarcie między poruszającymi się częściami biernymi a nieruchomą obudową połączoną z korpusem i następnie zamieniona na ciepło.

Hamulce stosowane w prasach można sklasyfikować w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego na: taśmowe, szczękowe, płytkowe oraz pierścieniowe. Natomiast ze względu na sposób działania wyróżnia się hamulce:

- stałego działania, stosowane w starszych typach pras, które są włączone cały czas, powodują one duże straty energii i szybkie zużywanie się okładzin ciernych;
- okresowego działania – sterowane, które są włączane po rozłączeniu sprzęgła.

We wszystkich hamulcach ze względów bezpieczeństwa, moment hamowania uzyskiwany jest dzięki naciskowi sprężyn. Niedopuszczalne jest wykorzystywanie innego czynnika, ponieważ zakłócenie lub przerwa w jego przepływie mogą spowodować nieprawidłową pracę hamulca, stwarzając zagrożenie dla obsługi prasy.

W małych prasach o stosunkowo niewielkich naciskach znajdują zastosowanie hamulce szczękowe, które charakteryzują się prostą konstrukcją oraz dużą niezawodnością działania. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne hamulca szczękowego zwalnianego pneumatycznie pokazano na rysunku 2.8. Urządzenie zwalnające hamulca składa się z pneumatycznego cylindra 1, w którym umieszczony jest tłok, przesuwany w wyniku działania sprężonego powietrza. Tłok połączony jest z tłoczyskiem 3, które naciskając na sworznień umieszczony w ruchomej szczęce 4, powoduje zwolnienie hamulca.

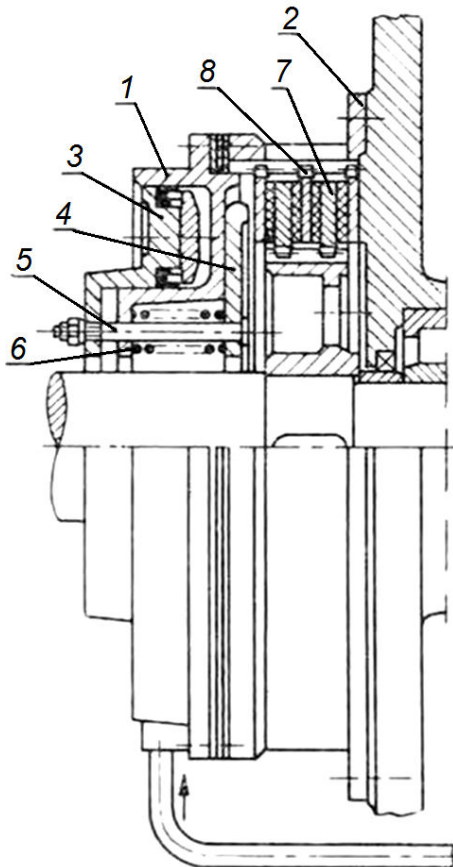


Rys. 2.8. Hamulec szczękowy zwalniany pneumatycznie: 1 – tłok, 2 – szczęka nieruchoma, 3 – tłoczysko, 4 – szczęka ruchoma, 5 – sprężyna regulacyjna [12]

Obecnie najczęściej stosowanym rozwiązaniem konstrukcyjnym są hamulce płytkowe, które charakteryzują się szeregiem zalet w stosunku do innych typów hamulców. Do najważniejszych zalet hamulców płytkowych można zaliczyć między innymi:

- możliwość przenoszenia dużych momentów hamowania, co pozwala na zastosowanie w prasach o większych naciskach;
- niewielki ciężar i bezwładność, co wpływa korzystnie na poprawę warunków pracy urządzenia;
- duża niezawodność działania, dzięki czemu poprawia się bezpieczeństwo pracy;
- możliwość stosowania w prasach szybkobieżnych, gdzie wymagana jest duża praca hamowania;
- szybkie odprowadzanie ciepła z powierzchni ciernych.

Schemat hamulca płytkowego i zasadę działania przedstawiono na rysunku 2.9. W przeciwieństwie do zasady działania sprzęgła ciernego powietrze służy do zwalniania hamulca.

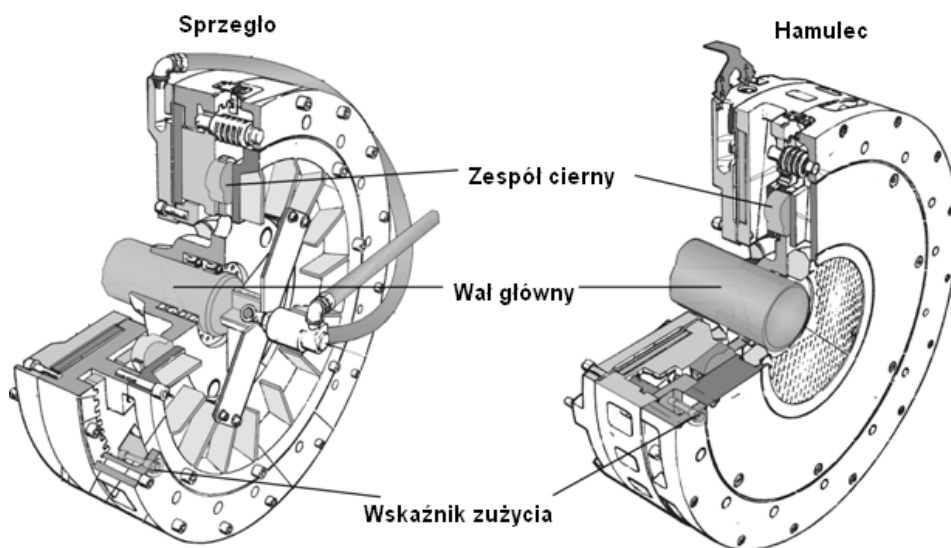


Rys. 2.9. Hamulec cierny wielopłytkowy sterowany pneumatycznie:

- 1 – nieruchomy cylinder pneumatyczny,
- 2 – korpus prasy,
- 3 – tłok roboczy,
- 4 – płyta naciskowa,
- 5 – sworzень blokujący,
- 6 – sprężyna,
- 7 – płytki cierne bierne,
- 8 – płytki cierne czynne [12]

Sprężony czynnik jest doprowadzany do nieruchomego cylindra 1, który wraz z obudową 2 połączony jest z korpusem prasy. W wyniku działania sprężonego powietrza, tłok 3 przesuwają się w lewo odciągając płytę dociskową 4, która jest połączona z nim sworzniami 5. Po wypuszczeniu powietrza, sprężyny 6 zaciskają płytki bierne 7 i czynne 8 zatrzymując wał maszyny.

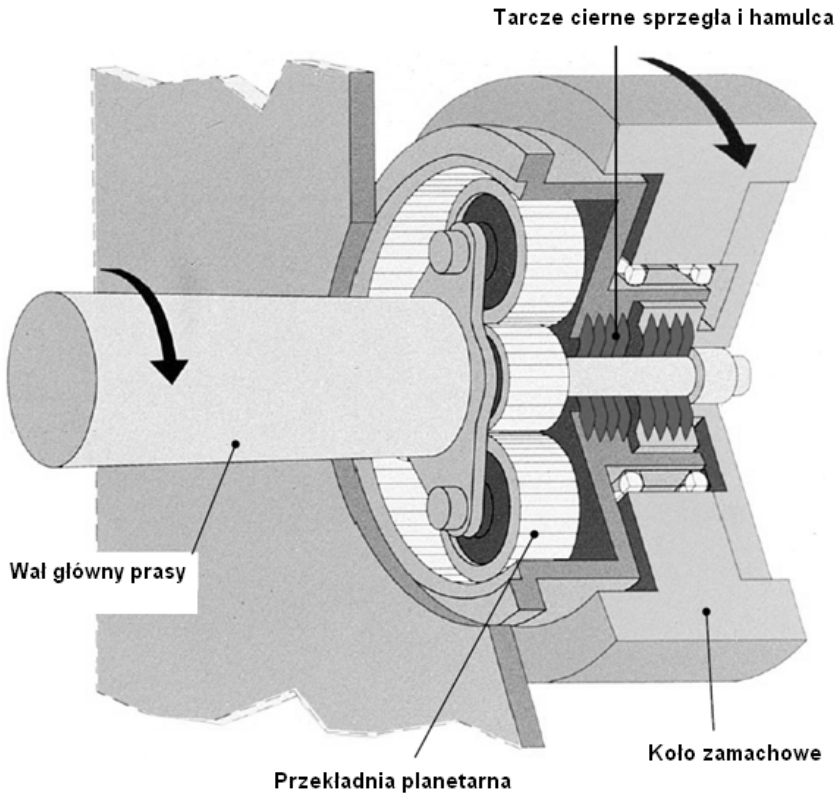
Obecnie wykorzystywane cierne sprzęgła i hamulce sterowane elektropneumatycznie mają zwartą konstrukcję i budowane są w oparciu o te same podzespoły (rys. 2.10). W rezultacie koszty eksploatacji i obsługi urządzeń są znacznie niższe, ułatwione jest również późniejsze łączenie zespołów w układy sprzęgłowo – hamulcowe. Układy takie umieszcza się najczęściej po jednej stronie maszyny na wale głównym. Przy takim rozwiązaniu nieruchoma tarcza hamulca przymocowany jest do korpusu prasy, natomiast tarcza obrotowa hamulca połączona jest z kołem zamachowym, łożyskowanym obrotowo na wale prasy. Na zewnątrz koła zamachowego osadzona jest tarcza czynna sprzęgła, natomiast tarcza bierna połączona jest z wałem maszyny.



Rys. 2.10. Powszechnie stosowana w prasach mechanicznych konstrukcja ciernego płytkowego sprzęgła i hamulca [20]

Dążenie do podniesienia efektywności działania pras mechanicznych oraz zmniejszenia zużycia materiałów spowodowało opracowanie napędów, w których przekładnie zębate umieszczone są w kołach zamachowych maszyny. Takie rozwiązanie wymusza konieczność stosowania układów sprzęgłowo-hamulcowych o niewielkich wymiarach, które będą w stanie przenieść znaczne

wartości momentów obrotowych. W efekcie opracowano cierne układy sprzęgłowo – hamulcowe sterowane elektrohydraulicznie. W sprzęgłach tego typu zwiększono kilkukrotnie siłę docisku płytek ciernych dzięki zastosowaniu siłowników hydraulicznych. W rezultacie możliwe stało się przeniesienie znacznie większych momentów obrotowych, przy jednoczesnym znacznym zmniejszeniu wymiarów i masy urządzenia. Stało się to możliwe dzięki opracowaniu, a następnie wykorzystaniu wysokowytrzymałych materiałów na elementy ciernie urządzeń. Do takich materiałów należą między innymi węgliki spiekane, które stanowią powierzchnie ciernie sprzęgieł i hamulców. Konstrukcję układu sprzęgłowo – hamulcowego sterowanego elektrohydraulicznie i umieszczonego wewnątrz przekładni planetarnej przedstawiono na rysunku 2.11.



Rys. 2.11. Przekładnia planetarna z układem sprzęgłowo – hamulcowym umieszczone w kole zamachowym prasy [20]

3.5. Układy pomocnicze stosowane w prasach mechanicznych

Podniesienie jakości kształtowanych wyrobów, zwiększenie wydajności oraz rozszerzenie możliwości technologicznych pras, wymusza stosowanie różnego rodzaju urządzeń pomocniczych (urządzenia specjalnego przeznaczenia). Zastosowanie urządzeń pomocniczych pozwala również na zwiększenie bezpieczeństwa pracy oraz ułatwia obsługę maszyny. Obecnie większość budowanych pras mechanicznych jest wyposażona przez producentów w różnego rodzaju osprzęt pomocniczy. Do najczęściej stosowanych urządzeń pomocniczych zalicza się między innymi:

- wyrzutniki;
- poduszki;
- urządzenia odciążające.

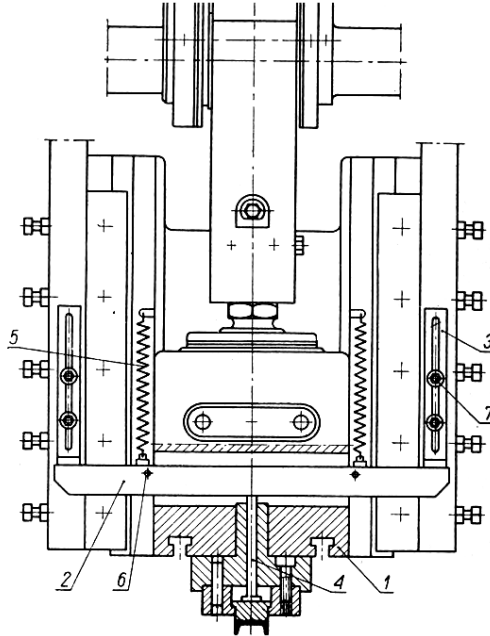
3.5.1. Wyrzutniki

Wyrzutniki przeznaczone są do usuwania wyrobów ze stempli i matryc, które po operacjach kształtowania plastycznego pozostają w lub na narzędziach. W zależności od miejsca umieszczenia wyrzutniki można sklasyfikować na:

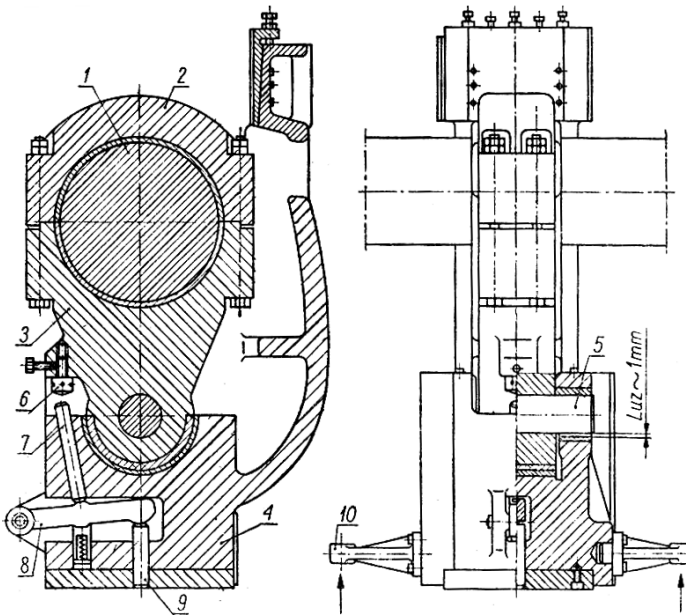
- górne – umieszczone w suwaku prasy,
- dolne – umieszczone w stole prasy.

Wyrzutniki górne napędzane mogą być od suwaka prasy lub od wału głównego przy pomocy układu krzywkowego lub za pomocą cięgien. Często spotykane rozwiązanie konstrukcyjne wyrzutnika górnego, który napędzany jest od suwaka prasy przedstawiono na rysunku 2.12. W korpusie suwaka 1 umieszczono belkę wyrzutnika 2 zawieszoną na dwóch sprężynach podtrzymujących 5, które dociskają belkę do krawędzi otworu w suwaku. Przed wzdłużnym przesuwem belki zabezpieczają dwa kołki gwintowane 6. Do korpusu prasy po obu stronach suwaka przykręcone są regulowane zderzaki 3 za pomocą śrub 7. Podczas ruchu suwaka 1 do góry belka wyrzutnika 2 opiera się o zderzaki 3 i powoduje wypchniecie wyrobu z narzędzia za pośrednictwem sworznia 4, który przechodzi przez czop tłoczniaka.

Inne rozwiązanie konstrukcyjne wyrzutnika górnego zastosowano w prasach korbowych kuźniczych (rys. 2.13). Wyrzutnik umieszczony jest w suwaku prasy 1. W czasie ruchu powrotnego suwaka, gdy następuje przechylenie korbowodu 2 względem suwaka, śruba zderzaka 6 naciska na sworznię wypychacza 7, co powoduje wypchniecie zakleszczonego wyrobu. Powrót dźwigni 8 wraz ze sworzniem 9 odbywa się w wyniku działania siły nacisku sprężyny. Regulacja skoku wyrzutnika odbywa się w wyniku wykręcenia bądź wkręcenia śruby 6. Przed samoczynnym wykręceniem zderzak zabezpieczony jest śruba dociskową.



Rys. 2.12. Wyrzutnik górny umieszczony w suwaku prasy mechanicznej: 1 – płyta suwaka, 2 – belka wyrzutnika, 3 – zderzak, 4 – trzpień, 5 – sprężyna, 6 – kołek oporowy, 7 – śruba [12]

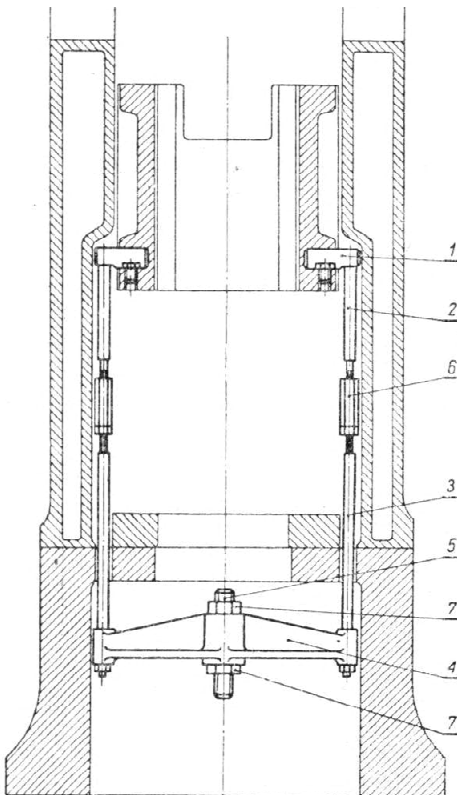


Rys. 2.13. Wyrzutnik górny prasy korbowej kuźniczej Maxi: 1 – wał korbowy, 2 – głowa korbowodu, 3 – stopa korbowodu, 4 – suwak, 5 – sworzeń, 6 – śruba zderzaka, 7 – sworzeń, 8 – dźwignia, 9 – trzpień, 10 – zawieszenie urządzenia odcciążającego [12]

Wyrzutniki dolne umieszczone są w stole prasy i stosowane są w celu usunięcia ukształtowanego wyrobu z dolnego narzędzia. Podobnie jak w wyrzutnikach górnych, wypchniecie wyrobu odbywa się w wyniku przesunięcia trzpienia osadzonego w belce. W zależności od sposobu napędu wyrzutniki dolne dzieli się na:

- wyrzutniki napędzane przez suwak prasy;
- wyrzutniki napędzane od wału korbowego.

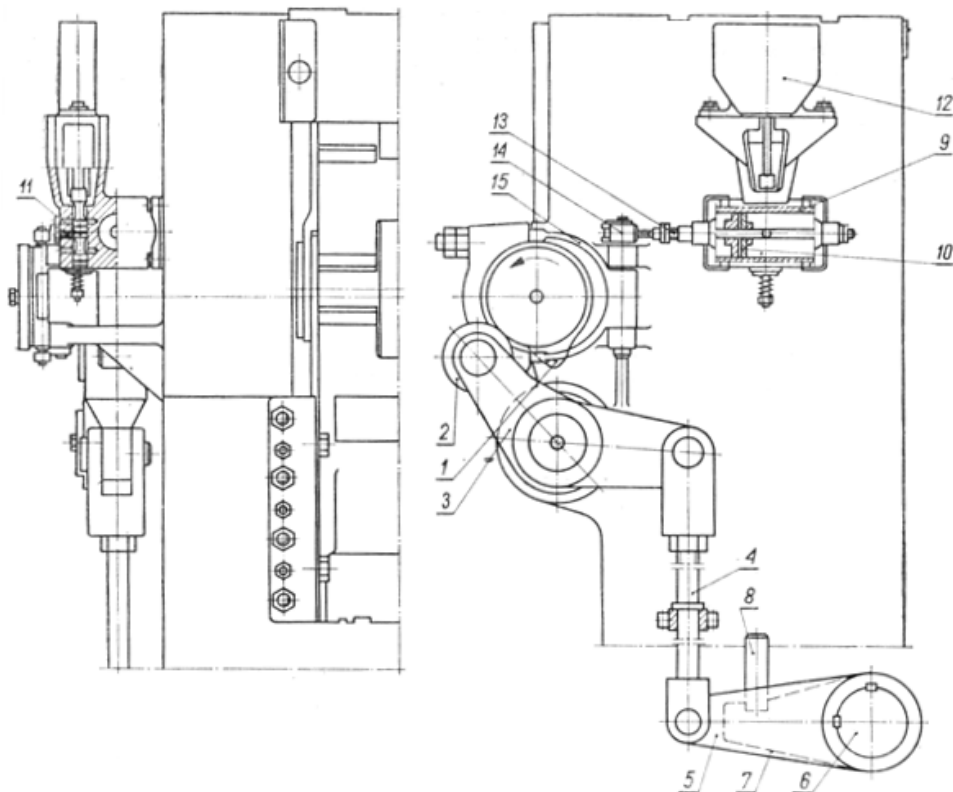
Pierwszy rodzaj napędu wyrzutników stosowany jest najczęściej w prasach podwójnego działania i prasach ciernych. Natomiast drugi rodzaj napędu (od wału korbowego) znalazł powszechne zastosowanie w prasach kolanowych. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne wyrzutników dolnych z napędem od suwaka prasy przedstawiono na rysunku 2.14. Belka wyrzutnika 4 zawieszona jest na cięgnach 2 i 3 połączonych z suwakiem zewnętrznym za pomocą sworzni 1. W belce wyrzutnika umieszczono śrubę, która przy ruchu suwaka do góry uderza w trzpień wyrzutnika powodując usunięcie wyrobu z matrycy. Regulację położenia wyrzutnika uzyskuje się przez wkręcenie lub wykręcenie nakrętek rzymskich 6 łączących cięgna. Dodatkowo można zmieniać położenie śruby 5, utrzymywanej przy pomocy nakrętek 7.



Rys. 2.14. Wyrzutnik dolny umieszczony w stole prasy podwójnego działania napędzany od suwaka prasy:

- 1 – sworznie osadzone w suwaku zewnętrznym,
- 2, 3 – cięgna łączące,
- 4 – belka wyrzutnika,
- 5 – śruba wyrzutnika,
- 6 – nakrętka rzymska, regulacyjna,
- 7 – nakrętka ustawcze [12]

Rozwiązanie konstrukcyjne wyrzutnika dolnego z napędem od wału głównego prasy pokazano na rysunku 2.15. Przeniesienie napędu na trzpień wyrzutnika 8 odbywa się za pośrednictwem układu dźwigniowego współpracującego z krzywką 1 osadzoną na czopie wału korbowego.



Rys. 2.15. Wyrzutnik dolny napędzany od wału korbowego prasy: 1 – krzywka, 2 – rolka wychylna, 3 – dźwignia dwuramienna, 4 – ciągnio, 5 – dźwignia pozioma, 6 – wał wyrzutnika, 7 – dźwignia wyrzutnika, 8 – trzpień wyrzutnika, 9 – cylinder pneumatyczny, 10 – tłok sterujący, 11 – rozdzielacz tłoczkowy, 12 – luzownik elektromagnetyczny, 14 – dźwignia drążka tłokowego, 15 – widelki wysprzęglające [12]

3.5.2. Poduszki

Poduszki są urządzeniami rozszerzającymi zakres zastosowań maszyny. Ich głównym zadaniem jest:

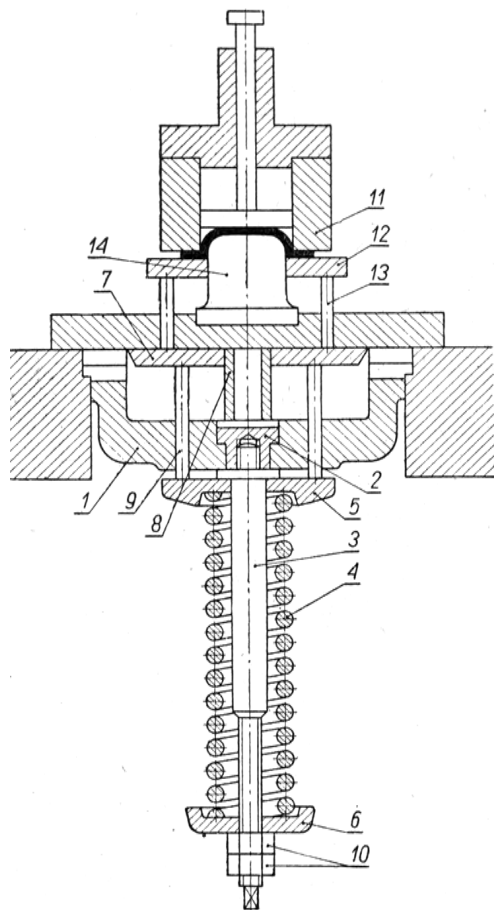
- wypchniecie gotowego wyrobu z tłoczniaka po zakończeniu operacji technologicznej, które odbywa się podczas ruchu suwaka do góry;
- przytrzymanie obrzeża blachy przy tłoczeniu, gięciu lub wykrawaniu podczas ruchu suwaka do dołu.

Ze względu na konstrukcję i zasadę działania poduszki można podzielić na trzy zasadnicze grupy:

- poduszki mechaniczne;
- poduszki powietrzne (pneumatyczne);
- poduszki powietrzno – hydrauliczne.

Poduszki mechaniczne stosuje się w prasach o niewielkich naciskach, oraz przy cienkich blachach i niewielkich głębokościach tłoczenia. W poduszkach tego typu do wywarcia siły nacisku wykorzystuje się element sprężysty (sprężyny, elementy gumowe i poliuretanowe). Powoduje to, że w miarę wzrostu głębokości tłoczenia wzrasta siła docisku obrzeża blachy, co w konsekwencji może doprowadzić do pęknięcia tłoczonego elementu.

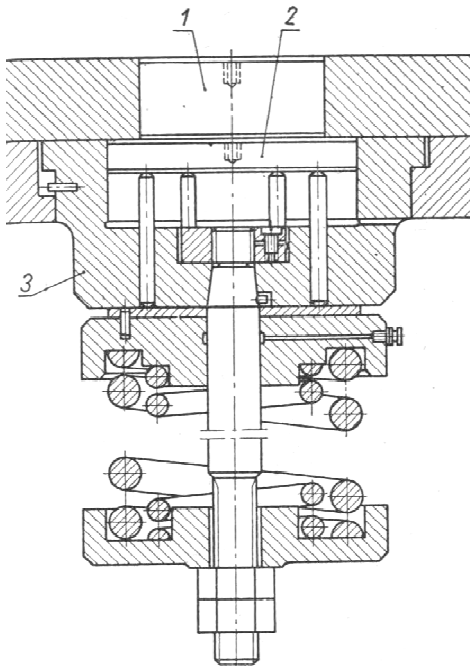
Na rysunku 2.16 przedstawiono poduszkę mechaniczną z zastosowaną sprężyną śrubową. Przy ruchu suwaka do dołu pierścień ciągowy 11 dociska kształtowaną blachę do pierścienia dociskacza 12.



Rys. 2.16. Poduszka mechaniczna sprężynowa:

- 1 – obsada poduszki,
- 2 – tuleja prowadząca,
- 3 – trzpień sprężyny,
- 4 – sprężyna naciskowa,
- 5 – pierścień oporowy górny,
- 6 – pierścień oporowy dolny,
- 7 – pierścień,
- 8 – tuleja,
- 9 – trzpień wypychające,
- 10 – nakrętki regulacyjne,
- 11 – pierścień ciągowy,
- 12 – pierścień dociskowy,
- 13 – trzpień wypychające,
- 14 – stempel [12]

Siła dociskacza powstaje w skutek nacisku sprężyny 4 za pośrednictwem talerzyka górnego 5, trzpieni 9 oraz pierścienia 7 prowadzonego na tulei 8 na trzpieniu wypychające 13 tłoczniaka. Przy ruchu suwaka do góry pierścień dociskacza spycha wyrób ze stempla 14 w wyniku działania siły pochodzącej od naciągu sprężyny. Wszystkie części poduszki związane są z obsadą 1 umieszczoną w stole prasy. Poduszka stanowi integralną całość, która w każdej chwili może zostać wymontowana z prasy. Regulację nacisku poduszki uzyskuje się przez skrócenie lub wydłużenie sprężyny za pomocą nakrętek 10 i talerzyka 6 nakręcanych na gwintowany trzpień 3 osadzony w tulei 2. Bardzo często w celu zwiększenia siły nacisku poduszki stosuje się dwie lub więcej sprężyn (rys. 2.17). Poduszki mechaniczne charakteryzują się prostą budową i eksploatacją. Posiadają jednak zasadniczą wadę, którą jest wzrost siły nacisku poduszki w czasie procesu tłoczenia. Dlatego też tego typu urządzenia są stosowane jedynie w prasach o niewielkich naciskach i małych skokach suwaków.



Rys. 2.17. Poduszka mechaniczna (sprężynowa) z dwiema sprężynami naciskowymi:
1 – wkładka,
2 – płyta wypychacza,
3 – obsada poduszki [12]

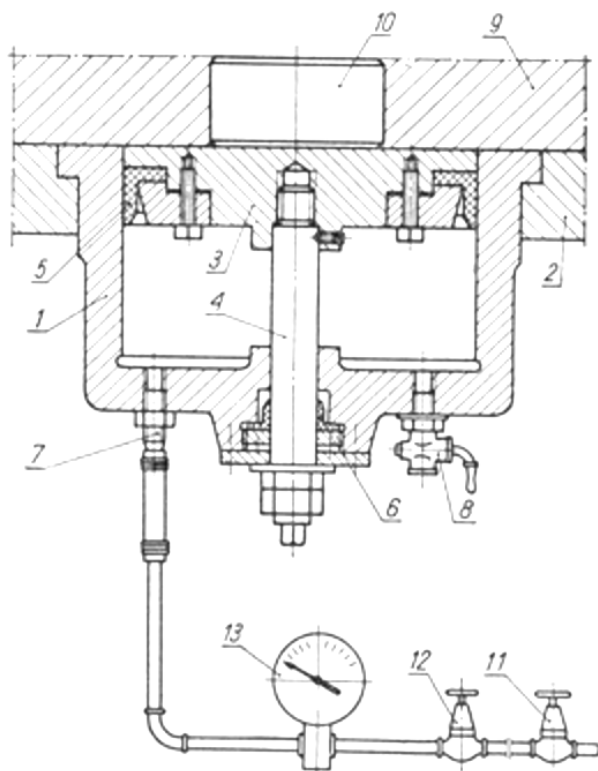
Wyżej wymienionych wad nie posiadają poduszki pneumatyczne. Siła docisku blachy w tego typu poduszkach jest stała na całej głębokości tłoczenia. Dzięki zastosowaniu poduszek powiększa się uniwersalność prasy. Poduszki pneumatyczne ze względu na położenie można podzielić na:

- podwieszane;
- wbudowane w stół prasy.

Natomiast ze względu na zastosowane rozwiązanie konstrukcyjne możemy je podzielić na:

- poduszki z ruchomym cylindrem i nieruchomym tłokiem;
- poduszki z nieruchomym cylindrem i ruchomym tłokiem.

Zasada działania wszystkich poduszek pneumatycznych jest taka sama. Sprężone powietrze działając na tłok powoduje jego względne przemieszczenie w cylindrze i wywarcie nacisku na obrzeże kształtowanej blachy za pośrednictwem sworzni, płyt, pierścieni itp. Poduszkę pneumatyczną mocowaną w stole prasy pokazano na rysunku 2.18.



Rys. 2.18. Poduszka pneumatyczna mocowana w stole prasy:
 1 – cylinder pneumatyczny,
 2 – stół prasy,
 3 – tłok,
 4 – tłocznisko,
 5 – uszczelnienie tłoka,
 6 – uszczelnienie tłoczniska,
 8 – zawór spustowy odwodnienia,
 9 – płyta tłocznika,
 10 – trzpień dociskacza,
 11, 12 – zawory odcinające sprężone powietrze,
 13 – manometr [12, 24]

Poduszki powietrzno – hydrauliczne są stosowane w przypadku, gdy nacisk poduszki pneumatycznej jest niewystarczający. Podobnie jak poduszki pneumatyczne dzielą się one na poduszki podwieszane oraz zabudowane w stole prasy. W poduszkach powietrzno – hydraulicznych ciśnienie na płytę wypychacza wywiera ciecz. Natomiast sprężone powietrze służy do podawania cieczy do cylindra podczas ruchu poduszki do góry, oraz przy regulacji siły docisku tłoczonego elementu. Poduszki tego typu pozwalają na uzyskanie znacznie większych sił docisku materiału niż poduszki pneumatyczne przy znacznie bardziej zwartej budowie. Poduszki pneumatyczno – hydrauliczne

znalazły zastosowanie przede wszystkim w dużych prasach ciągowych typu karoseryjnego.

3.5.3. Urządzenia odciążające

Urządzenia odciążające są stosowane we wszystkich typach pras mechanicznych. Ich zastosowanie ma na celu przede wszystkim zrównoważenie ciężaru suwaka i narzędzi oraz sił bezwładności działających na suwak prasy. Dzięki czemu pozwalają one na wyeliminowanie w dużym stopniu drgań, ułatwiając prace sprzęgła i hamulca. Zastosowanie urządzeń odciążających ma również duży wpływ na bezpieczeństwo pracy. W chwili awarii sprzęgła lub hamulca urządzenie odciążające powoduje wymuszony powrót suwaka do górnego zwrotnego położenia. Również istotnym zadaniem urządzeń odciążających jest kasowanie luzów roboczych w suwaku, korbowodzie i łożyskach wału głównego, przez co uzyskuje się większą dokładność ustawienia narzędzi. Dodatkowo dzięki urządzeniu odciążającemu nastawianie suwaka prasy w kierunku pionowym (wkręcanie lub wykręcanie łącznika) odbywa się przy znacznie mniejszych oporach. Ze względu na rozwiązanie konstrukcyjne i sposób działania urządzenia odciążające można podzielić na:

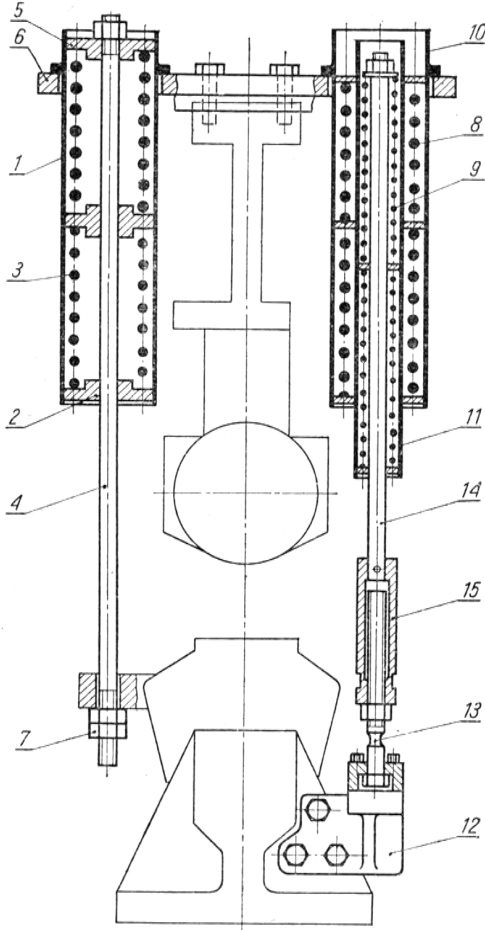
- ciężarowe,
- sprężynowe,
- pneumatyczne,
- hydrauliczne.

Obecnie praktycznie nie spotyka się urządzeń odciążających ciężarowych. W prasach wyposażonych w tego typu urządzenia odciążające suwak podparty był na dźwigni, na której drugim końcu zawieszono były obciążniki. Stosowano również różnego rodzaju przeciwcieżary umieszczane na kołach zamachowych pras.

Również urządzenia odciążające sprężynowe stosowano przede wszystkim w starszych konstrukcjach pras o niewielkich naciskach, w których zastosowano sprzęgła sztywne bądź cierne sterowane mechanicznie. Wadą tego typu urządzeń jest wzrost siły sprężyn w miarę wzrostu skoku prasy, co powodowało wzrost oporów ruchu w końcowym etapie skoku suwaka prasy. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia odciążającego sprężynowego pokazano na rysunku 2.19. Sprężyny urządzenia umieszczone są w stalowej tulei 1, która zabezpiecza obsługę prasy w przypadku pęknięcia sprężyny. Szeregowy układ sprężyn stosowany w urządzeniach odciążających umożliwia uzyskanie większych wartości skoków suwaków pras, przy znacznie mniejszych różnicach wartości sił.

Dużą popularnością cieszą się urządzenia odciążające pneumatyczne. Są one obecnie powszechnie używane w prasach mechanicznych. Charakteryzują się

prostą budową, łatwą i niezawodną eksploatacją oraz stałą wartością siły działającej na suwak prasy w całym zakresie jego skoku.



Rys. 2.19. Urządzenie odciążające sprężynowe:

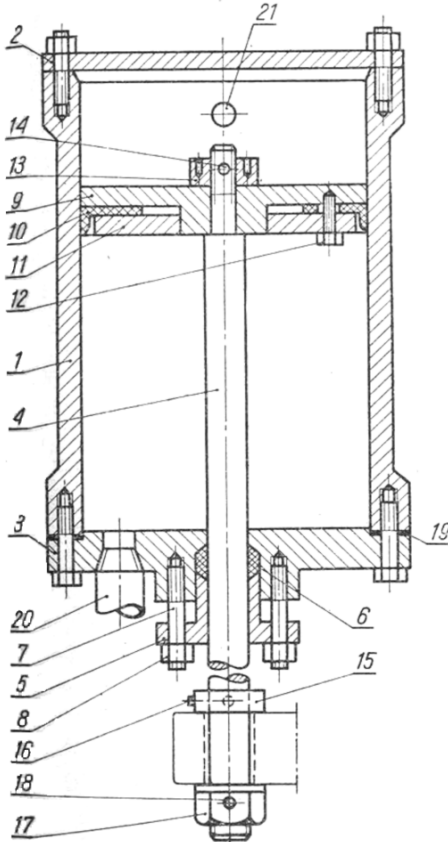
- 1 – tuleja osłonowa,
- 2 – pokrywa zamykająca,
- 3 – sprężyna,
- 4 – cięgno,
- 5 – ruchoma pokrywa,
- 6 – wspornik,
- 7 – nakrętki regulacyjne,
- 8, 9 – sprężyny,
- 10, 11 – osłony,
- 12 – wspornik,
- 13 – zakończenie cięgna,
- 14 – cięgno,
- 15 – tuleja gwintowana [24]

W zależności od usytuowania pneumatycznych urządzeń odciążających można je podzielić na:

- górnocylindrowe, w których suwak prasy zawieszony jest na tłoczykach cylindrów pneumatycznych;
- dolnocylindrowe, w których suwak prasy podparty jest na tłoczykach cylindrów pneumatycznych.

Górnocylindrowe zawieszenie suwaka prasy w urządzeniu pneumatycznym pokazano na rysunku 2.20. Odciążacz składa się z cylindra pneumatycznego 1, przymocowanego do korpusu prasy. Wewnątrz cylindra porusza się tłok 9 osadzony na tłoczyku 4. Natomiast z drugiej strony tłoczyko osadzone jest w uchu suwaka prasy. Dolna i górna część cylindra zamknięta jest pokrywami 2 i 3. Tłok i tłoczyko uszczelnione są uszczelkami 6 i 10. Pod powierzchnię tłoka

podawane jest króćcem 20 sprężone powietrze, które naciskając na powierzchnię tłoka wywiera siłę równoważącą ciężar suwaka. Sprężone powietrze podawane jest do cylindra pod stałym ciśnieniem, co pozwala na utrzymanie niezmiennej wartości siły w całym zakresie skoku suwaka prasy.



Rys. 2.20. Pneumatyczne urządzenie odciążające stosowane w prasach mechanicznych:

- 1 – cylinder pneumatyczny,
- 2 – pokrywa górna,
- 3 – pokrywa dolna,
- 4 – tłoczyisko,
- 5 – dławnica,
- 6 – uszczelnienie tłoczyiska,
- 7 – śruba dwustronna,
- 8 – nakrętka,
- 9 – tłok,
- 10 – uszczelnienie tłoka,
- 11 – płyta dolna tłoka,
- 12 – śruba,
- 13 – nakrętka koronowa,
- 14 – zawleczka,
- 15 – pierścień,
- 16 – wkręt dociskowy,
- 17 – nakrętka,
- 18 – zawleczka,
- 19 – uszczelka pokrywy,
- 20 – króciec,
- 21 – otwór odprężający [24]

Urządzenia odciążające hydrauliczne charakteryzują się spokojną pracą, niewielkimi wymiarami gabarytowymi oraz dużą niezawodnością działania, co powoduje, że w obecnie budowanych maszynach znajdują one coraz większe zastosowanie. Z uwagi na znacznie mniejsze wymiary w stosunku do urządzeń sprężynowych i pneumatycznych mogą być one montowane wewnątrz stojaków pras.

3.6.4. Urządzenia zabezpieczające prasy

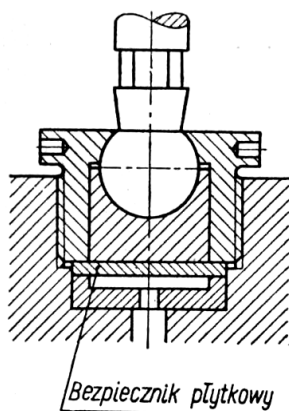
Wszystkie prasy mechaniczne podczas pracy są narażone na wszelkiego rodzaju chwilowe przeciążenia, które niejednokrotnie mogą doprowadzić do zniszczenia lub uszkodzenia poszczególnych mechanizmów maszyny. W celu

zabezpieczenia elementów prasy przed uszkodzeniem stosuje się bezpieczniki, których konstrukcja jest uzależniona od rodzaju zabezpieczanych elementów. Do najbardziej obciążonych elementów prasy można zaliczyć między innymi: korpus, korbowód wraz z łącznikiem oraz wał korbowy. Dlatego też przede wszystkim te elementy są zabezpieczane przed przeciążeniem. W zależności od przeznaczenia bezpieczniki można podzielić na:

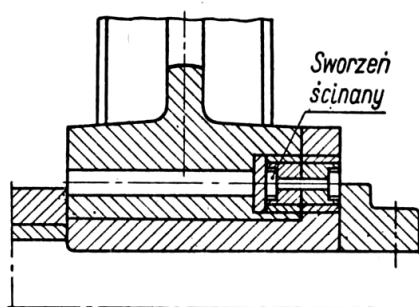
- ograniczające wielkość nacisku prasy, umieszczane najczęściej w suwakach pras;
- ograniczające wielkość momentu skręcającego, umieszczane w kołach zamachowych.

Do najstarszych a zarazem najpopularniejszych zabezpieczeń pras zalicza się bezpieczniki ścinowe, które po przekroczeniu dopuszczalnego obciążenia ulegają zniszczeniu przez ścięcie elementów zabezpieczających takich jak: płytki, kołki, sworznie itp. Na rysunku 2.21 przedstawiono sposób umieszczania bezpieczników ścinowych w suwaku prasy (rys. 2.21a) oraz kole zamachowym (2.21b).

a)



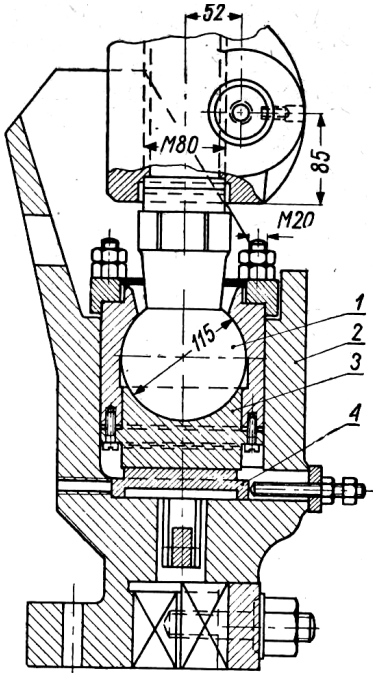
b)



Rys. 2.21. Sposób umieszczania bezpieczników ścinowych: a) płytkowego w suwaku prasy, b) sworznioowego w kole zamachowym [24]

Kształt, wymiary oraz gatunek materiału, z którego są wykonane bezpieczniki ścinowe muszą być ściśle dobrane, tak aby bezpiecznik uległ zniszczeniu dopiero po przekroczeniu dopuszczalnego obciążenia. Na kolejnym rysunku 2.22 przedstawiono kształt i sposób umieszczania bezpiecznika płytkowego w suwaku prasy. Kulisty zakończenie gwintowanego łącznika 1 połączone jest z suwakiem prasy 2 za pomocą łożyska oporowego 3, które opiera się o płytkę bezpiecznika 4. Gdy obciążenie prasy przekroczy wartość dopuszczalną łożysko oporowe powoduje ścięcie płytki bezpiecznika, w wyniku

czego nastąpi przemieszczenie korbowodu bez przesunięcia suwaka. W chwili zniszczenia bezpiecznika następuje wyłączenie napędu prasy przez wyłącznik krańcowy. Ponowne uruchomienie maszyny jest możliwe dopiero po wymianie płytki bezpiecznika.

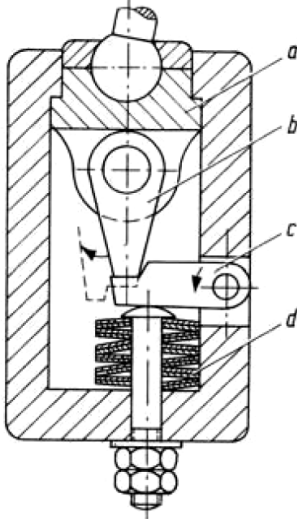


Rys. 2.22. Bezpiecznik ścinowy naciskowy, sposób umieszczania w suwaku prasy mimośrodowej:

- 1 – kuliste zakończenie gwintowanego łożyska,
- 2 – suwak prasy,
- 3 – poduszka oporowa łożyska,
- 4 – bezpiecznik spinowy [12]

Bezpieczniki ścinowe mimo swojej prostoty i niewielkiej ceny są dość uciążliwe podczas ich wymiany, po ich zniszczeniu. Najczęściej taka wymiana odbywa się przy konieczności demontażu całego zespołu, co wiąże się z długotrwałymi przestojami maszyny. Dlatego też coraz częściej są wykorzystywane bezpieczniki, które nie ulegają zniszczeniu po przekroczeniu dopuszczalnego obciążenia, a jedynie powodują rozłączenie napędów (rys. 2.23). Do takich urządzeń zabezpieczających możemy zaliczyć między innymi bezpieczniki hydrauliczne oraz wszelkiego rodzaju wskaźniki nacisku reagujące na wielkość odkształcenia korpusu. Zastosowanie znajdują tutaj również czujniki tensometryczne, pozwalające na pomiar rzeczywistego nacisku prasy podczas jej pracy.

Natomiast do zabezpieczania elementów napędu przed przekroczeniem dopuszczalnego momentu skręcającego (najczęściej wału korbowego) stosuje się bezpieczniki cierne umieszczane w kołach zamachowych. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne bezpiecznika ciernego umieszczonego w kole zamachowym przedstawiono na rysunku 2.24. Tego typu zabezpieczenia działają na zasadzie sprzęgła cierne.



Rys. 2.23. Bezpiecznik sprężysty stosowany w suwakach pras:

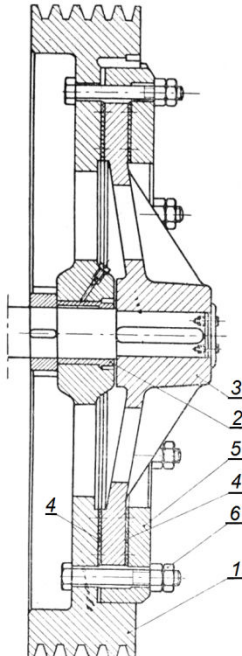
a – poduszka łożyska,

b – dźwignia naciskowa,

c – dźwignia obrotowa,

d – pakiet sprężyn talerzowych [35]

W kole zamachowym 1 umieszczona jest tarcza 3 osadzona na wale głównym prasy. Tarcza wyposażona jest w okładziny cierne 4, które stykają się z jednej strony z kołem zamachowym a z drugiej z pierścieniem dociskowym 5. Pierścień dociskany jest do tarczy za pomocą śrub 6 z siłą, która pozwala na uzyskanie momentu tarcia równego momentowi dopuszczalnemu. Przy wzroście momentu skręcającego ponad wartość dopuszczalną następuje poślizg koła zamachowego w stosunku do tarczy, w konsekwencji czego koło zamachowe obróci się na wale prasy 2 nie przekazując momentu obrotowego.



Rys. 2.24. Bezpiecznik cierny umieszczony w kole zamachowym prasy:

1 – wieniec koła zamachowego,

2 – tuleja ślizgowa,

3 – piasta koła,

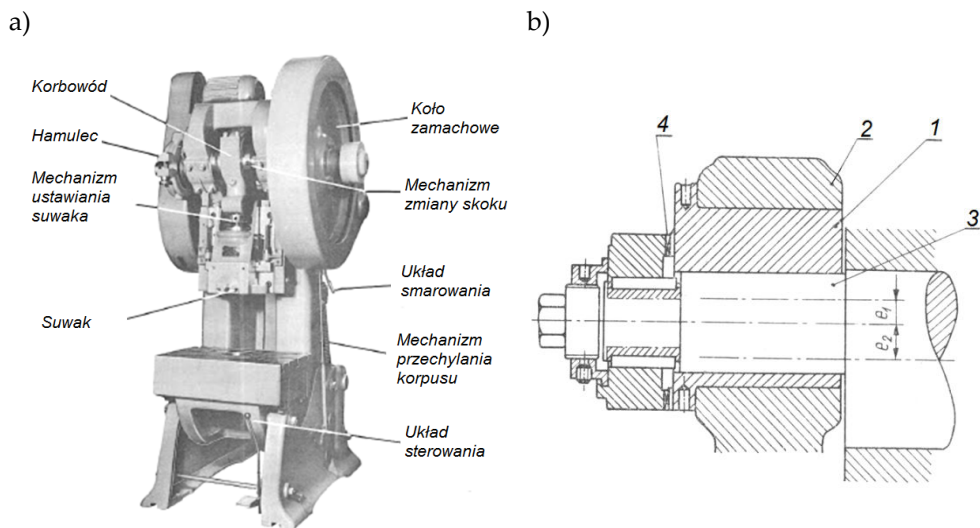
4 – okładzina cierna,

5 – tarcza dociskowa,

6 – śruba [12]

4. Prasy mimośrodowe

Prasy mimośrodowe wśród pras mechanicznych stanowią najliczniejszą grupę maszyn używanych w procesach obróbki plastycznej. Prasą mimośrodową nazywa się prasę, która posiada możliwość zmiany wielkości skoku suwaka za pomocą tulei mimośrodowej osadzonej na wykorbieniu wału. Dzięki czemu można otrzymać szereg wartości skoków.



Rys. 4.1. Prasa mimośrodowa: a) ogólny schemat maszyny, b) mechanizm zmiany wielkości skoku suwaka prasy: 1 – tuleja mimośrodowa, 2 – korbówód, 3 – czop wału korbowego, 4 – tuleja klinująca [11, 58]

Prasy mimośrodowe jeszcze do niedawna stanowiły podstawowe wyposażenie wielu zakładów, gdzie dzięki swojej dużej uniwersalności wykorzystywano je do realizacji różnorodnych operacji technologicznych. Do zalet pras mimośrodowych można zaliczyć między innymi:

- możliwość zmiany wartości skoku suwaka, która w połączeniu z regulacją położenia suwaka umożliwia współpracę z różnymi tłocznikami,
- prosta i wygodna obsługa umożliwiająca pracę pojedynczymi skokami przy ręcznym podawaniu wsadu i odbieraniu wyrobów,
- możliwość pracy zarówno skokami pojedynczymi jak i w cyklu ciągłym,
- stosunkowo niska cena.

Szereg cennych zalet powoduje, że prasy mimośrodowe również obecnie stanowią liczną grupę maszyn wykorzystywanych w przemyśle (pomimo coraz większego rozpowszechnienia pras hydraulicznych).

4.1. Klasyfikacja

Prasy mimośrodowe budowane są o dużej rozpiętości nacisków, wahającej się od 10 kN do ponad 6000 kN. Podstawowym kryterium podziału pras mimośrodowych jest kształt korpusu, który może być:

- wysięgowy,
- ramowy.

Zdecydowana większość pras mimośrodowych posiada korpus wysięgowy, co stwarza bardzo korzystne warunki eksploatacji i obsługi, ze względu na dostęp do przestrzeni roboczej z trzech stron, a w przypadku pras z przelotem w korpusie, z czterech stron.

Drugim kryterium podziału pras mimośrodowych jest możliwość zmiany położenia suwaka i stołu prasy, według którego tego typu maszyny dzieli się na:

- prasy stałe,
- prasy przechylne.

Trzecim kryterium podziału pras mimośrodowych jest sposób podparcia wału korbowego, według którego dzielą się na:

- prasy z wałem jednostronnie łożyskowanym,
- prasy z wałem dwustronnie łożyskowanym,
- prasy z wałem jednostronnie łożyskowanym z dodatkowym podparciem czopa korbowego.

Ze względu na położenie wału korbowego prasy mimośrodowe można podzielić na:

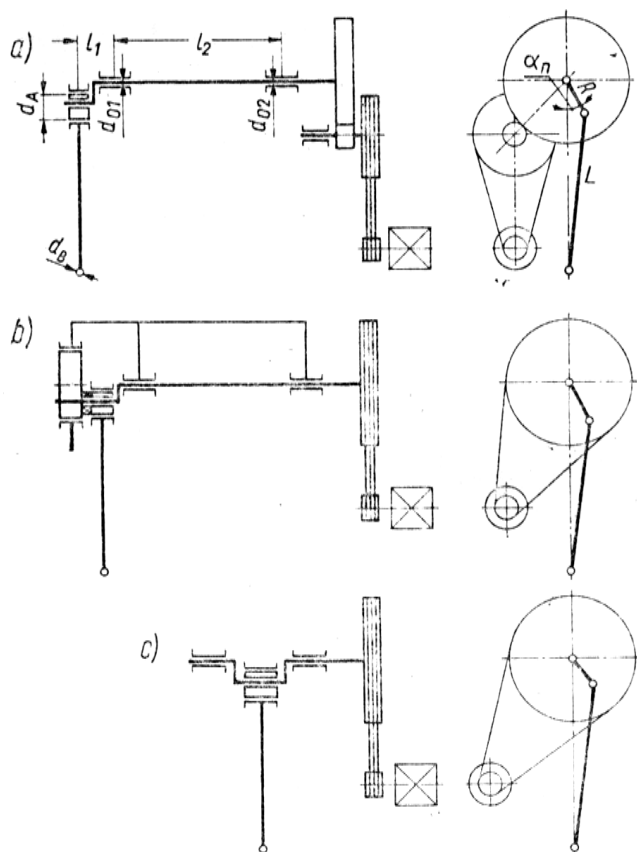
- prasy z wałem położonym prostopadle do przodu prasy (układ charakterystyczny dla pras z wałem jednostronnie łożyskowanym, oraz jednostronnie łożyskowanym z dodatkowym podparciem),
- prasy z wałem położonym równoległe do przodu prasy (układ charakterystyczny dla pras z wałem dwustronnie łożyskowanym).

Na bazie konstrukcji pras mimośrodowych powstało wiele odmian pras specjalizowanych i specjalnych, przystosowanych do wykonywania określonych operacji. Do tego typu pras można zaliczyć między innymi:

- prasy z rogiem stosowane do dziurowania i nitowania,
- prasy z powiększonym wysięgiem,
- prasy dwupunktowe, w których istnieje możliwość mimośrodowego obciążania suwaka,
- prasy o zmniejszonym skoku, nazywane czasami automatami do wykrawania.

4.1.1. Prasy mimośrodowe stałe

Prasy tego typu są budowane o największej rozpiętości nacisków, nawet do 8000 kN. Cechą charakterystyczną tych pras jest stały korpus, prawie wyłącznie w układzie pionowym. Są one budowane w kilku odmianach różniących się przede wszystkim łożyskowaniem wału korbowego (rys. 4.2).



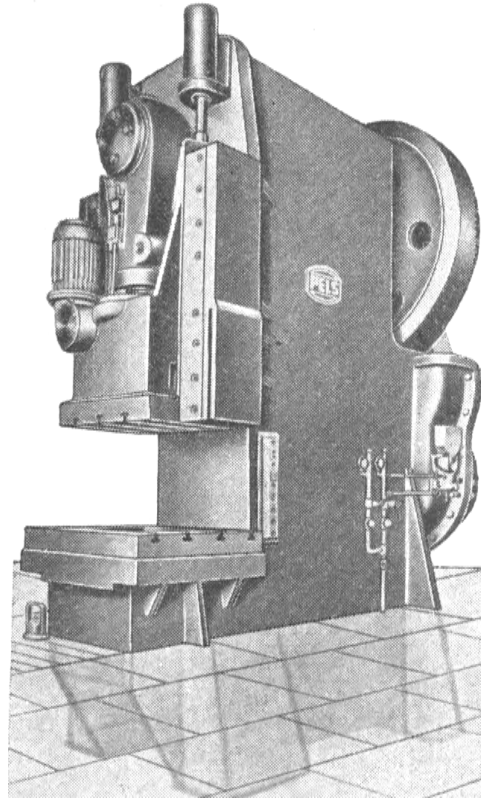
Rys. 4.2. Sposób łożyskowania wału korbowego w prasach mimośrodowych:
 a) jednostronnie łożyskowany,
 b) jednostronnie łożyskowany z dodatkowym podparciem,
 c) dwustronnie łożyskowany [12]

4.1.2. Prasy jednostronnie łożyskowane

W tego typu prasach, wał korbowy (główny) umieszczony jest prostopadle do czoła prasy i posiada wysięgowy czop korbowy (rys. 4.2a). Takie ukształtowanie wału powoduje, że prasy tego typu mają mniejszą wielkość maksymalnego skoku oraz mniejszy nacisk nominalny, co związane jest z wytrzymałością i sztywnością wału. Odmianą pras tego typu są prasy jednostronnie łożyskowane z dodatkowym podparciem czopa korbowego, dzięki czemu zwiększono sztywność i wytrzymałość wału.



Rys. 4.3. Prasa mimośrodowa stała o nacisku 63 kN z wałem korbowym usytuowanym prostopadle do przodu prasy, jednostronnie łożyskowanym firmy JABMET [65]

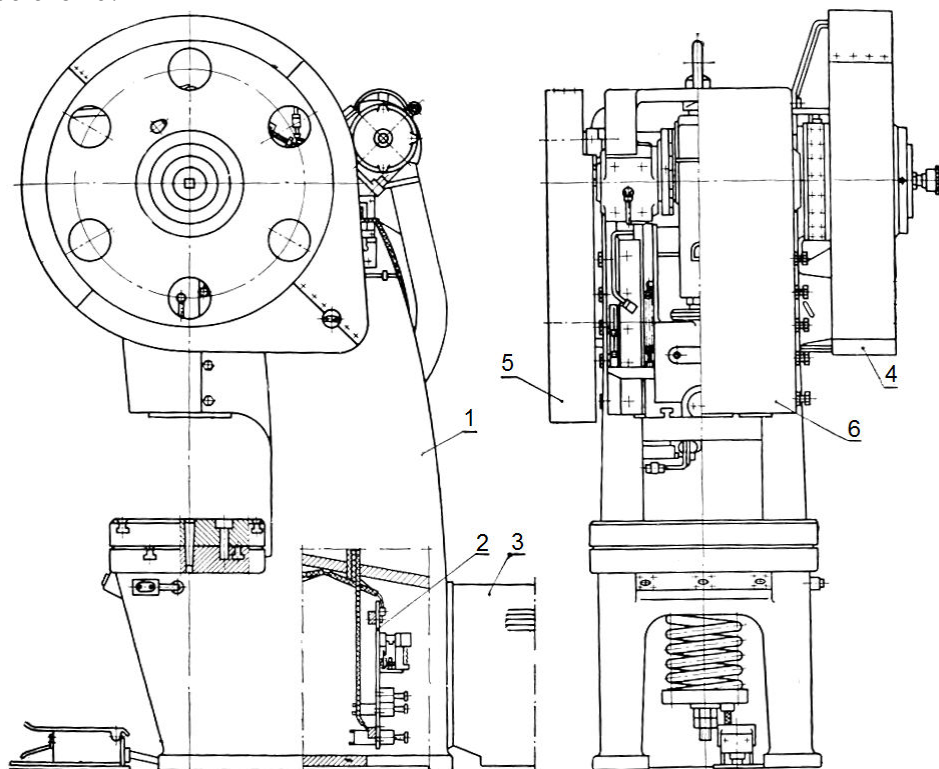


Rys. 4.4. Prasa mimośrodowa wysięgowa stała PMS 250 z korpusem spawanym z wałem jednostronnie łożyskowanym [12]

4.1.3. Prasы mimośrodowe dwustronnie łożyskowane

W prasach dwustronnie łożyskowanych (rys. 4.2c) wał korbowy z reguły jest umieszczony równoległe do przodu prasy. Taki usytuowanie wału jest znacznie korzystniejsze pod względem wytrzymałościowym, zapewnia znacznie większą sztywność oraz możliwość stosowania większych skoków suwaka, zmniejsza również jego wymiary gabarytowe. Prasы z wałem dwustronnie łożyskowanym budowane są w wersjach wolnobieżnych i szybkobieżnych. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne prasы z wałem dwustronnie łożyskowanym PMS 63 przedstawiono na rysunku 4.5. Korpus prasы 1 wykonany jest jako jednolity odlewany z żeliwa szarego modyfikowanego. W dolnej części korpusu w skrzynce elektrycznej 3 umieszczona jest instalacja elektryczna 2. W prasie zastosowano sprzęgło sztywne z wpustem obrotowym, które jest

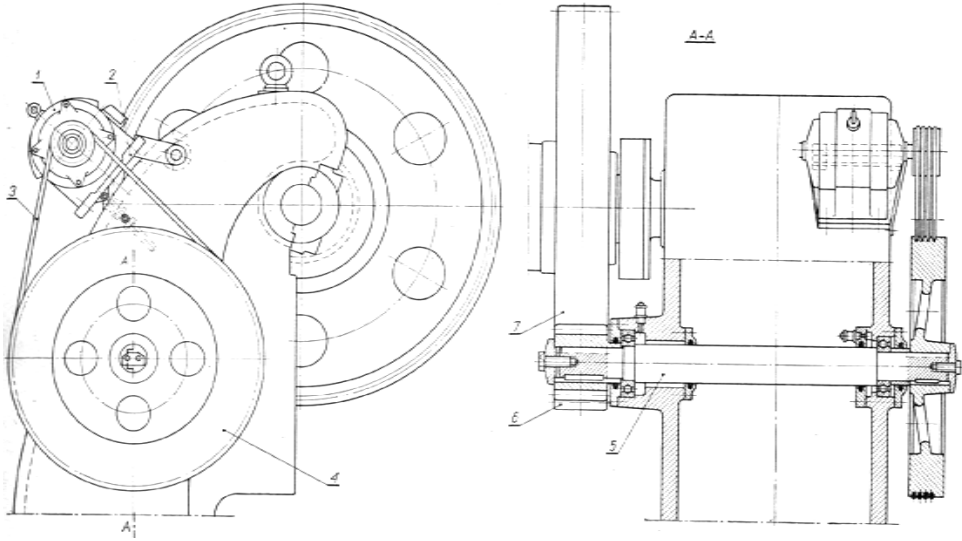
zsynchronizowane z hamulcem taśmowym różnicowym. Prasa sterowana jest elektrycznie za pomocą krzywki umieszczonej na wale mimośrodowym oraz włącznika krańcowego, co pozwala na zatrzymanie suwaka w dowolnym położeniu.



Rys. 4.5. Prasa mimośrodowa wysięgowa stała PMS 63 dwustronnie łożyskowana, wolnobieżna o nacisku 630 kN: 1 – korpus odlewany, 2 – instalacja elektryczna, 3 – skrzynka elektryczna, 4 – koło zamachowe, 5 – koło zębate, 6 – osłona mechanizmu korbowego prasy [12]

Sposób napędu prasy PMS 63 przedstawiono na kolejnym rysunku 4.6. Napęd prasy przenoszony jest od silnika elektrycznego 1 osadzonego na przechylnej płycie 2 za pomocą czterech pasków klinowych 3 na koło pasowe 4 osadzone na wale pośrednim 5. Stąd za pośrednictwem kół zębatach 6 i 7 napęd jest przekazywany na wał korbowy. Tego typu prasy budowane są jako prasy stałe i przechylne, szybkobieżne i wolnobieżne.

Przykładowe konstrukcje obecnie budowanych pras mimośrodowych stałych z wałem korbowym łożyskowanym dwustronnie pokazano na rysunkach 4.7 oraz 4.8. Prasy wyposażone są w cierne układy sprzęgłowo – hamulcowe sterowane pneumatycznie. Dzięki temu możliwe jest zatrzymanie suwaka prasy w dowolnym położeniu.



Rys. 4.6. Napęd prasy mimośrodowej wolnobieżnej PMS 63: 1 – silnik napędowy, 2 – płyta przechylna, 3 – paski klinowe, 4 – koło pasowe, 5 – wał pośredni, 6, 7 – koła zębate [12]



Rys. 4.8. Prasa mimośrodowa stała o nacisku 400 kN z wałem dwustronnie łożyskowanym usytuowanym równoległe do przodu prasy firmy PRESSIX [65]



Rys. 4.8. Prasa mimośrodowa stała o nacisku 1050 kN z wałem dwustronnie łożyskowanym usytuowanym równoległe do przodu prasy firmy MIOS [42]

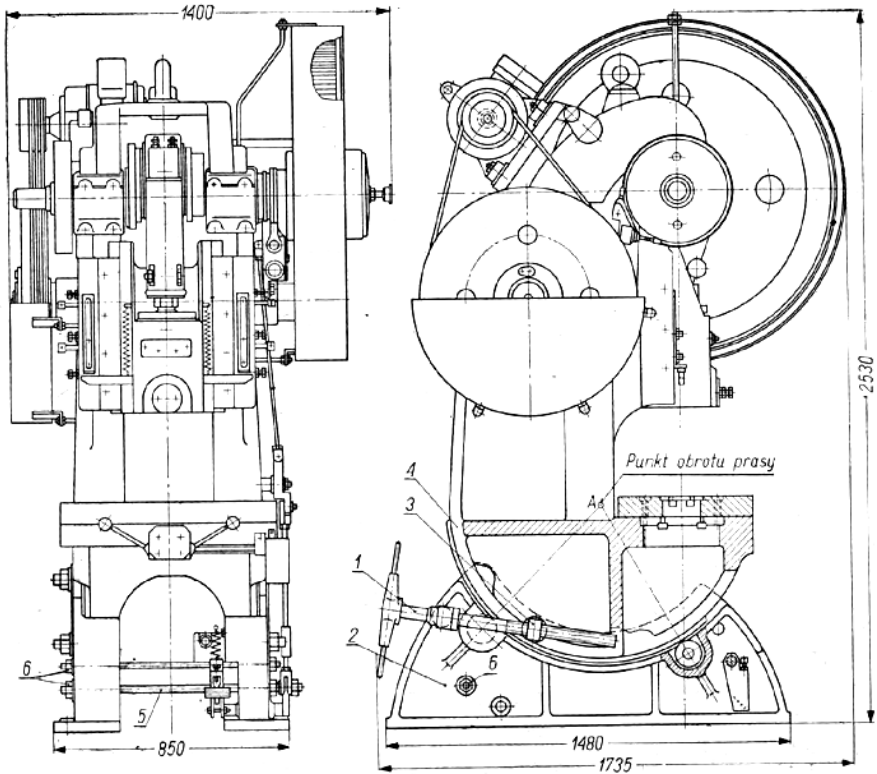
Suwaki pras zawieszono na pneumatycznych urządzeniach odciążających. Dodatkowo przestrzeń robocza maszyn zabezpieczona jest w sposób mechaniczny przed ingerencją obsługi w czasie ruchu suwaka, co poprawia bezpieczeństwo pracy. W prasach tego typu możliwe jest również automatyczne nastawianie skoku suwaka, dzięki czemu znacznie skraca się czas ustawienia maszyny.

4.1.4. Prasy mimośrodowe wysięgowe przechyłne

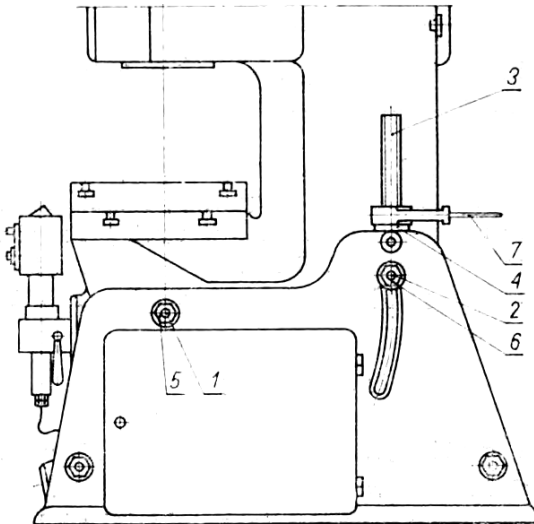
Często prasy mimośrodowe wykorzystywane są w produkcji wielkoseryjnej i masowej przy wykorzystaniu stosunkowo prostych konstrukcyjnie tłoczników i wykrojników. Dlatego też, aby przyspieszyć i ułatwić proces usuwania gotowych elementów stosuje się prasy, w których ukształtowane półfabrykaty zsuwają się pod własnym ciężarem ze stołu maszyny. Prasy przechyłne budowane są o naciskach do 2000 kN w wersji szybkobieżnej i wolnobieżnej. Konstrukcja prasy pozwala na przechyłanie górnej części korpusu wraz ze stołem, co jest bardzo wygodne, gdy zachodzi potrzeba, aby przedmioty po operacji wykrawania same spadały do pojemników, podstawionych z tyłu korpusu prasy. Dodatkowo w prasach tego typu zawsze występuje przelot w korpusie. Przechyłanie korpusu prasy może odbywać się ręcznie przy pomocy mechanizmu śrubowego (rys. 4.9), który jest stosowany w prasach o niewielkich naciskach. Przechyłanie korpusu możliwe jest na skutek obrotowego zamocowania górnej części korpusu do podstawy. Korpus jest przechyłany za pomocą śruby pociągowej 1 zamocowanej przegubowo w podstawie 2 oraz nakrętki 3 osadzonej w korpusie 4. Dwie części podstawy w dolnej części połączone są śrubami 5, a ich rozstaw jest ustalany za pomocą nakrętek 6. Ze względów bezpieczeństwa największy kąt wychylenia korpusu prasy wynosi 30°.

Inne rozwiązanie konstrukcyjne mechanizmu przechyłania korpusu prasy mimośrodowej pokazano na kolejnym rysunku 4.10. Oś obrotu korpusu 1 umieszczona jest najczęściej w osi stołu prasy. W miarę opuszczania korpusu sworzni 2 przemieszcza się w otworze wykonanym w dolnej nieruchomej podstawie. Śruba 3 mechanizmu przechyłania połączona jest ze sworzniem 2 i osadzona w nakrętce 4 umieszczonej obrotowo i przegubowo w dolnej podstawie. Po zluźnieniu nakrętek 5 i 6 obracana jest nakrętka 4 za pomocą dźwigni zapadkowej 7. W wyniku czego następuje przesuw śruby i przechyłanie korpusu. Po ustawieniu korpusu w żądanym położeniu następuje zaciśnięcie nakrętek 5 i 6, które unieruchamiają górną część korpusu prasy.

W prasach o większych naciskach, w których korpusy są znacznie masywniejsze przechyłanie górnej części korpusu realizowane jest za pomocą urządzenia hydraulicznego, którego działanie oparte jest na zasadzie podnośnika hydraulicznego.



Rys. 4.9. Prasa mimośrodowa wysięgowa PMP 63 z wałem dwustronnie łożyskowanym z śrubowym mechanizmem przechylania korpusu: 1 – śruba pociągowa, 2 – podstawa, 3 – nakrętka, 5 – śruby zaciskowe, 6 – nakrętki [12]



Rys. 4.10. Mechanizm przechylania korpusu prasy mimośrodowej PMP 25C z płynną zmianą kąta wychylenia korpusu:

1 – oś obrotu górnej części korpusu,
2 – sworzeń,
3 – śruba mechanizmu przechylania,
4 – nakrętka obrotowa,
5, 6 – nakrętki mocujące,
7 – pokrętło zapadkowe [12]

Prasę mimośrodową o nacisku 630 kN z korpusem przechylnym oraz wałem korbowym łożyskowanym dwustronnie pokazano na rysunku 4.11. pokazano na rys. 4.11. Prasa wyposażona jest w dwuczęściowy korpus konstrukcji odlewanej z pozostawionym przelotem między dwoma stojakami górnej części korpusu. Do przechylania korpusu wykorzystuje się typowy mechanizm śrubowy przedstawiony na rys. 4.10, który umożliwia przechylanie korpusu w sposób płynny. Na kolejnym rysunku 4.12 przedstawiono prasę mimośrodową firmy MIOS o nacisku 400 kN z korpusem przechylnym oraz wałem korbowym jednostronnie łożyskowanym. Prasa również składa się z dwuczęściowego korpusu, przy czym w tym przypadku konstrukcja korpusu jest spawana. Górna – przechylna część korpusu posiada przelot między dwoma płytami bocznymi, co umożliwia po przechyleniu korpusu swobodne usuwanie ukształtowanych wyrobów z przestrzeni roboczej maszyny. Do przechylania korpusu również zastosowano ręczny mechanizm śrubowy. Przy czym w tym przypadku przechylanie korpusu odbywa się stopniowo, co 10° po wcześniejszym zluźnieniu nakrętek zaciskowych.



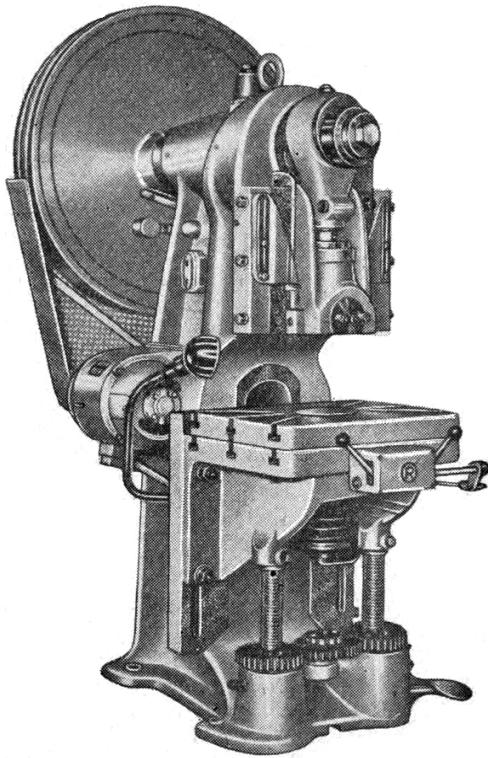
Rys. 4.11. Prasa mimośrodowa wysięgowa przechylna PMP 63 z dwustronnie łożyskowanym wałem korbowym [44]



Rys. 4.12. Prasa mimośrodowa wysięgowa przechylna PMP 40 jednostronnie łożyskowana firmy MIOS [42]

4.1.5. Pras mimośrodowe wysięgowe z nastawnym stołem

Kolejną grupę pras mimośrodowych wysięgowych stanowią prasy z nastawnym stołem. Budowane są one o naciskach od 10 – 630 kN. Pras tego typu wykonuje się na bazie tych samych zespołów, co prasy mimośrodowe wysięgowe stałe. Zmianie jedynie ulega kształt korpusu, gdzie stół ma możliwość pionowego przesuwu. Pras tego typu budowane są w wersji ze stołem podpartym centralnie jedną śrubą, oraz za pomocą dwóch śrub. Podparcie dwuśrubowe stołu jest korzystniejsze, gdyż umożliwia stosowanie dodatkowych urządzeń umieszczanych w stole prasy (wyrzutniki, poduszki) (rys. 4.13).

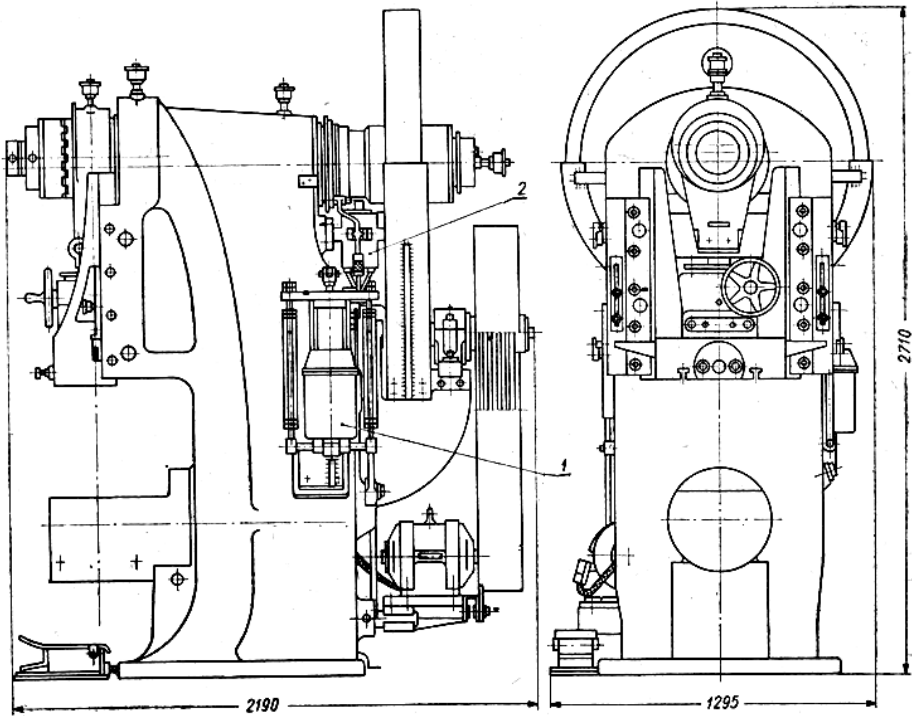


Rys. 4.13. Prasa mimośrodowa wysięgowa stała PMS 40 z przesuwным stołem podpartym za pomocą dwóch śrub, z wałem korbowym łożyskowanym jednostronnie o nacisku 400 kN [12]

4.1.6. Specjalne odmiany pras mimośrodowych

Prasy mimośrodowe ogólnego przeznaczenia pomimo swojej dużej uniwersalności, często nie są w stanie zaspokoić potrzeb użytkowników. Dlatego też na ich bazie powstał szereg pras specjalnych i specjalizowanych o powiększonym zakresie zastosowań, które przystosowane są najczęściej do wykonywania określonego rodzaju operacji. Przykładem takiego rozwiązania może być prasa wysięgowa stała, która zamiast stołu wyposażona została w róg.

Tego typu prasy są stosowane do operacji dziurowania oraz nitowania wszelkiego rodzaju obręczy lub naczyń gospodarstwa domowego (rys. 4.14).



Rys. 4.14. Specjalizowana prasa mimośrodowa wysięgowa stała PMS 160 z ramięm stosowana do dziurowania obręczy o nacisku 1600 kN [12]

Również prasy mimośrodowe z korpusem ramowym można zaliczyć do grupy maszyn specjalizowanych. Korpus ramowy jest typowy dla pras korbowych. Natomiast prasy mimośrodowe o tym korpusie szczególnie nadają się do operacji wykrawania z dużą ilością skoków oraz wykrawania dokładnego przy zmniejszonym luzie. Ramowy układ korpusu eliminuje niekorzystny wpływ odkształcenia kąтового na pracę narzędzia. Bardzo często prasy tego typu o zmniejszonej wartości skoku wyposaża się w urządzenia podające razem z tymi urządzeniami nazywane są automatami do wykrawania (rys. 4.15).

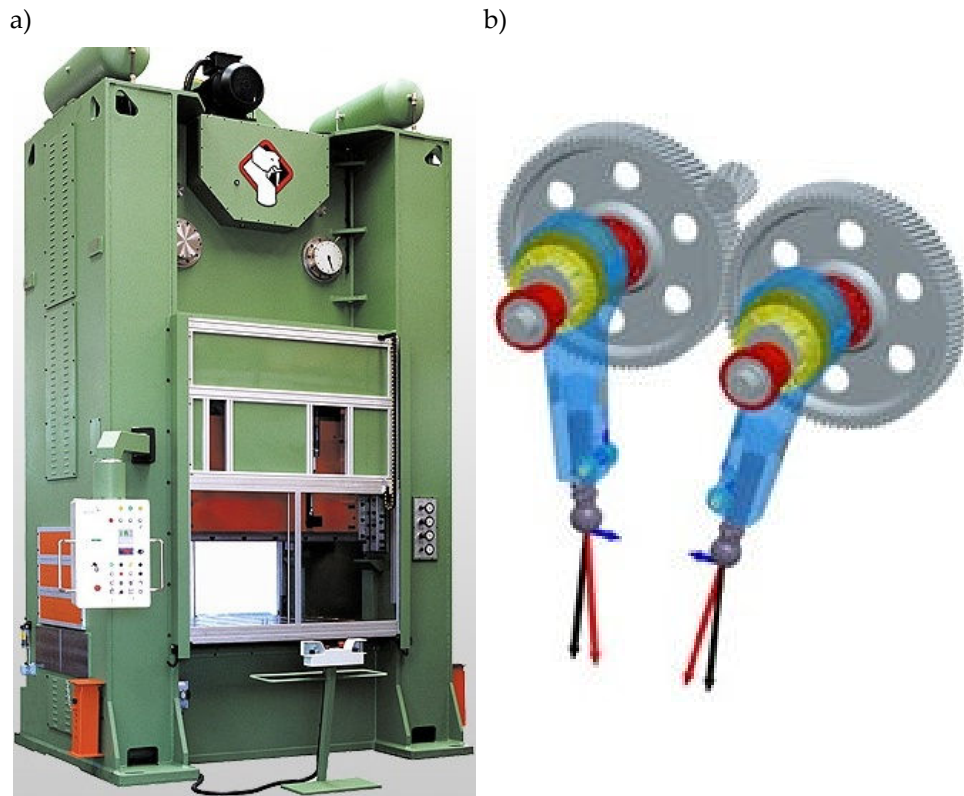
Prasy mimośrodowe wysięgowe budowane są najczęściej z jednopunktowym podparciem suwaka, co znacznie ogranicza możliwość ich mimośrodowego obciążenia. Należy tutaj zaznaczyć, że poprzez dwupunktowe podparcie suwaka prasy uzyskuje się możliwość ich mimośrodowego obciążenia oraz zabudowy na nich wykrojników i tłoczników wielozabiegowych.



Rys. 4.15. Prasa mimośrodowa z korpusem ramowym o nacisku 400 kN stosowana do wykrawania firmy ÖZKAL [58]

Mimośrodowe prasy dwustojakowe z podwójnym korbowodem również zaliczane są do maszyn specjalizowanych. Konstrukcja układu napędowego prasy (rys. 4.16) składa się z dwóch wałów mimośrodowych obracających się w przeciwnych kierunkach. Dzięki temu możliwe jest zrównoważenie poruszających się mas, co z kolei zapobiega niesymetrycznemu zużyciu prowadnic suwaka. Stosunkowo duże wymiary powierzchni roboczych stołu i suwaka umożliwiają dużą elastyczność zastosowań, zwłaszcza w przypadku używania narzędzi wielotaktowych. Prasa wyposażona jest w automatyczne sterowanie w układzie zamkniętym. Zastosowano również specjalne systemy montażu narzędzi, dzięki którym znacznie skrócono czas przebrojenia maszyny.

Do pras specjalizowanych można zaliczyć również prasy mimośrodowe o powiększonym wysięgu, zwiększonej przestrzeni roboczej, powiększonym skoku.



Rys. 4.16. Prasa mimośrodowa ramowa, dwupunktowa z podwójnym korbowodem T315DM-DB2R o nacisku 3150 kN, sterowana numerycznie firmy SANGIACOMO – a) oraz układ korbowodów i siły działające na łączniki w prasie – b) [70]

4.2. Główne zespoły pras mimośrodowych

Większość pras mimośrodowych budowana jest w oparciu o te same zespoły, dzięki czemu wzrasta uniwersalność maszyn. Do podstawowych zespołów pras mimośrodowych można zaliczyć:

- korpus;
- napęd;
- suwak;
- sterowanie.

4.2.1. Korpusy pras mimośrodowych

Korpus w prasach mimośrodowych, podobnie jak w innych rodzajach pras stanowi podstawowy element, w którym znajduje się stół, prowadnice, łożyska

wału korbowego oraz różnego rodzaju bazy do montażu i mocowania innych zespołów maszyny. Dlatego też korpus w czasie pracy prasy przejmuje wszystkie siły powstające podczas kształtowania wyrobów. Kształt, budowa, materiały i sposób wykonania korpusu związane są przede wszystkim od wielkości przenoszonych sił, wymiarów przestrzeni roboczej oraz założonych cech eksploatacyjnych prasy. Przy czym cechą charakterystyczną większości pras mimośrodowych jest wysięgowy kształt korpusu.

Zasadniczym kryterium doboru korpusu i ustalenia jego wymiarów jest jego sztywność, która w dużym stopniu wpływa na trwałość narzędzi i maszyny. Sposób wyznaczania sztywności korpusów pras mechanicznych (w tym mimośrodowych) opisano szczegółowo w rozdziale 3.

4.2.2. Napęd

Prasy mimośrodowe w większości przypadków charakteryzują się prostym układem napędowym. Typowy układ napędowy prasy mimośrodowej składa się z takich zespołów jak:

- źródło napędu, którym jest silnik elektryczny,
- przekładnie pasowe i zębate przenoszące napęd z silnika elektrycznego,
- układ korbowy,
- zespół zmiany wielkości skoku.

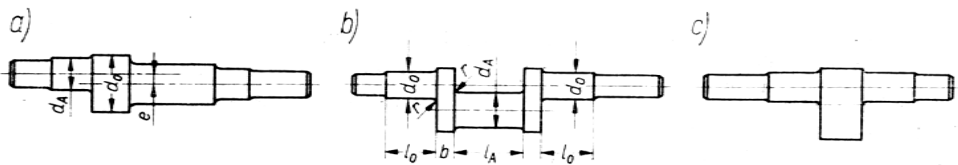
W zależności od częstości skoków i przełożenia między silnikiem i wałem korbowym stosuje się jedno lub dwustopniowe przekładnie. Prasy z jednostopniową przekładnią (najczęściej pasową) zaliczane są do maszyn szybkobieżnych, zaś prasy posiadające dodatkową przekładnię zębatą nazywane są wolnobieżnymi. Należy tutaj jednak zaznaczyć, że ten podział nie jest ścisły do wszystkich maszyn i można spotkać prasy, w których napęd jest przekazywany przez wielostopniowe przekładnie zębate przy stosunkowo dużej częstości skoków suwaka.

W układach napędowych pras mimośrodowych umieszcza się również układy sprzęgłowo – hamulcowe (opisane w rozdziale 3). Najczęściej spotykane schematy kinematyczne układów napędowych pras mimośrodowych pokazano na rys. 4.2. W układzie napędowym z wałem jednostronnie łożyskowanym (rys. 4.2a) korbówód umieszczony jest na zewnątrz łożysk. W efekcie sztywność i wytrzymałość wału jest stosunkowo niewielka, co powoduje, że takie rozwiązanie stosowane jest w prasach o stosunkowo niewielkich naciskach (do około 2500 kN – 3000 kN). Spotyka się również warianty, w których wysięgowy czop korbowy wału jest dodatkowo podparty w nastawnej oprawie, co pozwala na poprawę warunków pracy wału (rys. 4.2b). Znacznie większą sztywność i wytrzymałość posiadają wały, w których korbówód umieszczony jest między łożyskami (rys. 4.2c).

Wał korbowy

Wał korbowy stanowi podstawową część mechanizmu napędowego, który przenosi moment obrotowy z koła zamachowego i współpracując z korbowodem tworzy układ korbowy zamieniający ruch obrotowy wału na ruch postępowo-zwrotny suwaka prasy. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne wałów korbowych stosowanych w prasach mimośrodowych przedstawiono na rysunku 4.17. Wał jednostronnie łożyskowany charakteryzuje się wysięgowo umieszczoną korbą (rys. 4.17a), co stwarza szczególnie niekorzystne warunki jego pracy. Dlatego też wały jednostronnie łożyskowane stosuje się w prasach o niewielkich naciskach. Natomiast zaletą takiego rozwiązania jest łatwy dostęp do mechanizmu zmiany wielkości skoku suwaka.

Najkorzystniejsze wytrzymałościowo jest symetryczne podparcie korby wału (w dwustronnych łożyskach). Przy czym wał może być wykonany według dwóch wariantów: jako korbowy (rys. 4.17b) lub jako mimośrodowy (rys. 4.17c).



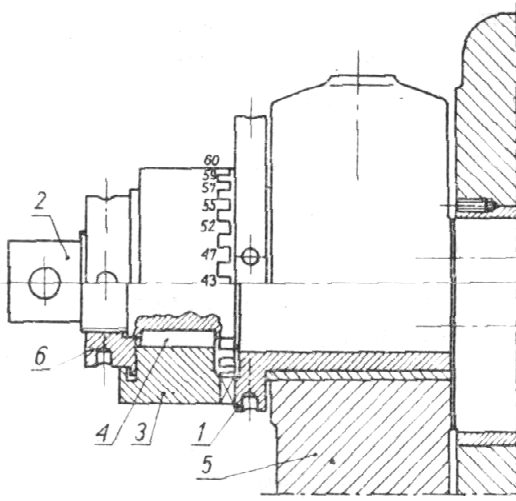
Rys. 4.17. Konstrukcja wałów korbowych stosowanych w prasach mimośrodowych: a) wał korbowy jednostronnie łożyskowany, b) wał korbowy dwustronnie łożyskowany, c) wał mimośrodowy (dwustronnie łożyskowany) [12]

Z uwagi na ciężkie warunki pracy wały korbowe wykonuje się najczęściej z półfabrykatów kutych ze stali węglowych wyższej jakości, a w przypadku silnie obciążonych wałów ze stali stopowych. W celu podniesienia parametrów wytrzymałościowych wały po obróbce mechanicznej poddawane są obróbce cieplnej i cieplno-chemicznej.

Mechanizm zmiany wielkości skoku suwaka

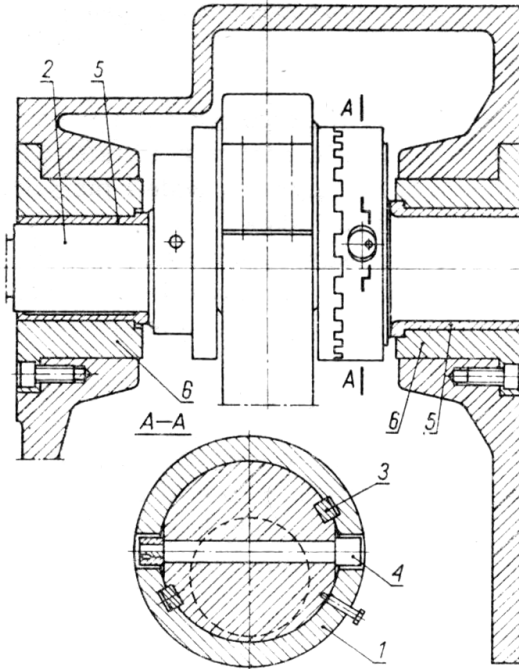
Prasy mimośrodowe posiadają możliwość zmiany wielkości skoku suwaka, co odróżnia tego typu maszyny od innych rodzajów pras mechanicznych. Sama realizacja zmiany skoku suwaka jest realizowana w stosunkowo prosty sposób. Na wykorbieniu wału umieszczona jest obrotowo tuleja mimośrodowa, na której osadzony jest korbowód. W wyniku obrotu tulei mimośrodowej zmienia się sumaryczną wartość wykorbienia zespołu tuleja – wał, co prowadzi do zmiany wielkości drogi, jaką pokonuje suwak prasy w czasie pracy. Konstrukcja mechanizmu zmiany wielkości skoku suwaka pras mimośrodowych zależy przede wszystkim od sposobu łożyskowania wału korbowego.

Powszechnie stosowane rozwiązanie konstrukcyjne mechanizmu zmiany skoku suwaka w prasie z wałem jednostronnie łożyskowanym pokazano na rysunku 4.18. Tuleja mimośrodowa 1 umieszczona jest na czopie korby wału korbowego 2. Dodatkowo tuleja mimośrodowa związana jest za pomocą połączenia kłowego z obsadą mimośrodową 3, która połączona jest z wałem korbowym przy pomocy wpustu 4. Obrót wału wraz z tuleją mimośrodową napędza korbowód 5, powodując ruch posuwisty suwaka prasy. Wyzębując obsadę mimośrodową 3 z tulei mimośrodowej 1 w wyniku odkręcenia nakrętki kołnierkowej 6, możliwy jest obrót tulei 1 na wykorbeniu wału 2. Dzięki czemu przekręcając tuleję mimośrodową 1 na korbie wału 2 ustawia się żądaną wartość skoku suwaka. Graniczne wartości skoku określone są przez sumę i różnicę mimośrodowości wału i mimośrodowości tulei. Na obwodzie obsady mimośrodowej umieszczone są cyfry pozwalające na odczytanie aktualnej wartości skoku suwaka.



Rys. 4.18. Mechanizm zmiany wielkości skoku suwaka w prasie mimośrodowej z wałem jednostronnie łożyskowanym:
1 – tuleja mimośrodowa,
2 – wał korbowy,
3 – obsada mimośrodowa,
4 – wpust,
5 – korbowód,
6 – nakrętka kołnierkowa [12]

W prasach z wałem dwustronnie łożyskowanych mechanizm zmiany wielkości skoku suwaka ma nieco inną konstrukcję (rys. 4.19). Pierścień zębany 1 osadzono przesuwnie na kołnierzy wału korbowego 2 i zabezpieczono przed obrotem przy pomocy dwóch wpustów 3. Wyzębienie pierścienia z tulei mimośrodowej odbywa się przy pomocy mimośrodowej 4. Zmiana wielkości skoku suwaka po wyzębieniu pierścienia zębatego polega na obrocie tulei mimośrodowej osadzonej na wykorbeniu wału.



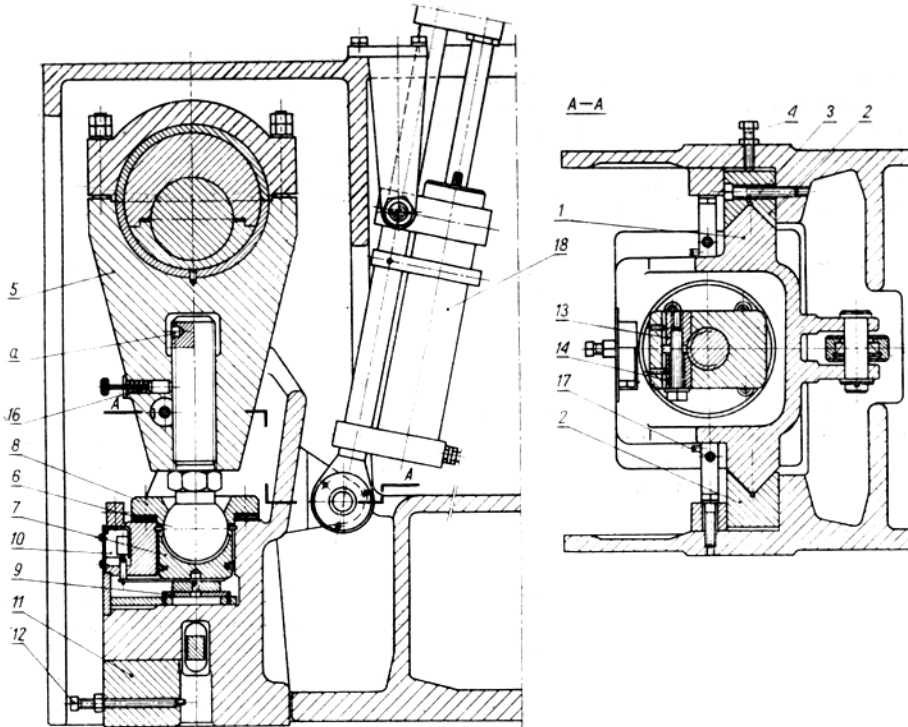
Rys. 4.19. Mechanizm zmiany wielkości skoku suwaka w prasie mimośrodowej z wałem dwustronnie łożyskowanym:

- 1 – pierścień zębaty,
- 2 – wał korbowy,
- 3 – wpust,
- 4 – mimośród,
- 5 – łożysko,
- 6 – tuleja łożyska [12]

4.2.3. Suwaki pras mimośrodowych

Zespół suwaka stanowi organ roboczy (wywierający nacisk), który składa się z suwaka i korbowodu oraz dodatkowych urządzeń takich jak: wyrzutnik, mechanizm regulacji położenia suwaka i urządzeń zabezpieczających zespół przed przeciążeniem. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne zespołu suwaka prasy mimośrodowej z wałem dwustronnie łożyskowanym pokazano na rysunku 4.20. Suwak 1 przemieszcza się w prowadnicach 2, które mają kształt pryzmatyczny V. Prowadnice mocowane są do korpusu prasy przy pomocy śrub 3 i 4, które dodatkowo służą do ich regulacji. Suwak połączony jest z dzielonym korbowodem 5 za pomocą gwintowanego łącznika 6 z kulistym zakończeniem. Kula łącznika opiera się na poduszce 7, natomiast od góry zamknięta jest pokrywą 8. Poduszka 7 wspiera się na płytkowym bezpieczniku ścinowym zabezpieczającym suwak i korpus prasy przed przeciążeniem. Przy przekroczeniu dopuszczalnego nacisku, płytka bezpiecznika 9 ulega zniszczeniu, umożliwiając dalszy ruch korbowodu, który powoduje rozłączenie wyłącznika krańcowego 10 i zatrzymanie maszyny. Do mocowania narzędzi wykorzystuje się otwór wykonany w suwaku i wkładce zaciskowej 11, która jest dociskana do powierzchni czopa narzędzia za pomocą śrub 12. Nastawianie pionowe suwaka odbywa się w wyniku wkręcenia bądź wykręcenia gwintowanego łącznika z korpusu korbowodu, po wcześniejszym zluźnieniu wkładek 13 i 14 dociskanych śrubą 15. Łącznik jest zabezpieczony przed nadmiernym

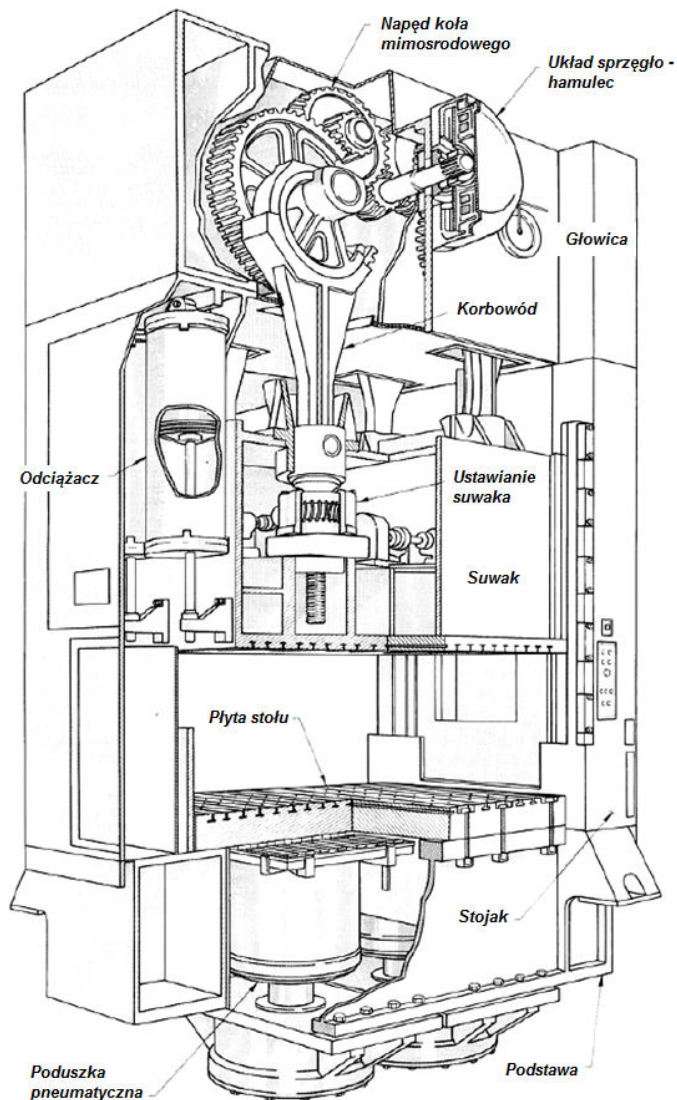
wykręceniem przy pomocy specjalnego zatrzasku 16, który przy maksymalnym wykręceniu wchodzi w otwór *a*, blokując dalsze jego wykręcanie. Suwak wyposażony jest dodatkowo w wyrzutnik 17, umożliwiający wypchnięcie ukształtowanych wyrobów z narzędzia. Zespół suwaka zawieszony jest na hydraulicznym urządzeniu odciążającym.



Rys. 4.20. Zespół suwaka prasy mimośrodowej z wałem dwustronnie łożyskowanym: 1 – suwak, 2 – prowadnice, 3 – śruba prowadnicy, 4 – śruba regulacyjna, 5 – korbowód, 6 – gwintowany łącznik, 7 – poduszka łożyska, 8 – pokrywa, 9 – bezpiecznik ścinowy, 10 – wyłącznik krańcowy, 11 – wkładka dociskowa, 12 - śruby mocowania narzędzi, 13, 14 – wkładki zabezpieczające, 15 – śruba, 16 – zatrzask, 17 – wyrzutnik, 18 – urządzenie odciążające [12]

5. Prasy korbowe

Prasy korbowe w odróżnieniu od pras mimośrodowych charakteryzują się stałą wartością skoku suwaka (rys. 5.1). Są to prasy najczęściej ogólnego przeznaczenia, stosowane do wykonywania takich operacji jak: wycinanie, przebijanie, ciągnięcie, gięcie, itp. Spotykane są również prasy korbowe specjalizowane i specjalne przeznaczone do wykonywania określonych operacji obróbki plastycznej np. prasy do okrawania charakteryzujące się mniejszym skokiem oraz większą częstością skoków suwaka.



Rys. 5.1. Schemat prasy korbowej z górnym napędem [7]

5.1. Klasyfikacja pras korbowych

Podobnie jak w przypadku pras mimośrodowych prasy korbowe można sklasyfikować według kilku wyróżników. Ze względu na kierunek ruchu suwaka prasy korbowe dzielą się na:

- pionowe,
- poziome,
- pochyłe.

W zależności od kształtu korpusu dzielą się na:

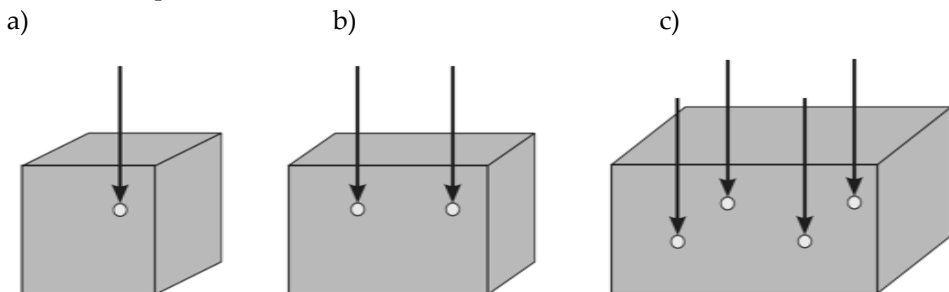
- wysięgowe,
- ramowe.

Przy czym prasy korbowe z korpusami ramowymi stanowią najliczniejszą grupę maszyn. W zależności od usytuowania napędu prasy korbowe dzielą się na:

- prasy z górnym napędem,
- dolnym napędem.

Najczęściej spotykane są prasy z górnym napędem, gdzie cały mechanizm napędowy (wały korbowe lub osie i koła mimośrodowe, koła zamachowe, układy sprzęgłowo – hamulcowe itp.) umieszczone są w górnej części maszyny. Prasy korbowe z dolnym napędem mają usytuowany układ napędowy pod poziomem hali, w związku z tym wymagają hal produkcyjnych dwupoziomowych lub specjalnych konstrukcji, na których ustawia się prasę. W zależności od ilości korb działających na suwak, prasy korbowe można podzielić na (rys. 5.2):

- jednopunktowe,
- dwupunktowe,
- czteropunktowe.



Rys. 5.2. Sposoby podparcia suwaków pras korbowych: a) jednopunktowe, b) dwupunktowe, c) czteropunktowe [20]

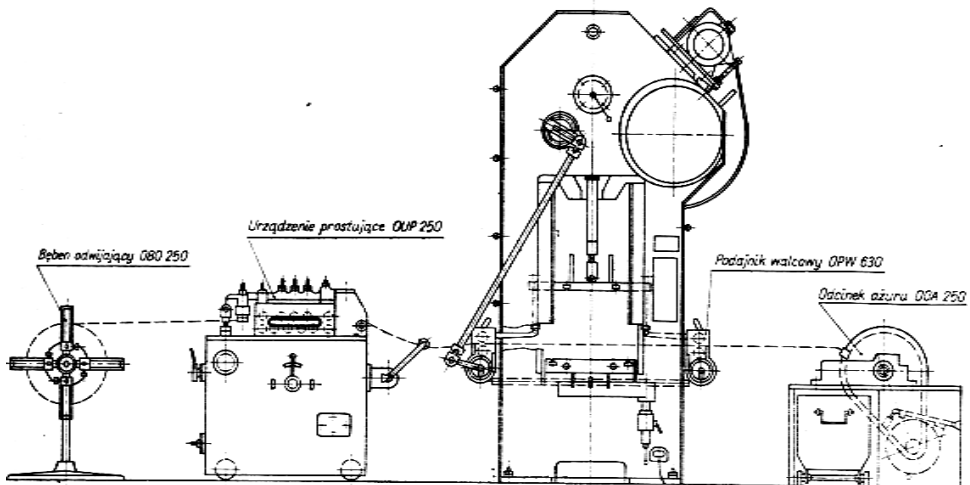
Prasy korbowe jednopunktowe charakteryzują się niewielkimi wymiarami stołu oraz dużą wrażliwością na mimośrodowe obciążenie suwaka. W prasach

korbowych o większych wymiarach stołu stosuje się dwu- lub czteropunktowe zawieszenie suwaka, co umożliwia mimośrodowe obciążanie suwaka oraz pracę kilkoma narzędziami ustawionymi na stole maszyny.

5.2. Cechy charakterystyczne pras korbowych

Prasy korbowe budowane są najczęściej o naciskach nominalnych 630 kN – 16000 kN. W starszych konstrukcjach maszyn do zamiany prędkości obrotowej na ruch posuwisty suwaka stosowano wały korbowe i korbowody. Obecnie budowane prasy korbowe, zwłaszcza o większych naciskach nie posiadają wałów korbowych. Wały korbowe zostały zastąpione stałymi osiami z kołami mimośrodowymi. Wyeliminowanie wałów korbowych znacznie uprościło konstrukcję napędu suwaka oraz zwiększyło niezawodność tych elementów.

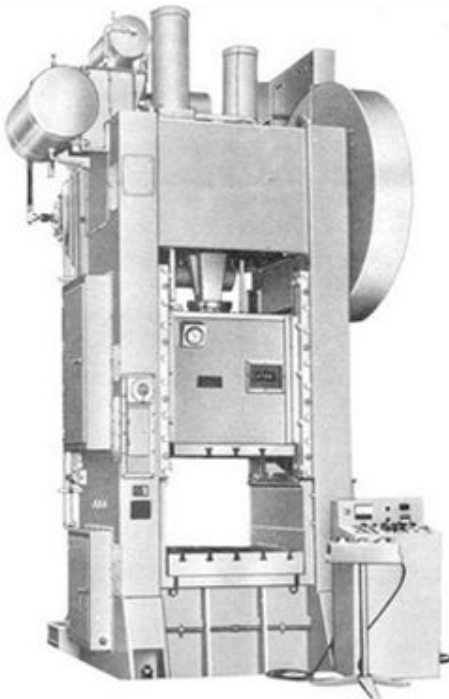
Aby zwiększyć zakres wykonywanych operacji prasy korbowe wyposażane są w poduszki pneumatyczne lub pneumatyczno – hydrauliczne. Dzięki tym urządzeniom prasy pojedynczego działa staje się prasą podwójnego działania. Większość pras korbowych przystosowana jest do montażu i współpracy z dodatkowymi urządzeniami automatyzującymi pracę maszyny. W celu mechanicznego sprzęgnięcia prasy z dodatkowymi urządzeniami wykorzystywany jest wałek pośredni, wiążący napęd prasy z napędem urządzenia automatyzującego. Prędkość obrotowa wałka równa jest częstości skoków suwaka prasy, co umożliwia realizację napędu podajników półfabrykatów. Przykładową prasę korbową z dołączonymi urządzeniami automatyzującymi pracę maszyny pokazano na rysunku 5.3.



Rys. 5.3. Prasa korbowo ramowa jednopunktowa typu PKrR 63 A z urządzeniami automatyzującymi, pracująca w linii automatycznej [12]

W skład automatycznej linii do wykrawania wchodzi takie urządzenia jak: bęben odwijający taśmę z kęągów, rolkowe urządzenie prostujące, podajnik walcowy związany z wałkiem pośrednim prasy, jednopunktowa prasa korbowa typu PKrK 63 o nacisku 630 kN oraz odcinak ażuru, wykorzystywany do cięcia odpadu.

Prasy korbowe budowane w wersji z jednopunktowym podparciem suwaka (jeden korbówód połączony jest z suwakiem prasy) (rys. 5.4), charakteryzują się stosunkowo niewielkimi wymiarami powierzchni roboczej suwaka i stołu prasy, co uniemożliwia zabudowę w przestrzeni roboczej maszyny większych gabarytowo narzędzi oraz narzędzi wielowykrojowych. Niedopuszczalne jest również mimośrodowe obciążanie suwaka, gdyż prowadzi to do szybkiego zużywania prowadnic.



Rys. 5.4. Prasa korbowa jednopunktowa o nacisku 2000 kN z napędem górnym [73]

Przy większych wymiarach stołu stosuje się dwu- lub czteropunktowe podparcie suwaka (suwak zawieszony jest na dwóch lub czterech korbówodach) (rys. 5.5). Takie zawieszenie suwaka umożliwia ich mimośrodowe obciążanie oraz pracy kilkoma narzędziami (wykorzystywane w przemyśle motoryzacyjnym do tłoczenia blach karoseryjnych).

Prasy korbowe ogólnego przeznaczenia charakteryzują się zwartą budową i dużą sztywnością korpusów (zwłaszcza w przypadku korpusów ramowych). Prasy o większych naciskach budowane są z korpusami spawanymi i łączonymi.

Korpusy takich pras składają się z podstawy, dwóch stojaków oraz głowicy. Poszczególne elementy ustalone są między sobą za pomocą specjalnych wpustów i skręcone po wcześniejszym podgrzaniu w sztywną ramę czterema ściągaczami.

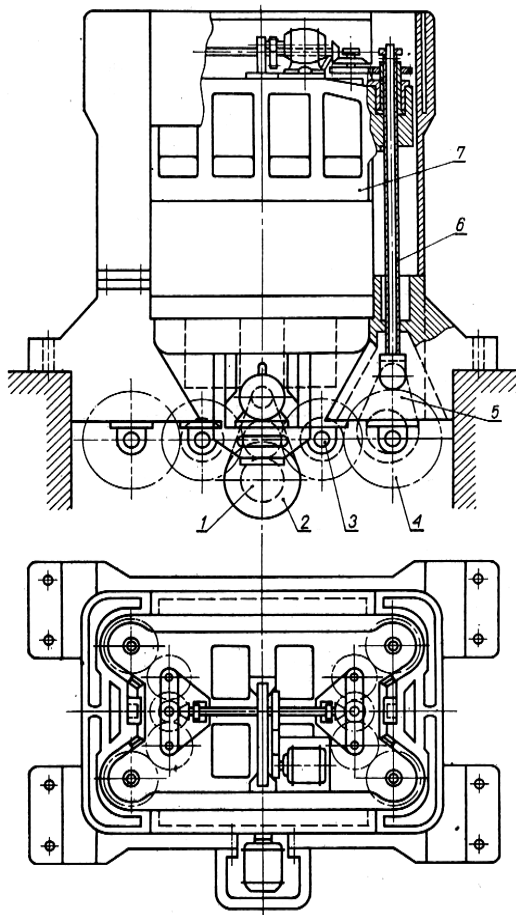


*Rys. 5.5. Prasa korbowa
dwupunktowa DA-250FMP o nacisku
2500 kN z napędem górnym [48]*

W prasach korbowych z dolnym napędem cały układ napędowy umieszczony jest pod prasą. Maszyny tego typu wymagają dwupoziomowych hal produkcyjnych, co zwiększa koszty inwestycyjne. Zaletą pras korbowych z dolnym napędem jest odciążenie korpusu. Cały nacisk podczas pracy przenoszony jest przez korbowody, zaś korpus pełni jedynie rolę obudowy, osłaniającej elementy prasy. Dodatkowo napęd prasy może pracować w kąpielii olejowej, dzięki czemu wydłuża się jego żywotność. Schemat prasy korbowej z dolnym napędem przedstawiono na rysunku 5.6. Układ napędowy prasy składający się z wału sprzęgłowego 1, koła zamachowego 2, układu sprzęgło – hamulec 3 oraz kół mimośrodowych 4 umieszczone są poniżej stołu prasy, pod poziomem podłogi hali produkcyjnej. Suwak wprawiany jest w ruch postępowy przez korbowody 5 oraz dźwignie łączące 6, które przejmują całość powstających obciążeń. Prasy korbowe z dolnym napędem budowane są zawsze z dwupunktowym lub czteropunktowym podparciem suwaka.

Podstawowa różnica między prasami z górnym i dolnym napędem polega na umiejscowieniu układu napędowego. Prasy korbowe z górnym napędem montowane są na indywidualnych fundamentach. Nie mają żadnych

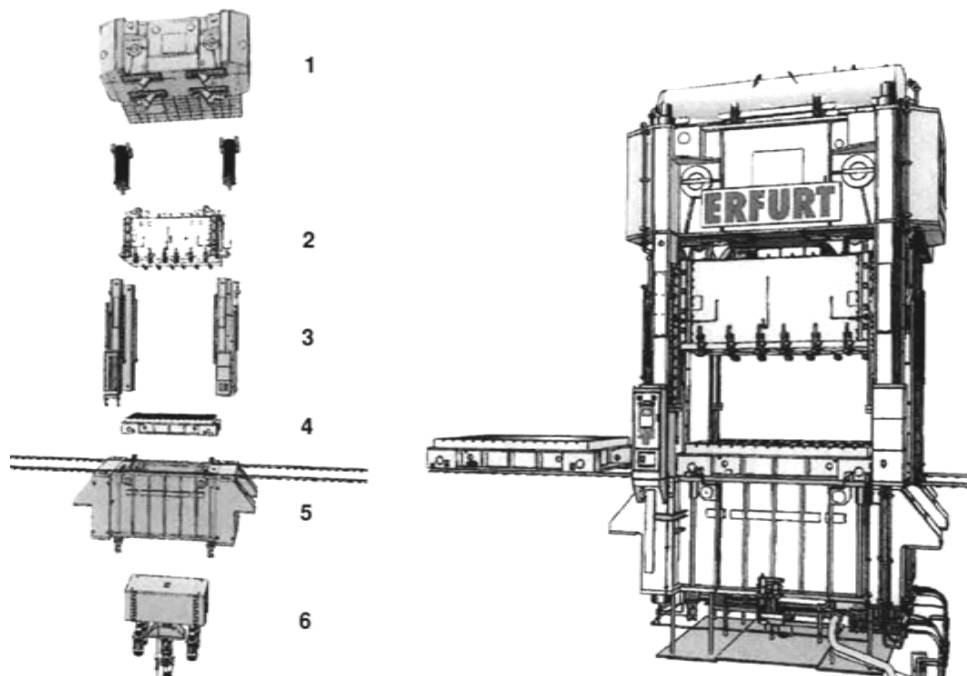
mechanizmów pod prasą, z wyjątkiem poduszek pneumatycznych lub pneumatyczno – hydraulicznych, dodatkowo nie wymagają głębokich fundamentów. Czynniki te mają bezpośrednio wpływ na znacznie większe rozpowszechnienie pras korbowych z górnym napędem (pomimo znacznie cięższych korpusów i większych wymiarów gabarytowych).



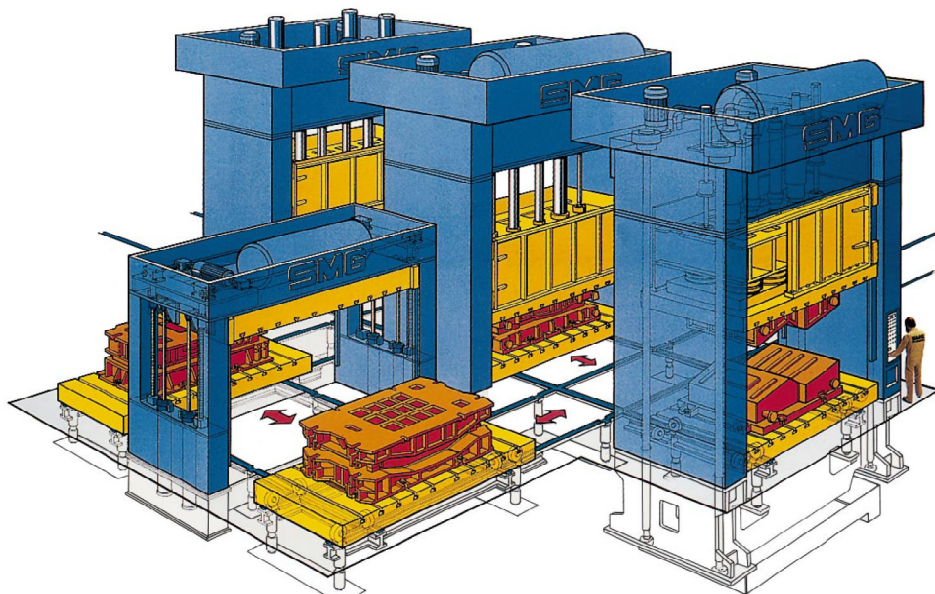
Rys. 5.6. Schemat prasy korbowej z dolnym napędem:

- 1- wał sprzęgłowy,
- 2 – koło zamachowe,
- 3 – układ sprzęgło – hamulec,
- 4 – koła mimośrodowe,
- 5 – korbowody,
- 6 – dźwignie łączące,
- 7 – suwak [12]

Duża część pras korbowych pracuje w liniach automatycznych, co wymusza dostosowanie maszyn do szybkiej wymiany i mocowania narzędzi. W celu skrócenia czasu wymiany oprzyrządowania (tłoczników, wykrojników, matryc itp.) prasy korbowe wyposaża się w stoły wysuwne. W efekcie możliwe jest kilkukrotne skrócenie czasu przebrojenia prasy. Do innych korzyści można zaliczyć znacznie łatwiejszy transport wewnętrzny oraz oszczędność powierzchni produkcyjnych. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne prasy korbowej przystosowanej do współpracy z wysuwными stołami przedstawiono na rysunku 5.7. Natomiast na kolejnym rysunku 5.8 przedstawiono kolejne etapy wymiany oprzyrządowania na prasie korbowej z wysuwным stołem.



Rys. 5.7. Konstrukcja prasy korbowej przystosowanej do współpracy z wysuwными stołami:
1 – głowica korpusu, 2 – suwak, 3 – kolumny boczne korpusu, 4 – wysuwny stół, 5 – podstawa, 6 – poduszka pneumatyczna [35]



Rys. 5.8. System automatycznej zmiany narzędzi w rasach korbowych z wysuwным stołem [20]

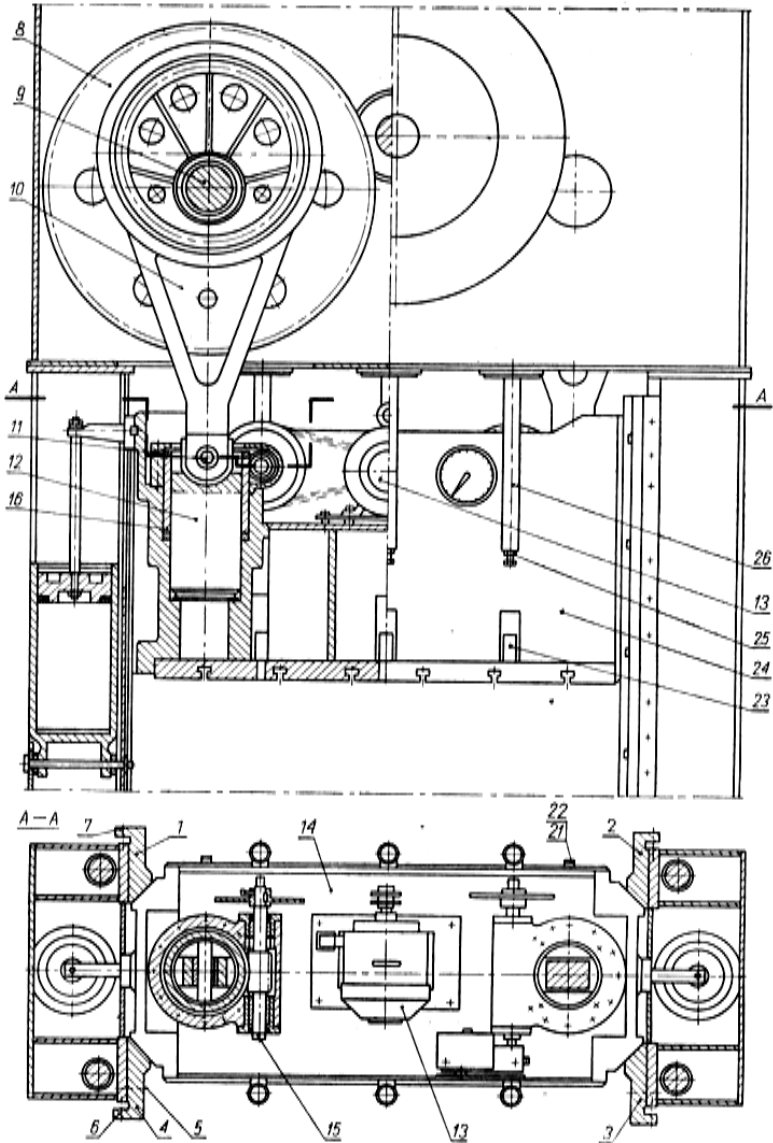
Proces wymiany narzędzi można podzielić na cztery zasadnicze etapy:

1. Opuszczenie suwaka i zamknięcie matrycy.
2. Odmocowanie górnej matrycy i powrót suwaka do położenia górnego.
3. Odmocowanie dolnej matrycy.
4. Przemieszczenie narzędzi z przestrzeni roboczej prasy.

5.3. Główne zespoły pras korbowych

Podstawowymi zespołami, z których składa się każda prasa korbowa są: korpus prasy, układ napędowy, zespół suwaka, instalacja sprężonego powietrza, instalacja elektryczna, układ smarowania oraz urządzenia pomocnicze (poduszki, wyrzutniki, urządzenia automatyzujące). Większość zespołów wchodzących w skład pras korbowych została już omówiona w rozdziale 3. Dlatego też szerzej zostaną omówione jedynie zespół suwaka, którego konstrukcja jest odmienna w stosunku do stosowanych w prasach mimośrodowych oraz układ napędowy.

Większość pras korbowych wyposażona jest w suwak budowy skrzyniowej, którego korpus wykonany jest jako odlew stalowy lub jako konstrukcja spawana z płyt stalowych. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne zespołu suwaka prasy korbowej pokazano na rysunku 5.9. Suwak prowadzony jest w czterech prowadnicach 1, 2, 3, 4 przykręconych do korpusu prasy śrubami 5 oraz 6 i 7, które umożliwiają regulację luzów. Cały zespół suwaka zawieszony jest w pneumatycznym urządzeniu odciążającym, którego cylindry umieszczone są w stojakach prasy. Na powierzchni dolnej płyty suwaka wykonane są rowki teowe, służące do mocowania narzędzi. W płycie suwaka wykonane są również otwory do prowadzenia trzpieni wyrzutnika. Koła mimośrodowe 8 obracają się na nieruchomych osiach 9 i za pomocą korbowodów 10, osadzonych na kołach mimośrodowych, nadają suwakowi ruch posuwisto – zwrotny. Stopa korbowodu 10 połączona jest w sposób wahliwy przy pomocy sworznia 11 z gwintowanym łącznikiem 12. Wykręcenie, bądź wkręcenie łącznika umożliwia zmianę odległości suwaka od stołu. Proces ustawiania pionowego suwaka odbywa się przy pomocy silnika elektrycznego 13, który za pośrednictwem przekładni łańcuchowych 14 i przekładni ślimakowych 15 oraz 16 napędza gwintowane łączniki, powodując ich wykręcanie. Aktualne położenie suwaka wskazywane jest na tarczy obrotowej wskaźnika zegarowego. W suwaku umieszczony jest wyrzutnik, którego zasadniczym elementem są trzy belki 23 umieszczone w otworach korpusu suwaka 24. Do regulacji skoku wyrzutnika wykorzystuje się śruby 25, które wkręcone są w trzpienie zderzaków 26. Skok każdej z belek wyrzutnika można regulować niezależnie, co zwiększa możliwości zderzaka.

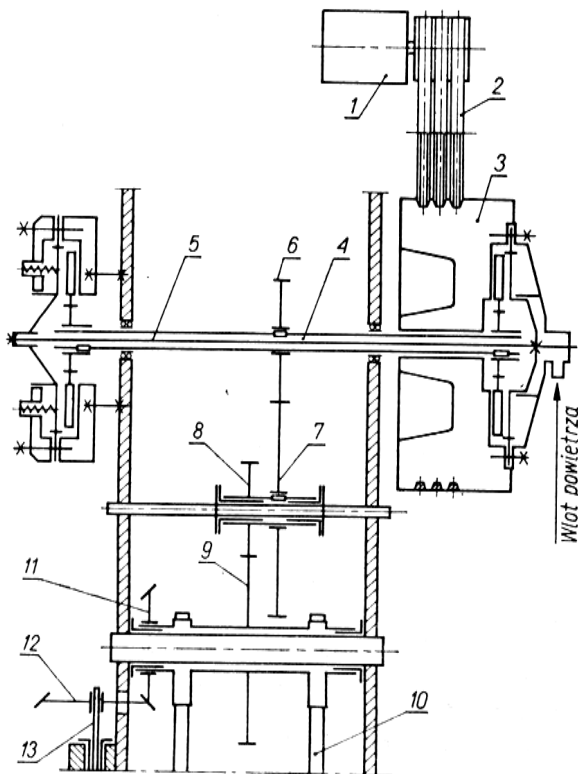


Rys. 5.9. Suwak prasy korbowej ramowej dwupunktowej PKrR 200/2: 1, 2, 3, 4 – przewodnice, 5, 6, 7 – śruby mocujące przewodnice, 8 – koło mimośrodowe, 9 – nieruchoma oś, 10 – korbowody, 11 – sworzeń, 12 – łącznik gwintowany, 13 – silnik napędowy, 14 – łańcuch rolkowy, 15, 16 – przekładnie ślimakowe, 17 – wyłączniki krańcowe, 18, 19 – tarcza ze wskaźnikiem położenia, 20 – sprężęto tulejowe, 23 – belki wyrzutnika, 24 – korpus suwaka, 25 – śruby regulacji skoku wyrzutnika, 26 – zderzak [12]

Napęd suwaków pras korbowych odbywa się najczęściej przy pomocy wału wykorbionego, który współpracując z korbowodem zamienia ruch obrotowy wału na ruch postępowo zwrotny suwaka. Przy czym wały wykorbione obecnie

stosuje się w prasach o stosunkowo niewielkich naciskach. Natomiast w obecnie budowanych prasach korbowych o większych naciskach wyeliminowano typowy wał korbowy, zastępując go kołami mimośrodowymi, osadzonymi obrotowo na nieruchomych osiach. Rozwiązanie takie jest znacznie mniej zawodne, posiada dużą sztywność na zginanie. Dodatkowo w czasie pracy moment jest bezpośrednio przenoszony z koła napędowego na czop korby, który stanowi jeden element z kołem mimośrodowym.

Schemat napędu prasy korbowej ramowej dwupunktowej do okrawania typu PKrRO 160/2 przedstawiono na kolejnym rysunku 5.10. Koło zamachowe 3 umieszczone na zewnątrz korpusu napędzane jest za pośrednictwem przekładni pasowej 2 od silnika elektrycznego 1.



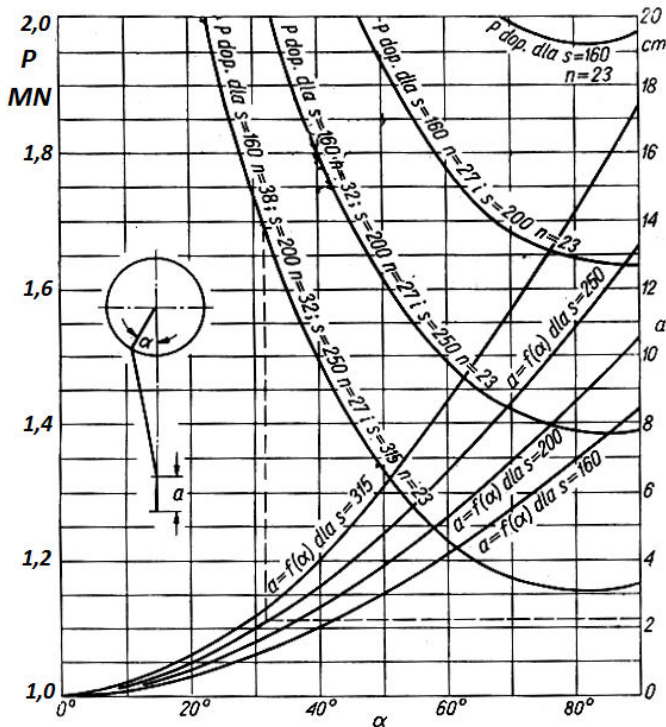
Rys. 5.10. Schemat napędu prasy korbowej ramowej do okrawania PKrRO 160/2:

- 1 – silnik elektryczny,
- 2 – paski klinowe,
- 3 – koło zamachowe,
- 4 – wał sprzęgłowy,
- 5 – drąg łączący sprzęgło z hamulcem,
- 6 – koło zębate czynne,
- 7, 8 – koła zębate pośrednie,
- 9 – koło zębate bierne z kołem mimośrodowym,
- 10 – korbowody,
- 11, 12 – przekładnia kąтова,
- 13 – wałek do napędu urządzeń automatyzujących [12]

W kole zamachowym, osadzonym obrotowo na wale sprzęgłowym 4 umieszczone jest sprzęgło cierne, które połączone jest z hamulcem za pośrednictwem przesuwanego draża 5. Dzięki temu możliwa jest właściwa synchronizacja pracy sprzęgła i hamulca. Na wale sprzęgłowym 4 zamocowane jest koło zębate 6 przekazujące napęd na koło 7, które osadzone jest na piastach koła pośredniego 8. Koło zębate pośrednie 8 napędza koło mimośrodowe 9, na którym osadzone są dwa korbowody 10. Dodatkowo z piastą kół

mimośrodowych połączone jest koło stożkowe 11 napędzające wałek pośredni 13 za pośrednictwem koła stożkowego 12. Wałek pośredni wykorzystuje się do napędu urządzeń automatyzujących pracę maszyny.

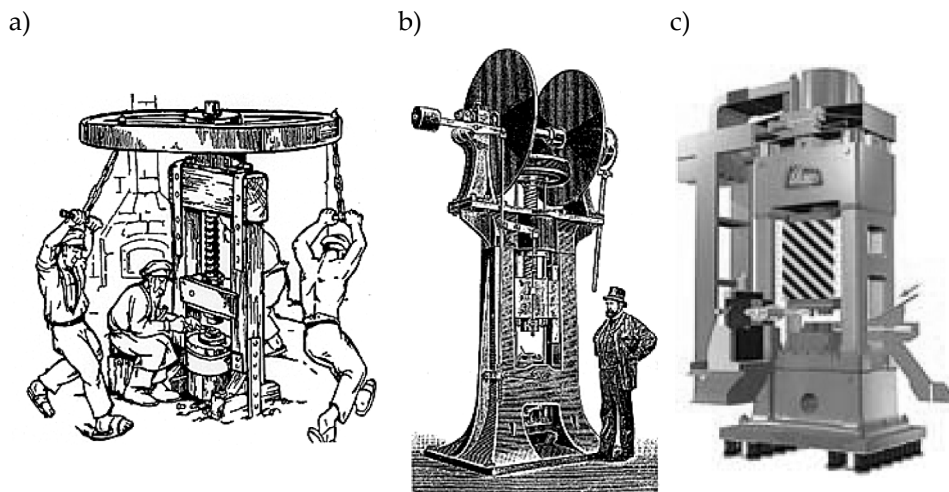
Cechą charakterystyczną pras z korbowymi układami napędowymi jest zmienna wartość siły nacisku suwaka prasy w zależności od położenia kąтового wału korbowego. W miarę wzrastania wartości kąta obrotu wału przed dolnym zwrotnym położeniem maleje wartość siły nacisku suwaka. Dlatego też w celu właściwej eksploatacji pras korbowych podczas doboru maszyny należy posługiwać się wykresem nacisków dopuszczalnych sporządzanych przez producentów pras. Przykładowy wykres nacisków nominalnych dla prasy PRkR 200/2 pokazano na rysunku 5.11. Nacisk nominalny prasy w zakresie 2000 kN jest jej naciskiem maksymalnym i może być wywierany przez suwak prasy jedynie w ograniczonym zakresie skoku S i ograniczonej drodze a suwaka w pobliżu dolnego zwrotnego położenia (DZP). Wykresem przedstawionym na rysunku 5.11 należy posługiwać się w celu maksymalnego wykorzystania możliwości maszyny, nie narażając jej na uszkodzenie. Znając drogę a potrzebną do wykonania operacji, podczytuje się z wykresu kąt położenia układu korbowego i odpowiadający temu położeniu nacisk, który następnie porównuje się z wyznaczoną siłą potrzebną do wykonania operacji.



Rys. 5.11. Wykres nacisków dopuszczalnych sporządzony dla prasy korbowej typu PKrR 200/2 o nacisku 2000 kN [12]

6. Prasy śrubowe

Prasy śrubowe należą do najstarszych maszyn stosowanych w obróbce plastycznej. Zasada działania tych pras polega na wykorzystaniu energii kinetycznej zgromadzonej w kole zamachowym współpracującym z niesamohamowną śrubą, która obracając się w nakrętce zamienia ruch obrotowy na postępowy przekazywany suwakowi prasy. Na przełomie lat konstrukcja pras śrubowych ulegała ciągłym zmianom (rys. 6,1).



Rys. 6.1. Ewolucja pras śrubowych stosowanych do kształtowania plastycznego metali i ich stopów: a) konstrukcja prasy stosowana w XVIII wieku, b) prasa śrubowa stosowana w XIX wieku, c) obecnie produkowana prasa elektro-śrubowa [35]

Jak już wspomniano zasada działania pras śrubowych polega na wykorzystaniu energii kinetycznej rozpedzonych mas w ruchu obrotowym (koło zamachowe, śruba) i postępowym (suwak, górna matryca). W czasie skoku roboczego suwaka prasy energia kinetyczna zamieniana jest na pracę odkształcenia plastycznego A_{pl} , którą można wyrazić zależnością:

$$E_k = (E_v + E_\omega) = \frac{mv^2}{2} + \frac{I_1\omega^2}{2} \rightarrow A_{pl}, \quad (6.1)$$

Energia kinetyczna ruchu obrotowego E_ω stanowi zazwyczaj $(0,8 - 0,9)E_k$. Mechanizm śrubowy cechuje stały stosunek prędkości kątowej ω do prędkości liniowej v :

$$\omega = \frac{2\pi}{h} v, \quad (6.2)$$

A więc energię kinetyczną części roboczych prasy śrubowej można wyznaczyć z zależności:

$$E_k = \left(\frac{h^2}{4\pi^2} m + I_1 \right) \frac{\omega^2}{2}, \quad (6.3)$$

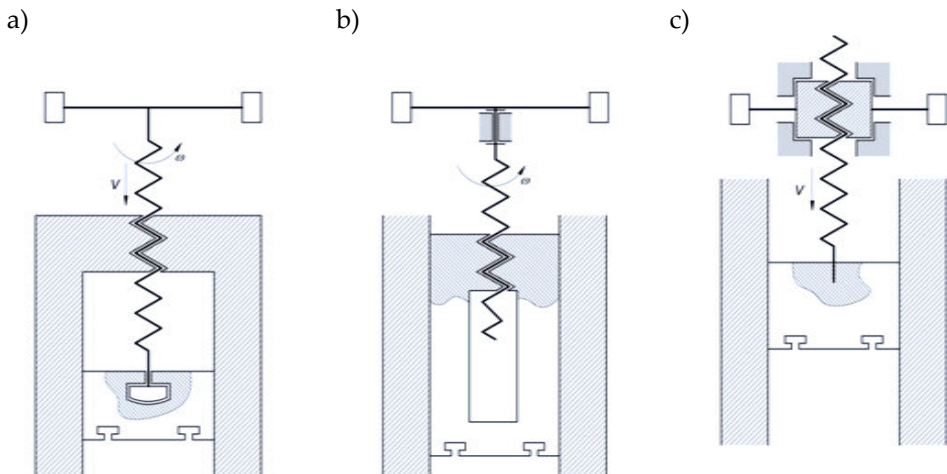
lub:

$$E_k = \left(m + \frac{4\pi^2}{h^2} I_1 \right) \frac{v^2}{2}, \quad (6.4)$$

gdzie: E_v – energia kinetyczna mas znajdujących się w ruchu postępowym, E_ω – energia kinetyczna mas znajdujących się w ruchu obrotowym, m – masa części biorących udział w ruchu obrotowym, I_1 – moment bezwładności mas wirujących, h – skok gwintu śruby, A_{pl} – praca odkształcenia plastycznego.

6.1. Klasyfikacja pras śrubowych

Duża popularność pras śrubowych powoduje występowanie licznych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn, w których wykorzystuje się niesamohamowny mechanizm śrubowy do zamiany energii kinetycznej wirujących mas na pracę odkształcenia plastycznego. Wzajemne powiązanie koła zamachowego, śruby, nakrętki i suwaka oraz ich współdziałanie decyduje o odmianie prasy i charakterze jej pracy. Podstawowym kryterium klasyfikacyjnym pras śrubowych jest rodzaj ruchu, który wykonuje śruba prasy (rys. 6.2) i wyróżnia się tutaj prasy, w których:

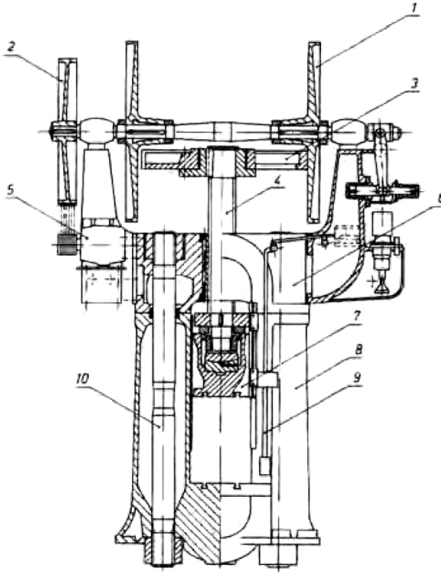


Rys. 6.2. Schematy napędu pras śrubowych: a) śruba wykonuje ruch obrotowy i postępowy, b) śruba wykonuje ruch obrotowy, c) śruba wykonuje ruch postępowy

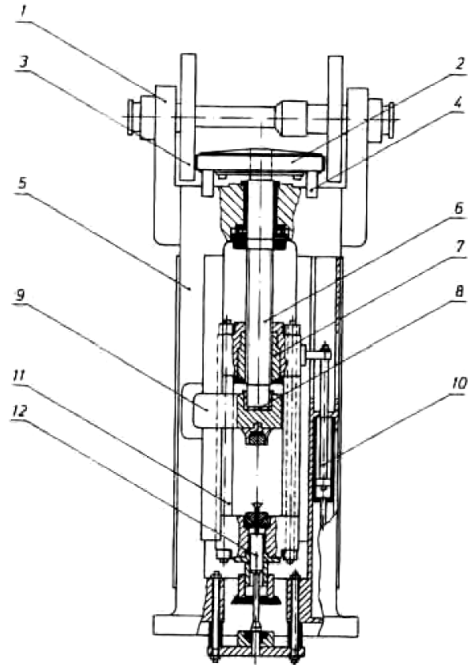
- śruba wykonuje ruch śrubowy (obrotowy i postępowy) (rys. 6.2a),
- śruba wykonuje tylko ruch obrotowy (rys. 6.2b),
- śruba wykonuje ruch postępowy (rys. 6.2c).

Prasy śrubowe można również sklasyfikować w zależności od kierunku ruchu roboczego suwaka maszyny, wyróżnia się tutaj:

- prasy z suwakiem poruszającym się do dołu w czasie ruchu roboczego (rys. 6.3),



Rys. 6.3. Prasa śrubowa z napędem ciernym z suwakiem poruszającym się do dołu:
1 – tarcze cierne, 2 – koło pasowe, 3 – koło zamachowe, 4 – śruba, 5 – silnik napędowy, 6 – głowica, 7 – suwak, 8 – stojak, 9 – sterowanie, 10 – ściągacz [35]



Rys. 6.4. Prasa śrubowa z napędem ciernym z suwakiem poruszającym się do góry:
1 – korpus górny, 2 – koło zamachowe, 3 – tarcze cierne, 4 – amortyzator, 5 – korpus, 6 – śruba, 7 – nakrętka, 8 – łożysko, 9 – rama suwaka, 10 – urządzenie odciążające suwak, 11 – prowadnica, 12 – wyrzutnik [35]

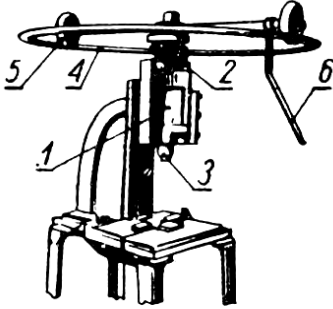
- prasy z suwakiem poruszającym się do góry (prasy Vincenta) w czasie ruchu roboczego (rys. 6.4).

Ważnym kryterium klasyfikacyjnym jest rodzaj napędu prasy. Wyróżnia się prasy śrubowe z napędem:

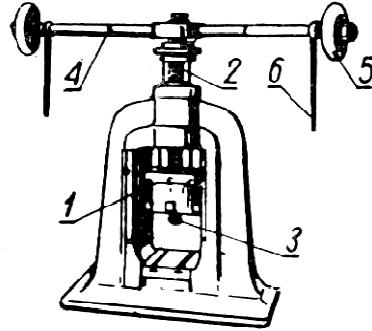
- ręcznym (rys. 6.5),
- ciernym,
- hydraulicznym,

- pneumatycznym,
- elektrycznym,
- innym.

a)



b)



Rys. 6.5. Prasy śrubowe z napędem ręcznym: a) z korpusem wysięgowym, b) z korpusem ramowym; 1 – suwak, 2 – śruba, 3 – trzpień wyrzutnika, 4 – ramiona, 5 – obciążniki, 6 – rękojeść [1]

W zależności od rodzaju wykonywanej technologii wyróżnia się prasy śrubowe do:

- do kucia i matrycowania,
- do spęczania,
- do kalibrowania,
- do tłoczenia blach,
- do prasowania proszków metali, materiałów ceramicznych i ogniotrwałych.

W zależności od ilości śrub działających na suwak, prasy śrubowe można podzielić na:

- jednośrubowe,
- dwuśrubowe,
- wielośrubowe.

Innym kryterium klasyfikacji pras śrubowych jest sposób zabezpieczenia maszyny przed przeciążeniem. Wyróżnia się tutaj:

- prasy śrubowe bez bezpieczników,
- prasy śrubowe z bezpiecznikami.

6.2. Cechy charakterystyczne pras śrubowych

Napęd pras śrubowych realizowany jest za pomocą koła zamachowego połączonego ze śrubą, z którą związany jest suwak prasy. Praca odkształcenia plastycznego jest wykonywana kosztem energii zmagazynowanej głównie

w kole zamachowym. Przy stałej wartości energii kinetycznej zmagazynowanej w kole zamachowym, nacisk prasy będzie zależał przede wszystkim od pracy odkształcenia materiału. Można doszukać się dużej analogii między działaniem prasy śrubowej i młota. W obu przypadkach energia jest doprowadzana do suwaka prasy lub bijaka młota jeszcze przed procesem odkształcenia. Przy czym w prasie śrubowej wykorzystywana jest energia kinetyczna mas znajdujących się w ruchu obrotowym, a w młocie energia kinetyczna mas znajdujących się w ruchu postępowym.

Zastosowanie niesamohamownego mechanizmu śrubowego umożliwia akumulowanie znacznej ilości energii kinetycznej ruchu obrotowego koła zamachowego i pełne jej wykorzystanie w czasie ruchu roboczego suwaka. Pozwala to na wykonanie energochłonnych operacji technologicznych obróbki objętościowej. Nacisk, który może wywierać prasa zależy od energii kinetycznej części roboczych oraz od przemieszczenia suwaka prasy w czasie ruchu roboczego, tj. od odkształcenia plastycznego i odkształcenia sprężystego korpusu. Nacisk prasy będzie tym większy im mniejsze będzie odkształcenie plastyczne kształtowanego wyrobu oraz im większa będzie sztywność korpusu maszyny.

Uzyskanie dużych nacisków jest możliwe przy kuciu cienkich przedmiotów np. łopatek turbin, dla których odkształcenie plastyczne jest stosunkowo niewielkie. Można również realizować operacje spęczania, w której odkształcenie plastyczne jest duże, natomiast nacisk stosunkowo niewielki. Przy rozpatrywaniu nacisku pras śrubowych rozróżnia się naciski nominalne, dopuszczalne oraz maksymalne.

Jako nacisk nominalny przyjmuje się wartość nacisku wywieranego przez prasę podczas spęczania umownego przedmiotu typu trzpień z główką, przy umownym, uznanym za nominalne odkształceniu plastycznym. Przyjmuje się przy tym, że 80 – 85 % efektywnej energii jest wykorzystywana na odkształcenie plastyczne.

Dopuszczalny nacisk dla większości pras śrubowych jest 1,6 razy większy od nacisku nominalnego. Długotrwałe wywieranie nacisków maksymalnych jest dopuszczalne jedynie w warunkach, gdy prasa jest wyposażona w bezpieczniki cierne. Przy wywieraniu maksymalnych nacisków przyjmuje się, że praca użyteczna stanowi 45 – 50 % energii efektywnej.

Nacisk maksymalny wywiera prasa w przypadku braku odkształcenia plastycznego, np. podczas twardego uderzenia, gdy w matrycy nie umieszczono materiału wsadowego. W takich warunkach cała energia jest zużywana na tarcie w mechanizmie śrubowym i prowadnicach suwaka oraz na odkształcenie sprężyste elementów prasy i narzędzi. Natomiast praca użyteczna jest równa

zeru. Eksploatacja prasy przy naciskach maksymalnych nie jest dopuszczalna, gdyż może to doprowadzić do uszkodzenia elementów maszyny.

Prasy śrubowe charakteryzują się szeregiem zalet w porównaniu z innymi prasami mechanicznymi. Przesunięcie suwaka w prasach śrubowych nie jest ograniczone kinematycznie, dzięki czemu możliwe jest prowadzenie procesu aż do zetknięcia się matryc. Jeżeli energia prasy okaże się zbyt mała, to suwak zatrzyma się nie wykonując do końca odkształcenia. Uzyskanie wymaganego odkształcenia jest warunkowane wtedy powtórным skokiem suwaka, nie występuje natomiast niebezpieczeństwo przeciążenia maszyny, co miałyby miejsce przy prasach korbowych lub kolanowych. Dodatkowo podczas operacji technologicznych odkształcenia sprężyste układu maszyna – narzędzia są kompensowane samoczynnie dodatkowym obrotem śruby i praktycznie nie wpływają na dokładność kształtowanych wyrobów.

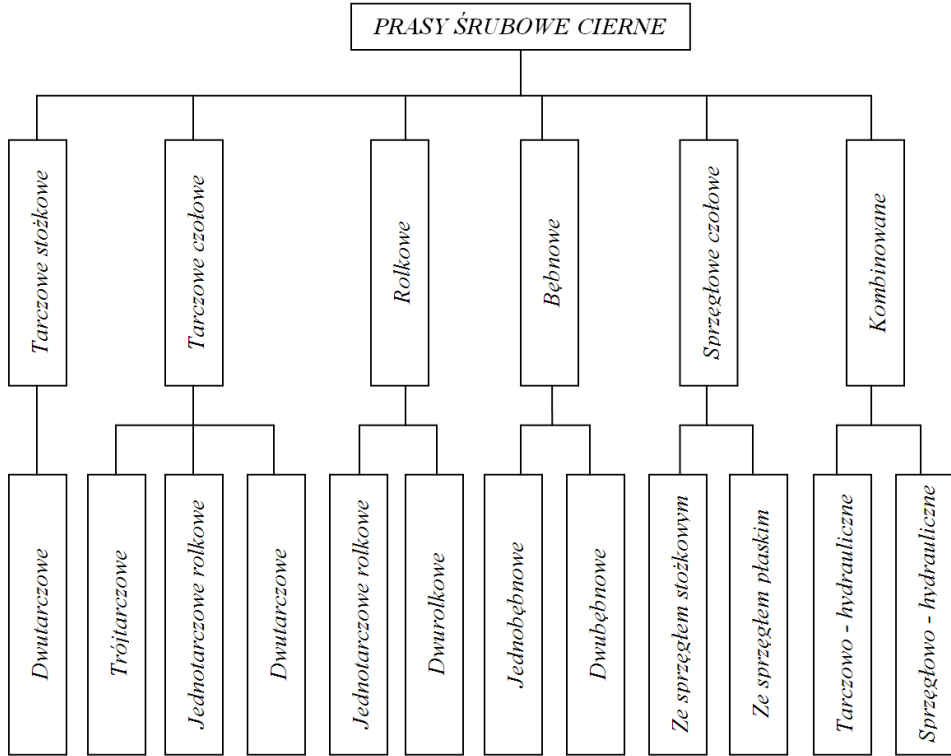
Do głównych wad pras śrubowych można zaliczyć między innymi udarowe działanie na fundamenty (pionowe oraz skrętne) oraz odkształcenia kątowe (skrętne) korpusów w czasie skoku roboczego suwaka.

6.3. Prasy śrubowe cierne

Najbardziej rozpowszechnioną grupą pras śrubowych wykorzystywanych w przemyśle są prasy śrubowe cierne (z przekładnią cierną). Prasy śrubowe cierne są maszynami do obróbki plastycznej, w których ruch w mechanizmie śrubowym jest wywołany przekładnią cierną: czołową, tarczową, stożkową, rolkową lub inną. Zasada działania pras śrubowych ciernych polega na wykorzystaniu momentu tarcia dla przekazania energii silnika elektrycznego i energii kinetycznej tarcz mechanizmowi śrubowemu prasy, w czasie ruchu suwaka do dołu i do góry, lub w czasie jednego z tych ruchów. Klasyfikację pras śrubowych z napędem ciernym przedstawiono na rysunku 6.6. Zaś na rysunku 6.7 przedstawiono schematy kinematyczne ciernych układów napędowych pras śrubowych.

Najpopularniejszymi prasami śrubowymi z napędem ciernym są prasy dwutarczowe z przekładnią cierną czołową (rys. 6.7a). Koło zamachowe 2 jest napędzane przez silnik elektryczny, przekładnię pasową oraz tarcze 3, które umieszczone są na wale napędowym 1. Wał napędowy umieszczony jest nad kołem zamachowym i ma możliwość przesuwu wzdłuż swojej osi. Tarcze cierne 3 osadzone są na wale napędowym i obracają się z nim w tym samym kierunku, dzięki czemu dosunięcie ich do koła zamachowego zapewnia opuszczanie lub podnoszenie suwaka związanego ze śrubą. W początkowym etapie ruchu suwaka do góry, występują znaczne różnice prędkości obrotowych tarczy cierniej i koła zamachowego, co powoduje duże poślizgi między powierzchniami i szybkie zużywanie się okładzin ciernych. Mimo tych wad prasy śrubowe cierne

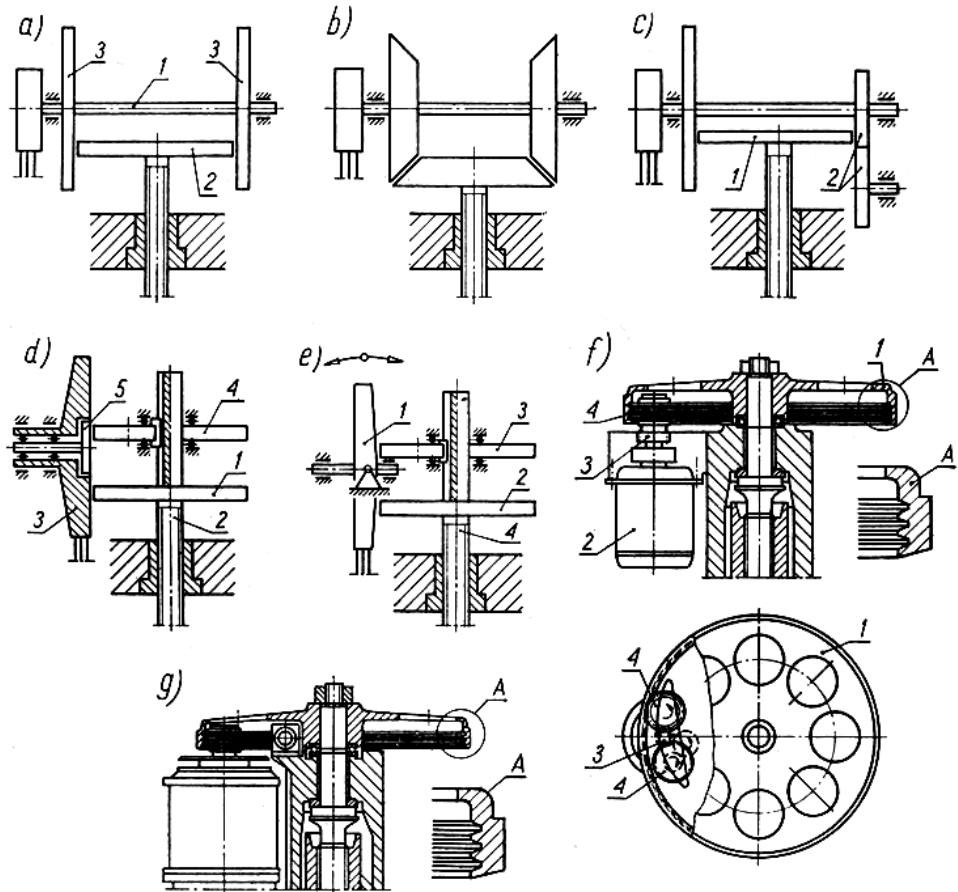
dwutarczowe ze względu na prostotę konstrukcji jeszcze do niedawna stanowiły najliczniejszą grupę maszyn. Spotykane są o szerokim zakresie nacisków (od 400 kN do ponad 25000 kN).



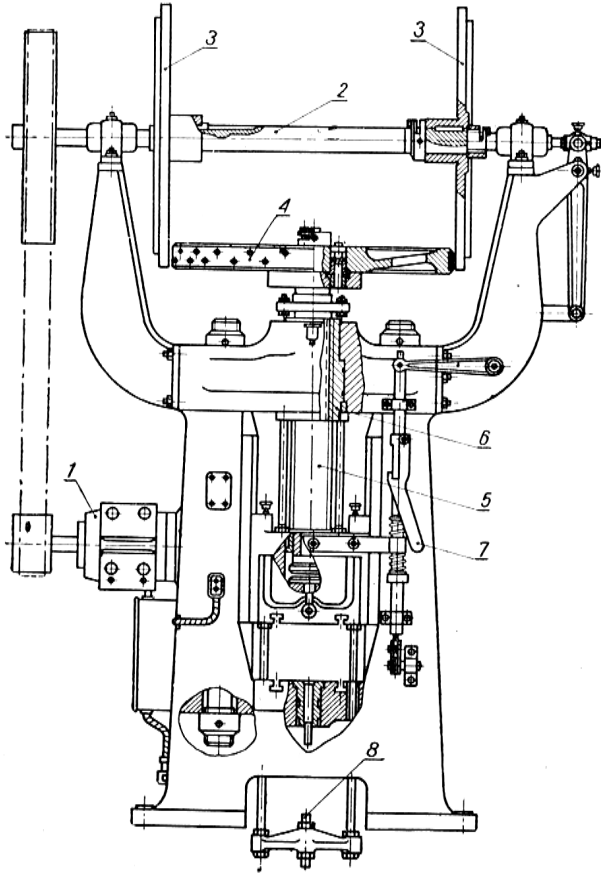
Rys. 6.6. Klasyfikacja pras śrubowych z napędem ciernym [2, 12]

Na rysunku 6.8 przedstawiono prasę śrubową cierną dwutarczową. Korpus tej prasy wykonany jest z segmentów jako dzielony i skręcony stalowymi ściągnaczami na gorąco. Napęd przenoszony jest od silnika 1 za pośrednictwem przekładni pasowej na wał 2, na którym osadzone są dwie cierne tarcze żeliwne 3. Tarcze te służą do napędu koła zamachowego 4 osadzonego na górnym końcu śruby 5. Na drugim końcu śruby zawieszono suwak prasy. Śruba 5 obraca się w nieruchomej nakrętce 6 osadzonej w korpusie prasy. Sterowanie prasy realizowane jest ręcznie poprzez układ dźwigniowy 7, który przesuwając wał napędowy 2 z tarczami ciernymi 3, wzdłuż jego osi, aż do momentu zetknięcia się jednej z tarcz z kołem zamachowym 4. Dosunięcie lewej tarczy 3 do koła zamachowego powoduje ruch przyspieszony suwaka do dołu i wykonanie przez niego pracy, zaś dosunięcie prawej tarczy cierniej wywołuje ruch opóźniony suwaka do góry. Powierzchnia boczna koła zamachowego 4 pokryta jest okładziną cierną zwiększającą współczynnik tarcia. Prasy śrubowe z napędem

ciernym dwutarczowym charakteryzują się prostą budową i stosunkowo niski kosztem wykonania, jednak z uwagi na duże poślizgi na powierzchniach ciernych sprawność tego typu maszyn jest stosunkowo niewielka.



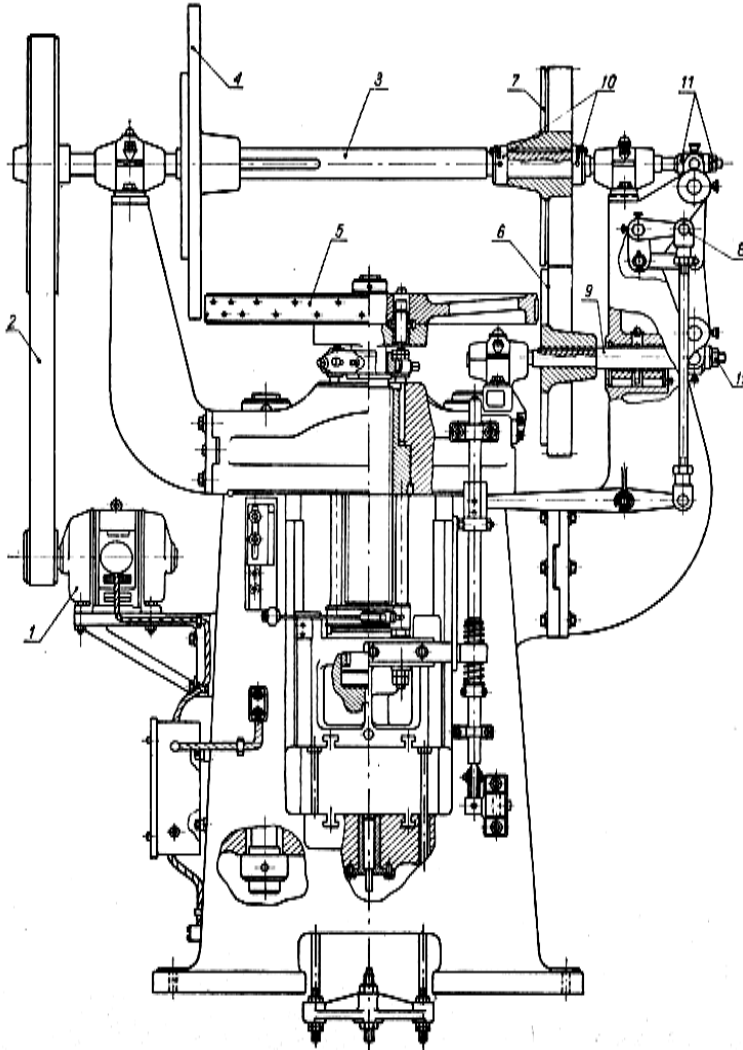
Rys. 6.7. Rodzaje pras śrubowych z napędem ciernym: a) prasa dwutarczowa, b) prasa dwutarczowa stożkowa, c) prasa trójtarczowa, d) prasa dwutarczowa z tarczami ciernymi zewnętrzną i wewnętrzną, e) prasa jednotarczowa z tarczą przechylną, f) prasa beztarczowa z dwoma rolkami ciernymi, g) prasa beztarczowa z jedną rolką cierną osadzoną bezpośrednio na wale silnika napędowego [12]



Rys. 6.8. Schemat prasy śrubowej z napędem ciernym dwutarczowym:

- 1 – silnik napędowy,*
- 2 – wał napędowy,*
- 3 – koła cierne,*
- 4 – koło zamachowe,*
- 5 – śruba,*
- 6 – nakrętka,*
- 7 – mechanizm sterowania [36]*

W celu poprawienia współczynnika sprawności przekładni ciernej oraz polepszenia warunków pracy przy ruchu suwaka do góry zastosowano do napędu koła zamachowego przekładnię cierną trójtarczową (rys. 6.7c). Koło zamachowe i suwak takiej prasy, są podnoszone przez dwie tarcze cierne. Po wykonaniu uderzenia. W początkowej chwili ruchu suwaka do góry, koło zamachowe położone jest w pobliżu osi obrotu dolnej tarczy ciernej, dzięki czemu różnica prędkości obwodowych tarczy i koła zamachowego jest niewielka, co znacznie zmniejsza poślizgi między elementami współpracującymi. Takie rozwiązanie ułatwia również hamowanie koła zamachowego w miarę zbliżania się do osi drugiego koła ciernej. Schemat prasy śrubowej z napędem ciernym trójtarczowym pokazano na rysunku 6.9. Napęd w tego typu prasie przenoszony jest z silnika 1 przez przekładnię pasową 2 na wał napędowy 3. Na wale tym zamocowano z jednej strony tarczę 4, która po dosunięciu do koła zamachowego 5 powoduje ruch przyspieszony suwaka do dołu. W celu wywołania ruchu powrotnego do góry wykorzystuje się dwie tarcze 6 i 7, które dosuwa się jednocześnie do koła zamachowego przez układ dźwigniowy 8.



Rys. 6.9. Prasa śrubowa z napędem ciernym trójtarczowym o nacisku 1800kN: 1 – silnik napędowy, 2 – przekładnia pasowa, 3 – wał napędowy poziomy, 4 – tarcza cierna ruchu roboczego, 5 – koło zamachowe, 6, 7 – tarcze cierne ruchu powrotnego, 8 – mechanizm sterowania, 9 – wałek pośredni, 10 – pierścienie dociskowe, 11 – mechanizm przesuwu tarcz [12]

W prasach śrubowych z napędem ciernym o większych naciskach do przesuwu tarcz wykorzystuje się siłowniki hydrauliczne lub pneumatyczne, które znacznie ułatwiają pracę obsługi.

Przykładowe konstrukcję pras śrubowych z napędami ciernymi dwutarczowymi pokazano na kolejnych rysunkach 4.10 oraz 6.11.

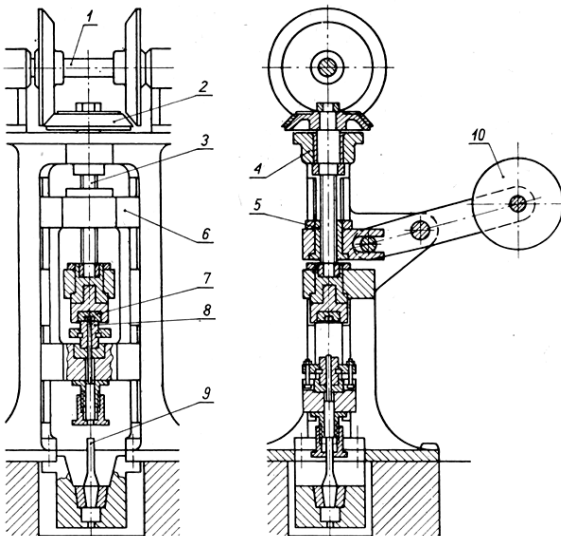
Inną odmianą prasy dwutarczowej jest prasa, która posiada koło zamachowe oraz tarcze cierne w kształcie ściętych stożków (rys. 6.12).



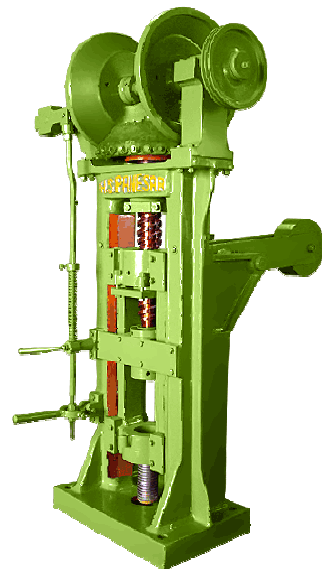
Rys. 6.10. Prasa śrubowa z napędem ciernym dwutarczowym o nacisku 630 kN firmy CIL [49]



Rys. 6.11. Prasa śrubowa z napędem ciernym dwutarczowym o nacisku 25000kN [66]



Rys. 6.12. Prasa śrubowa cierna dwutarczowa z kołami stożkowymi w układzie Vincenta (z suwakiem poruszającym się do góry): 1 – wał napędowy z tarczami stożkowymi, 2 – koło zamachowe, 3 – śruba, 4 – łożysko, 5 – nakrętka, 6 – suwak, 7, 8 – matryce, 9 – wyrzutnik, 10 – urządzenie odciążające [12, 60]

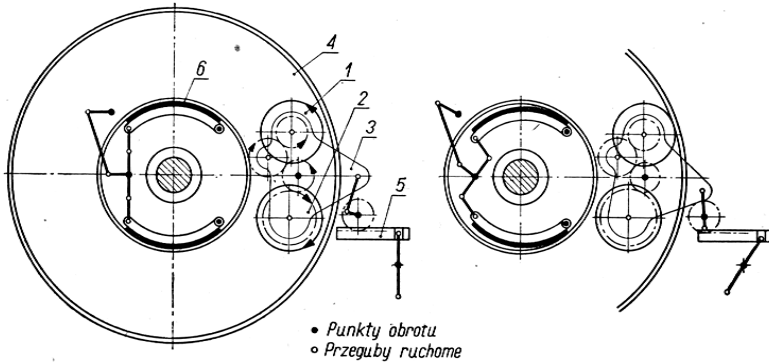


Stożkowe przekładnie cierne mają duże poślizgi na powierzchniach styku tarcz i koła zamachowego, oraz niewielki współczynnik sprawności. Stosowane są w prasach śrubowych ciernych w systemie Vincenta, gdzie ruch roboczy suwaka jest ruchem do góry (rys. 6.12). W prasach tego typu, pomimo że mają dwie tarcze napędowe pionowe ruch suwaka zarówno w górę, jak i w dół odbywa się ze stałą prędkością, na skutek zastosowania stożkowych płaszczyzn ciernych. Ruch przenoszony jest przez dosunięcie jednej z tarcz stożkowych zamocowanych na wale napędowym 1. Pozioma tarcza stożkowa 2 stanowiąca koło zamachowe osadzona jest na śrubie 3. Śruba łożyskowana jest w głowicy korpusu 4 i jego części środkowej. Nakrętka 5 umieszczona jest w ramie suwaka 6 i przemieszcza się razem z suwakiem. W górnym położeniu ramy wykonywana jest praca odkształcenia plastycznego przez matryce 7 i 8, zamocowane w ramie. Często w tego typu konstrukcjach stosuje się odciążenie ramy suwaka za pomocą przeciwcieżaru 10 umieszczonego na dźwigni.

Niski współczynnik sprawności mechanizmów tarczowych ciernych w prasach śrubowych, który najczęściej nie przekraczał 10 % doprowadził do powstania pras z napędem ciernym beztarczowym (rys. 6.7f). W tego typu konstrukcji koło zamachowe 1 napędzane jest silnikiem elektrycznym 2 za pośrednictwem przekładni zębatej 3 oraz dwóch rolek 4 obracających się w przeciwnych kierunkach. Dosunięcie do koła jednej z rolek powoduje ruch suwaka do dołu, natomiast dosunięcie drugiej ruch suwaka do góry.

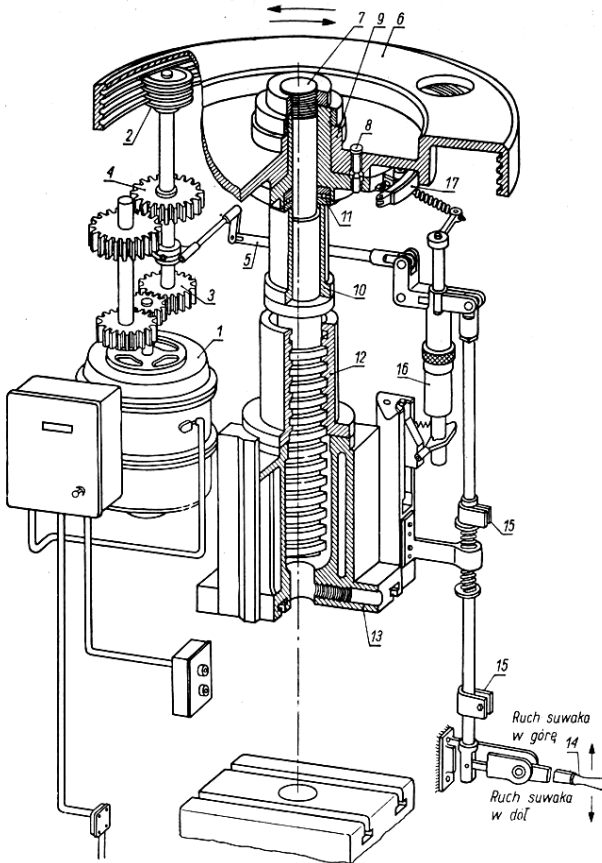
Na rysunku 6.13 przedstawiono system napędu prasy beztarczowej napędzanej za pośrednictwem dwóch rolek ciernych. Silnik jest tutaj stale sprzęgnięty przez przekładnie zębate z kołami ciernymi 1 i 2, które obracają się w przeciwnych kierunkach. Koła te umocowane są na wahliwej płycie 3. Obrót tej płyty powoduje dosunięcie koła 1 lub 2 do koła zamachowego 4 zamocowanego na śrubie prasy i wymuszenie ruchu suwaka w dół lub w górę. Obrót płyty 3 odbywa się za pośrednictwem układu zębatkowego 5 sterowanego dźwigniowo. Do zatrzymania układu służy hamulec szczękowy 6. Prasy tego typu charakteryzują się stałą prędkością suwaka, zarówno przy ruchu w dół jak i do góry. Jednak w tego typu układzie rolki napędowe ulegają dość szybkiemu zużyciu na skutek dużych poślizgów chwili włączania napędu. Dlatego też częściej można spotkać układy z jedną rolką napędową, która styka się stale z bieżnią koła zamachowego (rys. 6.14). Silnik elektryczny 1 przenosi napęd na koło cierne 2 za pośrednictwem przekładni zębatych 3 lub 4. W kołach zębatych 3 i 4 wbudowane są sprzęgła włączane układem dźwigniowym 5. Załączenie jednego ze sprzęgieł powoduje ruch suwaka w dół lub w górę.

6. Prasy śrubowe



- Punkty obrotu
- Przeguby ruchome

Rys. 6.13. Schemat napędu prasy ciernej beztarczowej: 1, 2 – koła napędowe, 3 – wahliwa płyta, 4 – koło zamachowe, 5 – zębatka sterująca, 6 – hamulec szczękowy [12]

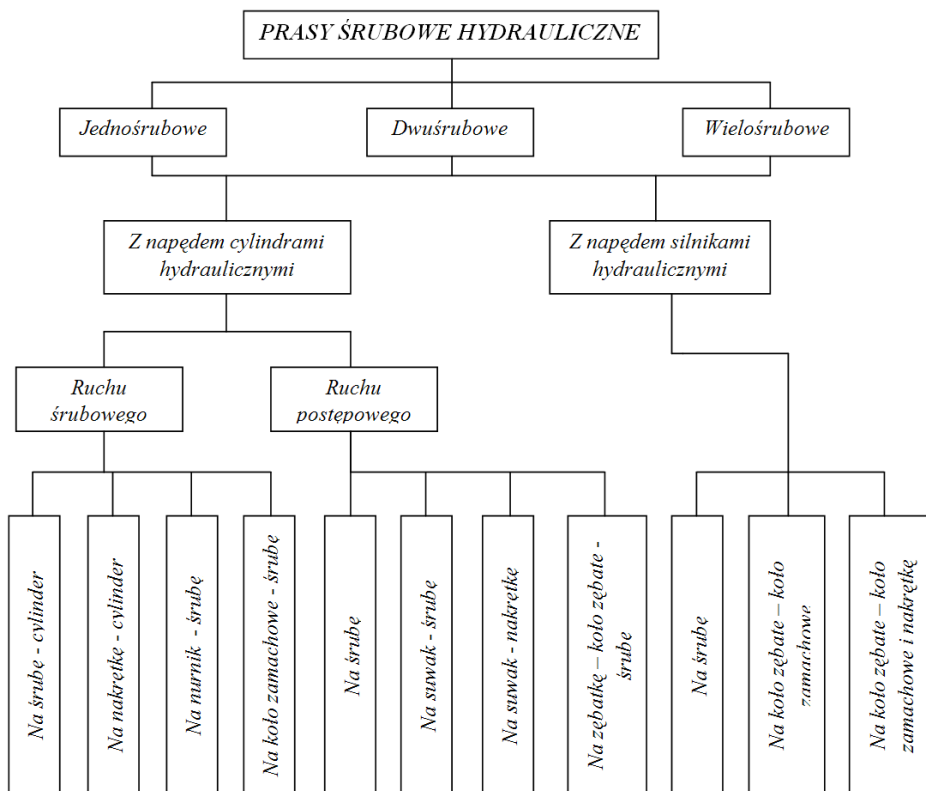


Rys. 6.14. Schemat napędu prasy śrubowej z przekładnią cierną beztarczową:

- 1 – silnik elektryczny,
- 2 – rolka cierna,
- 3, 4 – koła zębate,
- 5 – dźwignia sterowania,
- 6 – koło zamachowe,
- 7 – śruba,
- 8 – bezpiecznik spinowy,
- 9 – piasta koła zamachowego,
- 10 – łożysko,
- 11 – pierścień oporowy,
- 12 – nakrętka,
- 13 – suwak,
- 14, 15, 16, 17 – układ sterowania [12]

6.4. Prasy śrubowe z napędem hydraulicznym

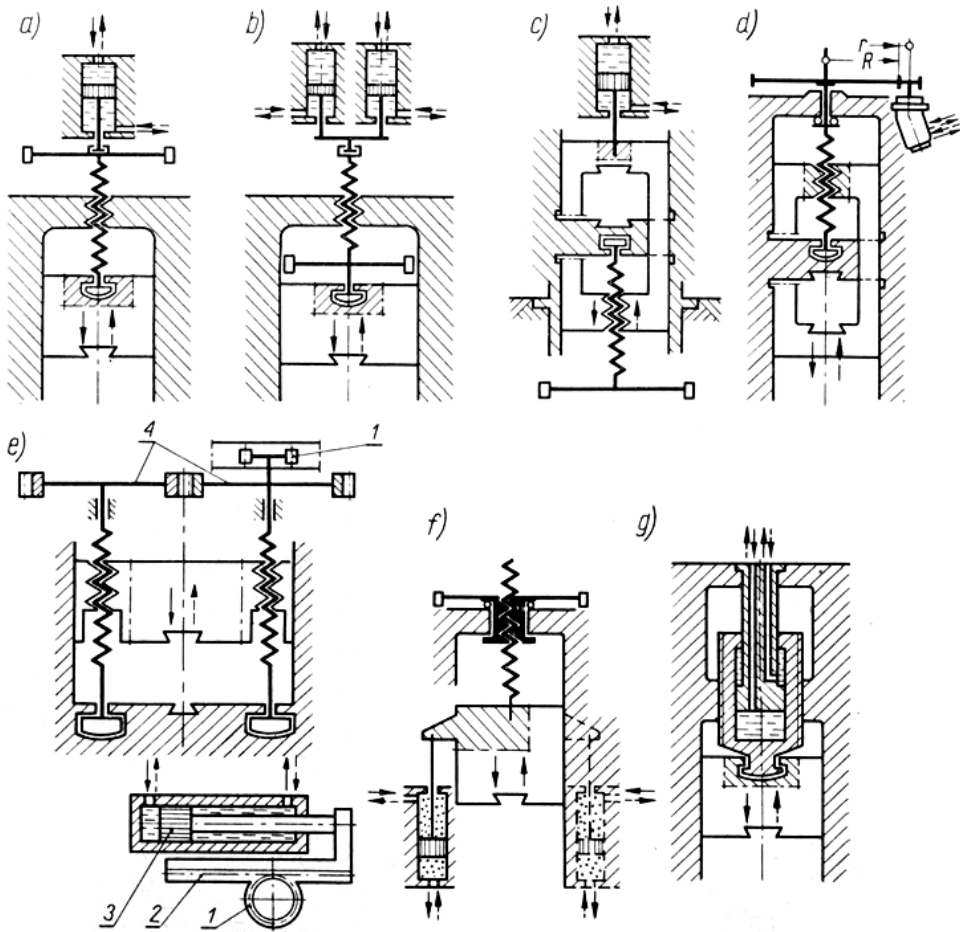
W celu całkowitego wyeliminowania przekładni ciernych do napędu pras śrubowych opracowano szereg rozwiązań konstrukcyjnych maszyn, w których ruch obrotowy koła zamachowego wymuszony jest w wyniku oddziaływania ciśnienia cieczy lub gazu. Jednym z kierunków rozwoju pras śrubowych jest zastosowanie napędu hydraulicznego, dzięki któremu znacznie zwiększono sprawność i szybkość prasy. W tego typu prasach wymuszenie ruchu śruby jest realizowane w wyniku oddziaływania cylindrów hydraulicznych ruchu postępowego lub obrotowego, oraz przy pomocy silników hydraulicznych. Klasyfikację pras śrubowych hydraulicznych przedstawiono na rysunku 6.15. Najczęściej spotykane są prasy jednośrubowe napędzane cylindrem hydraulicznym lub silnikiem hydraulicznym. Spotyka się również prasy napędzane cylindrami hydraulicznymi ruchu śrubowego, w których tłok lub cylinder wykonuje jednocześnie ruch obrotowy i postępowy. Sprawność pras śrubowych z napędem hydraulicznym jest bardzo wysoka i przekracza nawet 40% - 50%.



Rys. 6.15. Klasyfikacja pras śrubowych z napędem hydraulicznym [1]

6. Prasy śrubowe

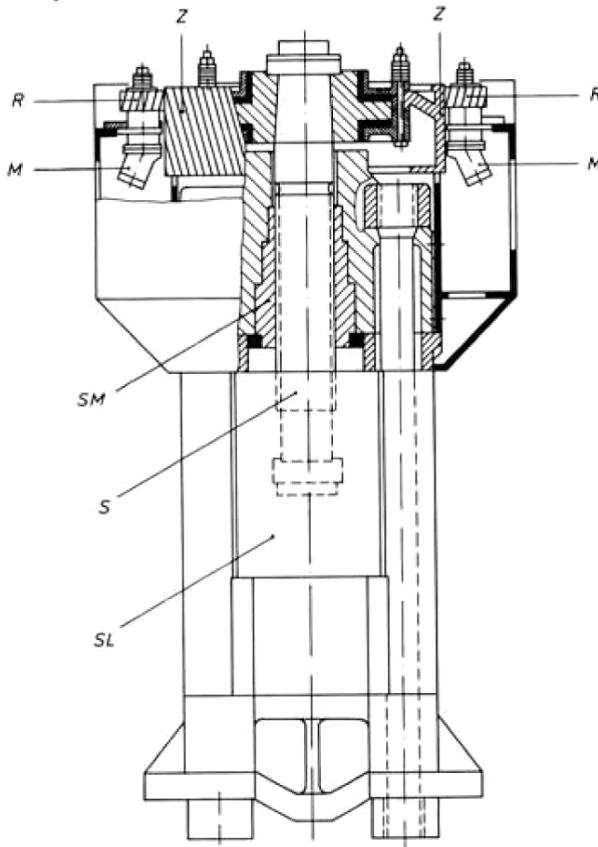
Wymuszenie ruchu śruby może nastąpić w skutek przyłożenia siły do suwaka lub śruby, bądź na skutek przyłożenia momentu obrotowego do śruby, nakrętki lub koła zamachowego (rys. 6.16).



Rys. 6.16. Rozwiązania konstrukcyjne napędu hydraulicznego pras śrubowych: a) siłownik hydrauliczny umieszczony w osi obrotowej śruby nad kołem zamachowym, b) dwa siłowniki umieszczone nad śrubą, koła zamachowe umieszczone pod nakrętką, c) cylinder hydrauliczny umieszczony w górnej części maszyny, koło zamachowe poniżej poziomu maszyny, d) koło zamachowe napędzane silnikiem hydraulicznym, e) prasa dwuśrubowa napędzana układem zębkowo – hydraulicznym, f) napęd pneumatyczny prasy śrubowej przyłożony do suwaka, g) połączenie prasy śrubowej z hydrauliczną „prasomłot” [1]

Rozwiązanie konstrukcyjne prasy śrubowej napędzanej silnikami hydraulicznymi, które rozmieszczono na obwodzie koła zamachowego pokazano na rysunku 6.17. Koło zamachowe połączone ze śrubą ma kształt

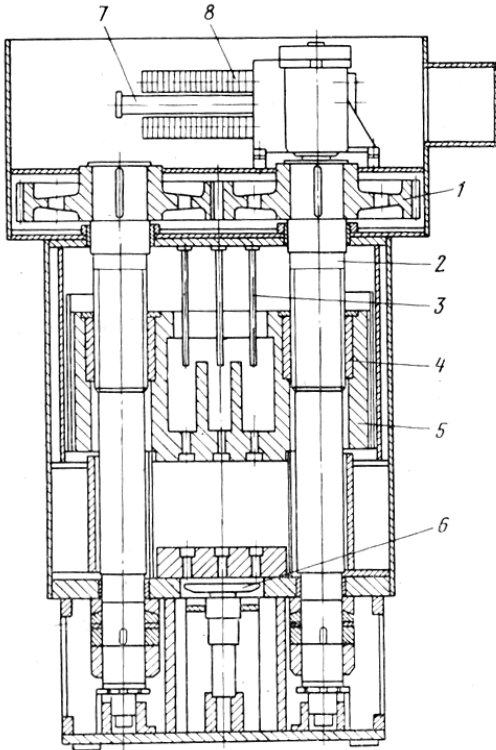
zębatego wieńca, połączonego z piastą za pomocą sprzęgła cierne, które pełni rolę bezpiecznika. W trakcie pracy koło zamachowe wraz ze śrubą wykonuje ruch obrotowy i jednocześnie przemieszcza się wzdłuż swojej osi. Taka kinematyka ruchu powoduje, że wysokość zębatego wieńca koła zamachowego powinna być większa od skoku suwaka prasy. W efekcie prasy śrubowe z takim rozwiązaniem napędu charakteryzują się stosunkowo niewielką wartością skoku. Prasy tego typu charakteryzują się dużymi wartościami nacisków nominalnych, dochodzących nawet do 125 MN (nacisk maksymalny takiej prasy osiąga wartość 250 MN).



Rys. 6.17. Prasa śrubowa z napędem hydraulicznym za pomocą planetarnie rozmieszczonych silników hydraulicznych:
SL – suwak prasy,
S – śruba,
SM – nakrętka,
M – silnik hydrauliczny,
R – koło zębate napędowe,
Z – wieńiec zębaty umieszczony na kole zamachowym [35]

W prasach śrubowych wyposażonych w stoły i suwaki o dużych powierzchniach do napędu wykorzystuje się dwie śruby połączone z dwoma kołami zamachowymi (rys. 6.18). Na kołach zamachowych osadzone są wieńce zębate zazębione ze sobą i napędzane mechanizmem zębatkowym. Przesuw zębatego napędzającego jedno z kół zamachowych jest wywołany oddziaływaniem siłownika hydraulicznego. Prasa wyposażona jest w dolny wyrzutnik hydrauliczny 6, umieszczony w stole prasy i wykorzystywany przy kuciu w matrycach wielowykrojowych. Również w suwaku prasy znajdują się

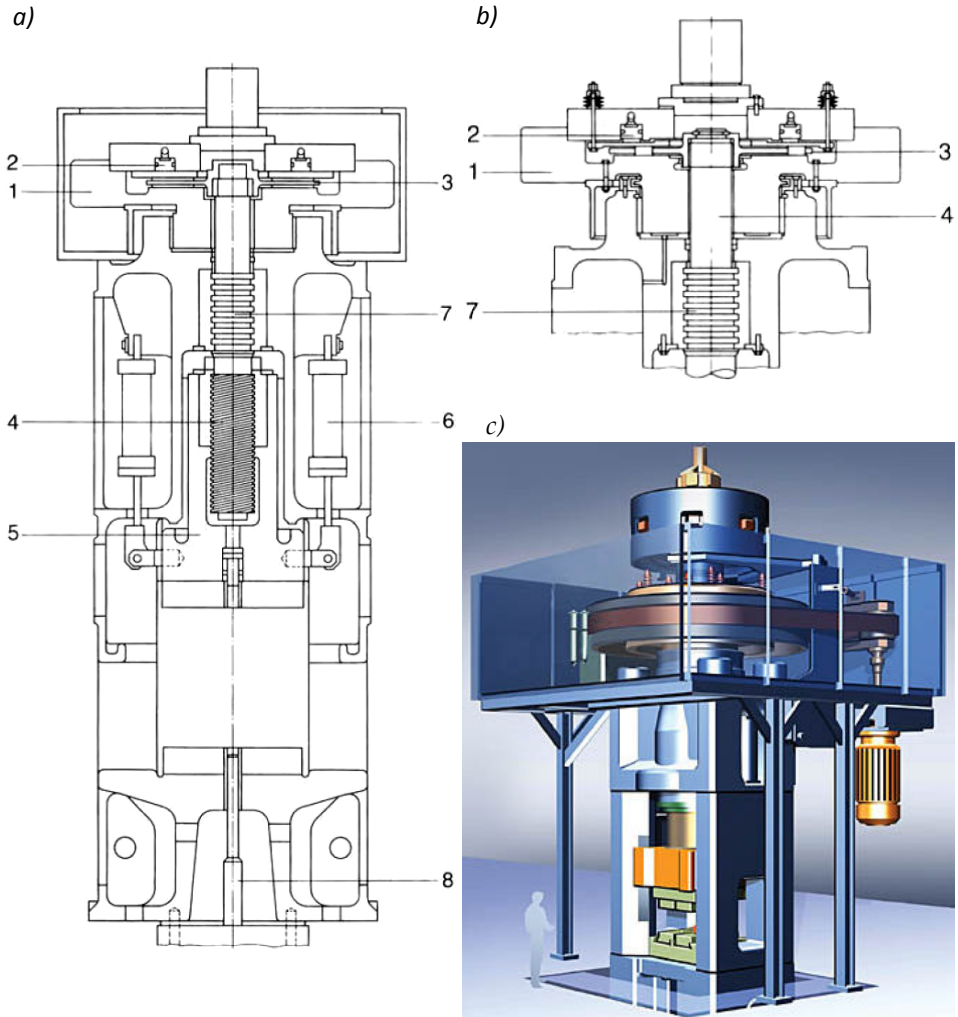
trzczenie wyrzutnika, służące do wypchnięcia wyrobu z górnej matrycy. Prasa posiada możliwość programowania czterech wartości energii uderzenia.



Rys. 6.18. Prasa dwuśrubowa z napędem hydraulicznym zębatkowym:

- 1 – koła zamachowe,
- 2 – śruba,
- 3 – trzczenie wyrzutnika górnego,
- 4 – nakrętka,
- 5 – suwak,
- 6 – wyrzutnik dolny,
- 7 – siłownik hydrauliczny,
- 8 – listwa zębata [1]

Inne rozwiązanie konstrukcyjne prasy śrubowej ze sprzęgłem hydraulicznym i powrotnymi cylindrami hydraulicznymi pokazano na rysunku 6.19. Koło zamachowe łożyskowane jest w korpusie prasy i obraca się cały czas w jednym kierunku, napędzane przekładnią pasową od silnika elektrycznego. Podczas każdego skoku roboczego suwaka prasy (ruch suwaka do dołu), koło zamachowe jest łączone za pomocą sprzęgła ciernego z tarczą osadzoną na śrubie, w wyniku czego następuje przeniesienie momentu z koła zamachowego na tarczę i śrubę, która współpracując z nakrętką osadzoną w suwaku, powoduje jego przemieszczanie do dołu. Ruch powrotny suwaka (do góry), po rozłączeniu sprzęgła ciernego jest efektem oddziaływania siłowników hydraulicznych połączonych z suwakiem i korpusem prasy. Cylindry hydrauliczne pełnią również rolę urządzenia odciążającego, które utrzymuje zespół suwaka w górnym położeniu.

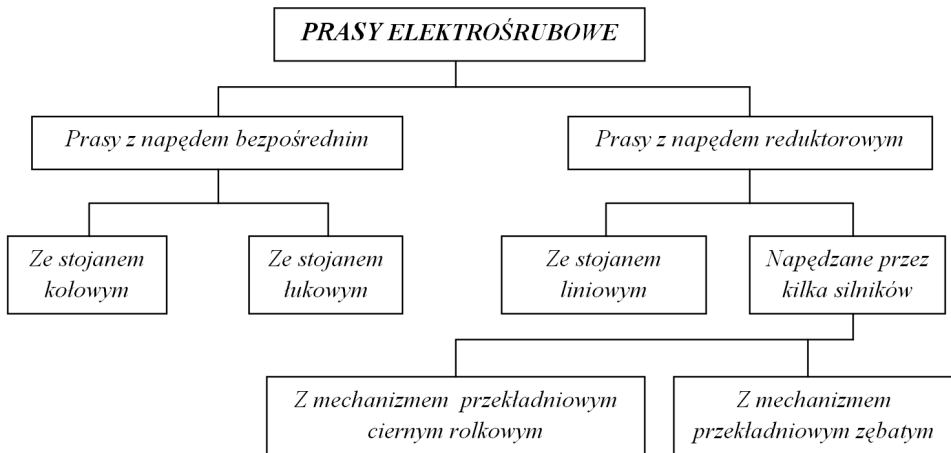


Rys. 6.19. Prasa śrubowa z napędem elektryczno – hydraulicznym: a) konstrukcja prasy, b) rozwiązanie przeniesienia napędu, c) widok prasy; 1 – koło zamachowe łożyskowane w korpusie, 2 – siłowniki hydrauliczne sprzęgła ciernego, 3 - powierzchnie ciernie sprzęgła, 4 – śruba, 5 – suwak prasy, 6 – siłowniki hydrauliczne powrotne, 7 – łożyskowanie śruby w korpusie, 8 – wyrzutnik umieszczony w stole prasy [1, 75]

6.5. Prasy elektrośrubowe

Obecnie coraz większą popularnością cieszą się prasy śrubowe z napędem elektrycznym bezpośrednim (prasy elektrośrubowe). W prasach tego typu stojan silnika napędowego połączony jest z korpusem prasy, natomiast wirnik osadzony jest na kole zamachowym połączonym ze śrubą lub obrotową nakrętką prasy. Zastosowanie bezpośredniego napędu elektrycznego powoduje

wyeliminowanie strat w przekładniach: pasowych, ciernych, zębatych, co znacząco wpływa na podniesienie sprawności całej maszyny. W dawnych konstrukcjach pras elektrośrubowych częste rozruchy silnika powodowały jego przeciążenie i przegrzewanie. W obecnie budowanych prasach elektrośrubowych wykorzystuje się specjalne układy zasilania i sterowania uzwojeń silników, zmniejszające ryzyko przeciążeń i przegrzewania się uzwojeń silników. Klasyfikację pras elektrośrubowych przedstawiono na rysunku 6.20. Natomiast schematy konstrukcyjne najczęściej spotykanych pras elektrośrubowych pokazano na kolejnym rysunku 6.21.



Rys. 6.20. Klasyfikacja pras elektrośrubowych

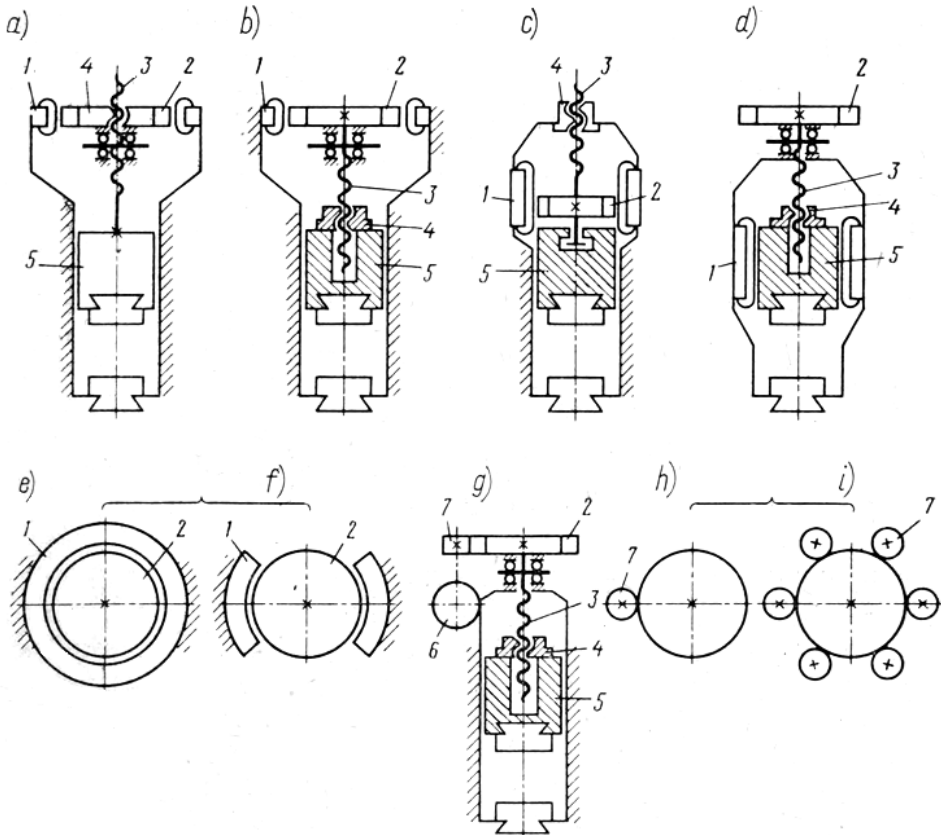
W prasach elektrośrubowych z bezpośrednim napędem bezreduktorowym (rys. 6.21a –6.21f) rozpędzenie koła zamachowego oraz śruby jest efektem oddziaływania wirującego pola elektromagnetycznego stojana, który umieszczony jest w korpusie prasy. Koło zamachowe w tego typu prasach jest wirnikiem asynchronicznym silnika elektrycznego. Stojan kołowy lub łukowy stanowi integralną część korpusu prasy, wewnątrz którego umieszczone jest uzwojenie.

W prasach elektrośrubowych z napędem pośrednim elektromechanicznym (rys. 6.21g oraz 6.21i) obrót koła zamachowego jest wywołany oddziaływaniem jednego lub kilku silników asynchronicznych w wykonaniu specjalnym, za pośrednictwem przekładni zębatych.

Powszechnie stosowanym rozwiązaniem konstrukcyjnym pras elektrośrubowych jest układ, w którym śruba wykonuje ruch obrotowy pod działaniem momentu obrotowego, natomiast nakrętka jest połączona nieruchomo z suwakiem maszyny. Można spotkać również takie rozwiązania, w których śruba wykonuje tylko ruch postępowy, zaś nakrętka połączona jest

z kołem zamachowym – wirnikiem silnika elektrycznego i wykonuje ruch obrotowy [47].

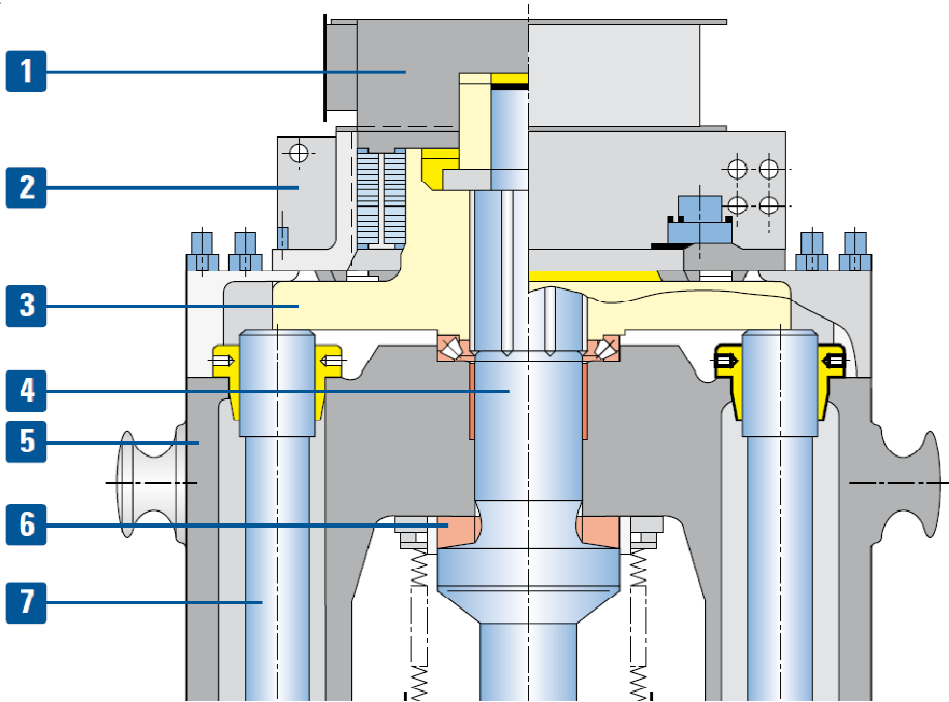
W prasach elektrośrubowych dochodzi do szybkiego nagrzewania się uzwojeń stojana, spowodowanego częstymi rozruchami. Dlatego też aby nie dopuścić do przegrzania uzwojeń, stosuje się wymuszone chłodzenie stojanów za pomocą wysokowydajnych wentylatorów umieszczanych nad stojanem silnika.



Rys. 6.21. Schematy konstrukcyjne pras elektrośrubowych: a) do e) prasy z napędem elektrycznym bezpośrednim ze stojanem kołowym, f) prasa śrubowa z napędem elektrycznym bezpośrednim ze stojanem łukowym, g), h) prasy śrubowe o napędzie pośrednim elektromechanicznym; 1 – stojan silnika, 2 – wirnik – koło zamachowe, 3 – śruba, 4 – nakrętka, 5 – suwak, 6 – silnik elektryczny, 7 – przekładnia zębata [1]

Przykładowy schemat napędu prasy elektrośrubowej firmy LASCO pokazano na kolejnym rysunku 6.22. Koło zamachowe, które jest jednocześnie wirnikiem silnika elektrycznego osadzono na śrubie łożyskowanej w korpusie, która może jedynie wykonywać ruch obrotowy. Na obwodzie koła zamachowego znajduje się stojan silnika elektrycznego wraz z uzwojeniem chłodzony za pomocą

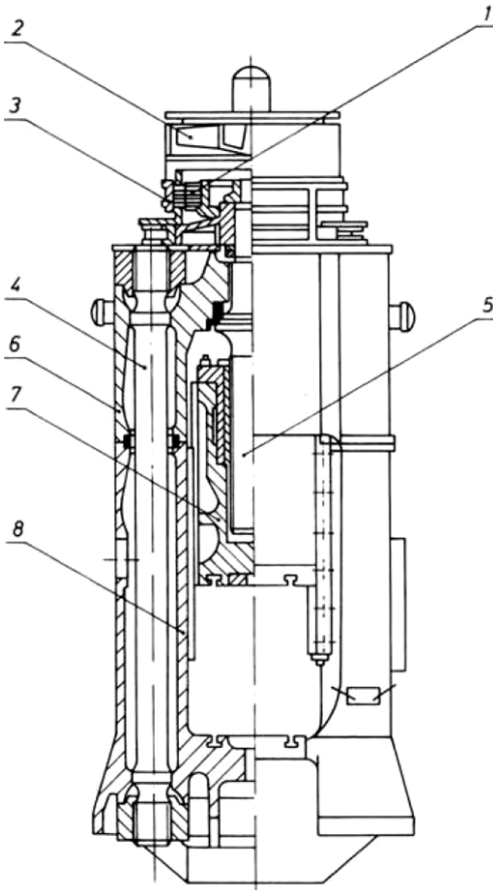
specjalnego układu wentylacyjnego, umieszczonego nad kołem zamachowym i stojanem. Obrót koła zamachowego, osadzonego na śrubie prasy wywołany jest oddziaływaniem pola elektromagnetycznego, generowanego przez prąd przepływający przez uzwojenie stojana. Nieruchoma nakrętka związana jest z suwakiem prasy, w wyniku czego obrót śruby powoduje liniowe przemieszczanie suwaka.



Rys. 6.22. Napęd prasy elektrośrubowej firmy LASCO stosowany w maszynach w zakresie nacisków nominalnych od 2500 kN do 8000 kN: 1 – chłodzenie uzwojenia (wysokowydajny wentylator), 2 – stojan silnika wraz z uzwojeniem, 3 – koło zamachowe stanowiące wirnik silnika, 4 – śruba wykonująca ruch obrotowy, 5 – korpus prasy, 6 – pierścień oporowy – łożysko, 7 – stalowy ściągacz korpusu [6]

Przykładową konstrukcję prasy śrubowej z napędem elektrycznym bezpośrednim przedstawiono na rysunku 6.23. Napęd koła zamachowego prasy odbywa się w sposób bezpośredni w wyniku oddziaływania pola elektromagnetycznego na wirnik, który stanowi koło zamachowe połączone ze śrubą. Brak przekładni mechanicznych umożliwia uzyskanie wysokich sprawności maszyny, która waha się w przedziale $\eta = 0,7 - 0,8$. W prasie istnieje możliwość regulacji energii uderzenia w wyniku zmiany prędkości wirowania koła zamachowego. Firma Müller-Weingarten tego typu konstrukcje buduje

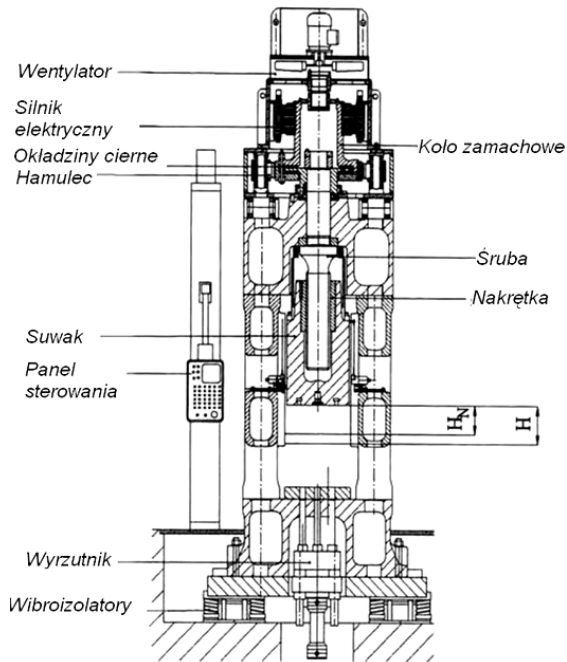
w zakresie nacisków od 3150 kN do 23000 kN. Korpus prasy wykonany jest z dwóch ażurowych części spiętych stalowymi ściągaczami.



Rys. 6.23. Konstrukcja prasy elektrośrubowej firmy Müller-Weingarten:

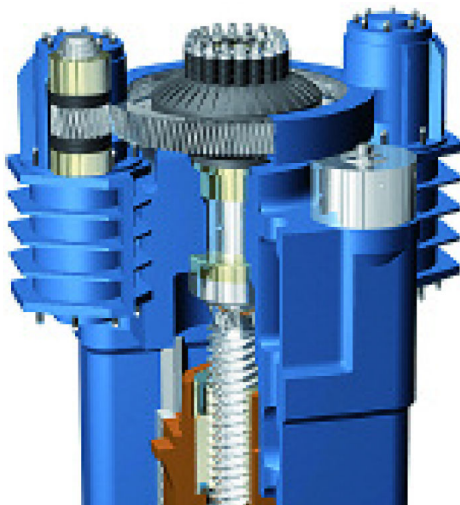
- 1 – koło zamachowe – wirnik,
- 2 – wentylator chłodzący,
- 3 – stojan wraz z uzwojeniem,
- 4 – ściągacz korpusu,
- 5 – śruba,
- 6 – dzielony korpus prasy,
- 7 – suwak wraz z nakrętką,
- 8 – prowadnice [35]

Niewielkie prasy śrubowe z napędem elektrycznym bezpośrednim do 6300 kN nacisku używane są głównie kucia i prasowania. Zasilane są one trójfazowym silnikiem elektrycznym wbudowanym w korpus prasy. Do zasilania pras o większych naciskach (rys. 6.24) (powyżej 10000 kN) stosuje się specjalne generatory częstotliwości. Dzięki temu podnosi się sprawność elektryczna prasy. W takich prasach jeśli prędkość obrotowa i energia zmagazynowana w kole zamachowym jest większa od wymaganej do wykonania operacji, wykorzystuje się generator jako hamulca, wytwarzając energię elektryczną, która jest przesyłana z powrotem do sieci. W czasie ruchu powrotnego, podczas hamowania suwaka i koła również odzyskuje się energię elektryczną. W rezultacie hamulec mechaniczny jest w znacznie mniejszym stopniu obciążony niż w prasach elektrośrubowych zasilanych bezpośrednio z sieci elektrycznej.



Rys. 6.24. Prasa śrubowa z napędem elektrycznym bezpośrednim firmy LASCO [35, 30]

Innym rozwiązaniem konstrukcyjnym stosowanym w prasach śrubowych z napędem elektrycznym przez firmę LASCO jest napęd koła zamachowego wraz z połączoną z nim śrubą przy pomocy specjalnych asynchronicznych silników elektrycznych (rys. 6.25), które rozmieszczone są na obwodzie koła zamachowego i za pośrednictwem przekładni zębatach wprawiają go w ruch obrotowy.



Rys. 6.25. Symetryczny napęd prasy śrubowej za pomocą dwóch elektrycznych silników asynchronicznych, stosowany przez firmę LASCO w prasach o nacisku 2500 kN [30]

Obecnie budowane prasy śrubowe z napędem elektrycznym bezpośrednim lub pośrednim posiadają drażone korpusy wieloczęściowe, wykonane z takich elementów jak: obsada, stojaki, głowica, które połączone są w jedną całość przy pomocy stalowych ściązaczy, skręcanych najczęściej na gorąco. Nakrętki wykonuje się najczęściej z brązu obsadzone w stalowych tulejach. Śruby pras wykonuje się jako kute ze stali stopowych obrabianych cieplnie. Koła zamachowe wykonywane są jako odlewy stalowe, składające się z kilku części (wieńca, piasty, tulei, tarcz sprzęgłowych). Suwaki również najczęściej stanowią odlewy stalowe lub konstrukcje spawane z płyt stalowych. Prasy ustawiane są na specjalnych tłumikach hydrauliczno sprężynowych, które pochłaniają drgania generowane w trakcie pracy maszyny.

Obecnie budowane prasy śrubowe wyposażane są również w elektroniczne systemy sterowania, które umożliwiają pełną automatyzację pracy maszyny. Cały proces kształtowania można podejrzeć na ekranie sterownika (na pulpicie sterowniczym). Przykładową prasę śrubową sterowaną CNC z napędem elektrycznym SPR 800 firmy LASCO pokazano na rysunku 6.26. Prasa SPR 800 wykorzystywana jest do kucia drążków układu kierowniczego i wyposażona jest w automatyczny dwuszcękowy manipulator do podawania wsadu.



Rys. 2.26. Automatyczna prasa elektrośrubowa SPR 800 firmy LASCO z zainstalowanym manipulatorem do podawania wsadu [35]

7. Prasy specjalizowane

Szybki rozwój przemysłu maszynowego, motoryzacyjnego, lotniczego i stoczniowego wymusza poszukiwanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn spełniających oczekiwania klienta oraz zapewniających wysoką jakość wytwarzanych wyrobów. Również ze względu na intensywny wzrost produkcji wielkoseryjnej i masowej praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu, obserwuje się coraz większe zastosowanie maszyn specjalnych i specjalizowanych. Takie tendencje obserwuje się także w budowie pras mechanicznych, gdzie coraz częściej w miejsce maszyn uniwersalnych wykorzystuje się prasy przeznaczone do wykonywania określonych operacji technologicznych, bądź tylko wąskiej grupy czynności.

W zależności od rodzaju wykonywanych operacji obróbki plastycznej prasy specjalne i specjalizowane można podzielić na:

- prasy ciągowe przeznaczone do wykonywania operacji z zakresu tłoczenia,
- prasy kolanowe przeznaczone to realizacji takich operacji jak: wybijanie, znakowanie, spęczanie, dogniatanie, prostowanie, wyciskanie,
- prasy korbowe kuźnicze (Maxi) stosowane przy kuciu i prasowaniu matrycowym na zimno i na gorąco,
- prasy do gładkiego wykrawania i wygładzania,
- prasy krawędziowe stosowane najczęściej do gięcia wszelkiego rodzaju profili z blach,
- prasy automatyczne, w które urządzenia automatyzujące stanowią ich część integralną.

7.1. Prasy ciągowe

Prasy ciągowe służą najczęściej do wykonywania operacji technologicznych głębokiego tłoczenia. Można na nich wykonywać również inne operacje takie jak: cięcie, gięcie, jednak wtedy nie będzie to pełne wykorzystanie możliwości technologicznych tych maszyn. Prasy ciągowe charakteryzują się dużym skokiem roboczym suwaka oraz stosunkowo stałą i niewielką prędkością jego ruchu roboczego.

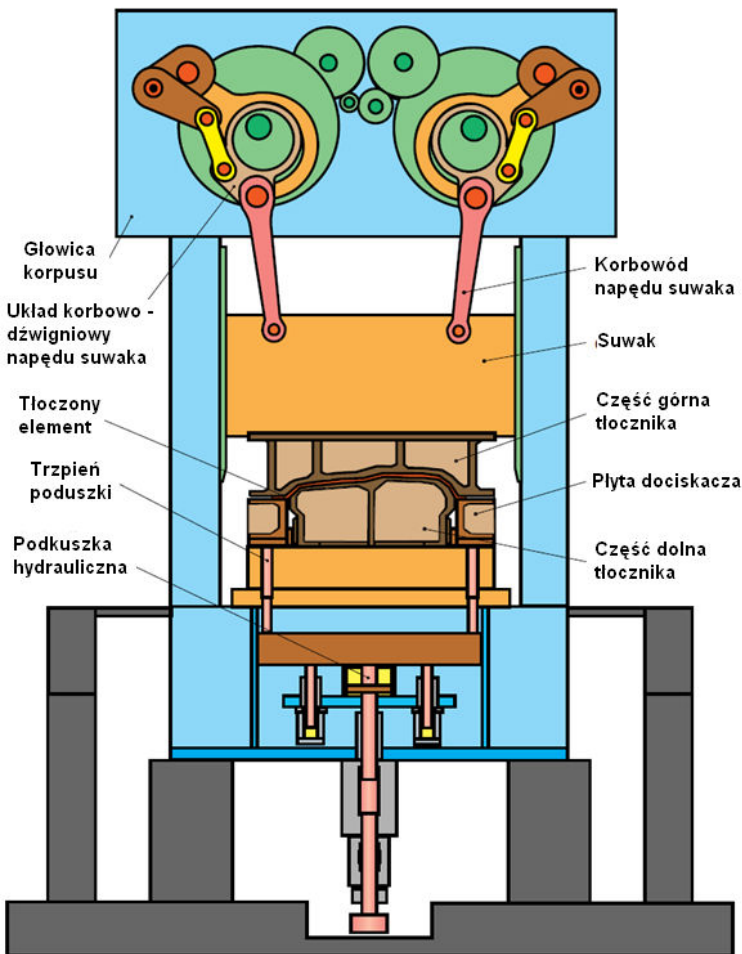
W zależności od wykonywanego procesu technologicznego oraz od kinematyki ruchu suwaka lub suwaków, prasy mechaniczne ciągowe można podzielić na:

- prasy korbowe pojedynczego działania ze zmienną prędkością ruchu suwaka,
- prasy korbowe pojedynczego działania ze stałą prędkością ruchu roboczego suwaka,
- prasy podwójnego działania,

- prasy potrójnego działania,
- prasy dźwigniowe.

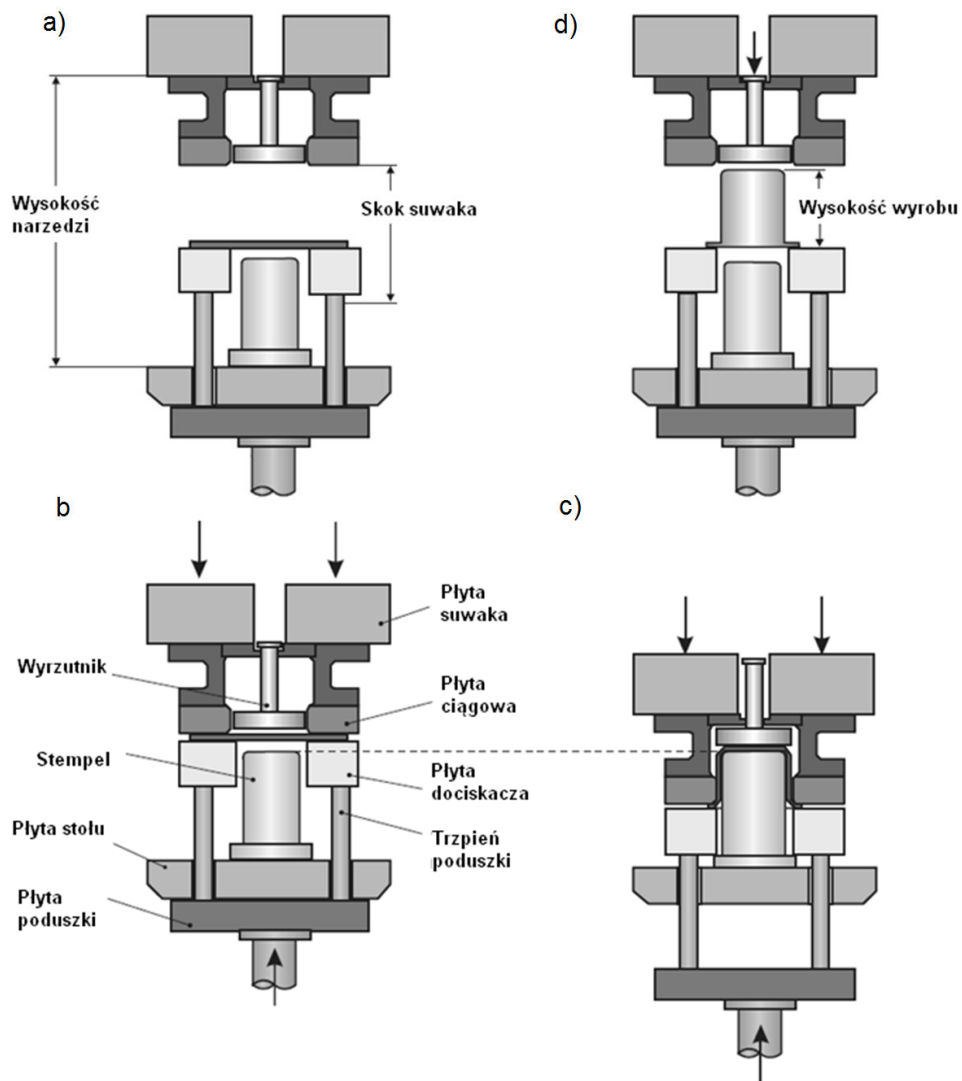
7.1.1. Prasy ciągowe pojedynczego działania

Prasy ciągowe korbowe pojedynczego działania ze zmienną prędkością suwaka służą do tłoczenia głębokich i nieskomplikowanych wyrobów. Charakteryzują się one dużym skokiem suwaka, większym o ponad 50% w stosunku do pras korbowych ogólnego przeznaczenia. Posiadają również niewielką ilość skoków suwaka. W tego typu prasach ze względu na dużą wartość skoku nie stosuje się wałów korbowych. Zastępują je koła zębate połączone z kołami mimośrodowymi, które osadzone są obrotowo na stałych osiach między stojakami korpusu. Schemat prasy ciągowej pojedynczego działania wraz z narzędziami pokazano na rysunku 7.1.



Rys. 7.1. Prasa ciągowa pojedynczego działania – schemat działania [20]

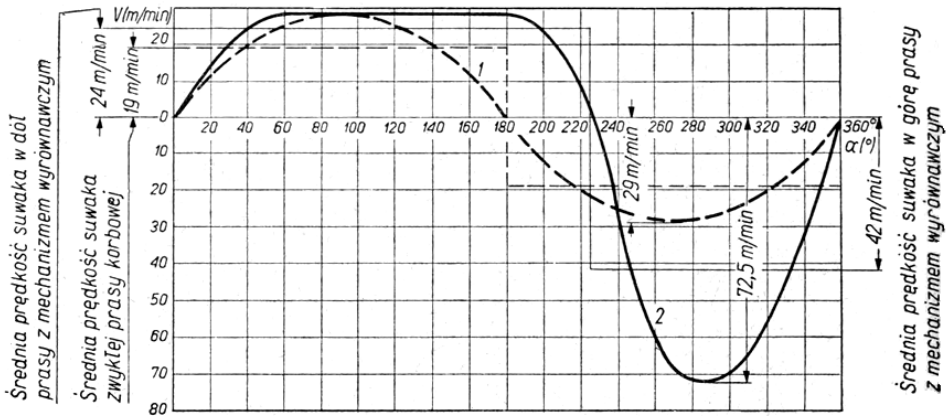
Na kolejnym rysunku 7.2 przedstawiono przebieg kolejnych etapów tłoczenia wyrobów na prasie ciągowej pojedynczego działania, wyposażonej w poduszkę i wyrzutnik.



Rys. 7.2. Kolejne etapy tłoczenia wyrobu na prasie ciągowej pojedynczego działania: a) umieszczenie półfabrykatu w tłoczniku, b) dociśnięcie krążka blachy przez poduszkę do pierścienia ciągowego, c) tłoczenie wyrobu, d) wypchnięcie półfabrykatu z pierścienia ciągowego [20]

Prasy ciągowe korbowe pojedynczego działania ze stałą prędkością suwaka przeznaczone są do bardzo głębokiego tłoczenia. Cechą charakterystyczną tych pras jest zwiększenie prędkości suwaka podczas jego ruchu

powrotnego(jałowego), zaś w ruchu roboczym posiadają stosunkowo stałą i niewielką prędkość suwaka w całym zakresie tłoczenia. Takie rozwiązanie umożliwia znaczące zwiększenie wydajności pras przy jednoczesnym ograniczeniu zjawiska pękania wyłoczek. Porównanie przebiegów prędkości suwaka w prasach ciągowych pojedynczego działania ze zmienną prędkością z prędkością suwaka prasy korbowej ogólnego przeznaczenia pokazano na rysunku 7.3.



Rys. 7.3. Porównanie przebiegów prędkości suwaków w funkcji kąta obrotu wału korbowego: 1 – dla prasy korbowej ogólnego przeznaczenia, 2 – dla prasy ciągowej ze stałą prędkością suwaka [12]

W zależności od rodzaju mechanizmów napędzających suwak, prasy ciągowe ze stałą prędkością suwaka można podzielić na kilka grup:

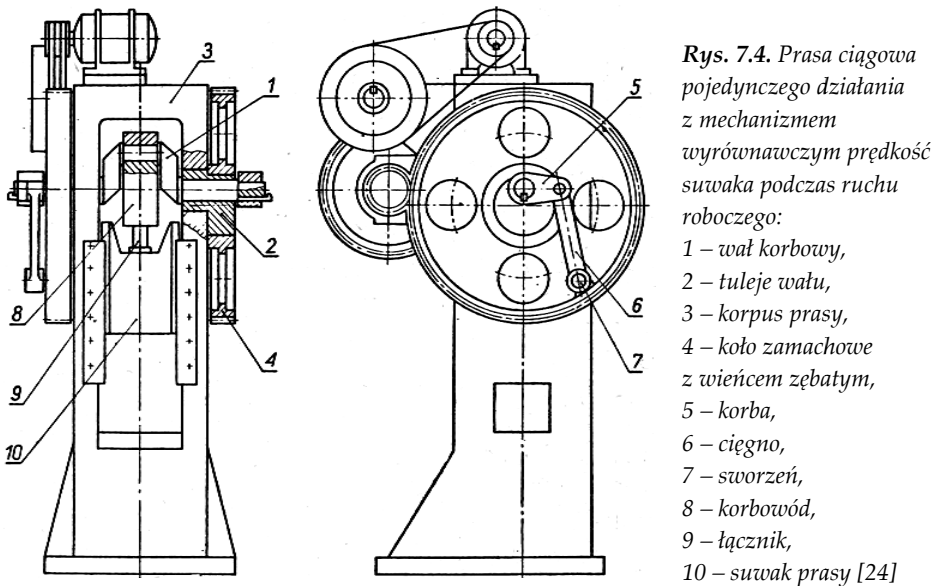
- jednokorbowo – dźwigniowe,
- dwukorbowo – dźwigniowe,
- z ułożyskowaniem wałów wzdłużnym i poprzecznym.

Natomiast w zależności od kształtu i rodzaju korpusu prasy ciągowe pojedynczego działania można sklasyfikować na:

- prasy z korpusem ramowym,
- z korpusem wysięgowym.

Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne prasy pojedynczego działania ze stałą prędkością ruchu roboczego suwaka przedstawiono na rysunku 7.4. Tego typu prasy wykorzystywane są do realizacji prostych operacji głębokiego tłoczenia. Do napędu suwaka prasy wykorzystuje się korbowo – dźwigniowy układ połączony z wałem korbowym i suwakiem. Przy głębokim tłoczeniu, nacisk prasy pozostaje w przybliżeniu stały na całej długości skoku roboczego suwaka, zmienia się natomiast jego prędkość, której rozkład pokazano na rys. 7.3. Stałą prędkość ruchu suwaka uzyskuje się przez zastosowanie specjalnego

mechanizmu wyrównującego prędkość. Wał korbowy prasy 1 obraca się w tulejach 2, które osadzone są na stałe w korpusie prasy 3. Na zewnętrznych, mimośrodowych czopach tych tulei, osadzone są obrotowo koła zębate 4, napędzane tak jak w zwykłej prasie korbowej. Na wale korbowym osadzona jest korba 5, połączona z ciągnem 6, którego drugi koniec osadzony jest obrotowo na sworzniu 7 koła zamachowego z wieńcem zębatym 4. Dzięki zastosowaniu takiego układu kinematycznego, wał korbowy obraca się ze zmienną prędkością, wolniej przy ruchu roboczym, szybciej przy ruchu jałowym, pomimo stałej prędkości obrotowej koła zamachowego. Z wału korbowego ruch przenoszony jest przez korbowód 8 i łącznik 9 na suwak prasy 10, którego prędkość zmienia się w zależności od położenia wału korbowego (przebieg 2 na rys. 7.3).

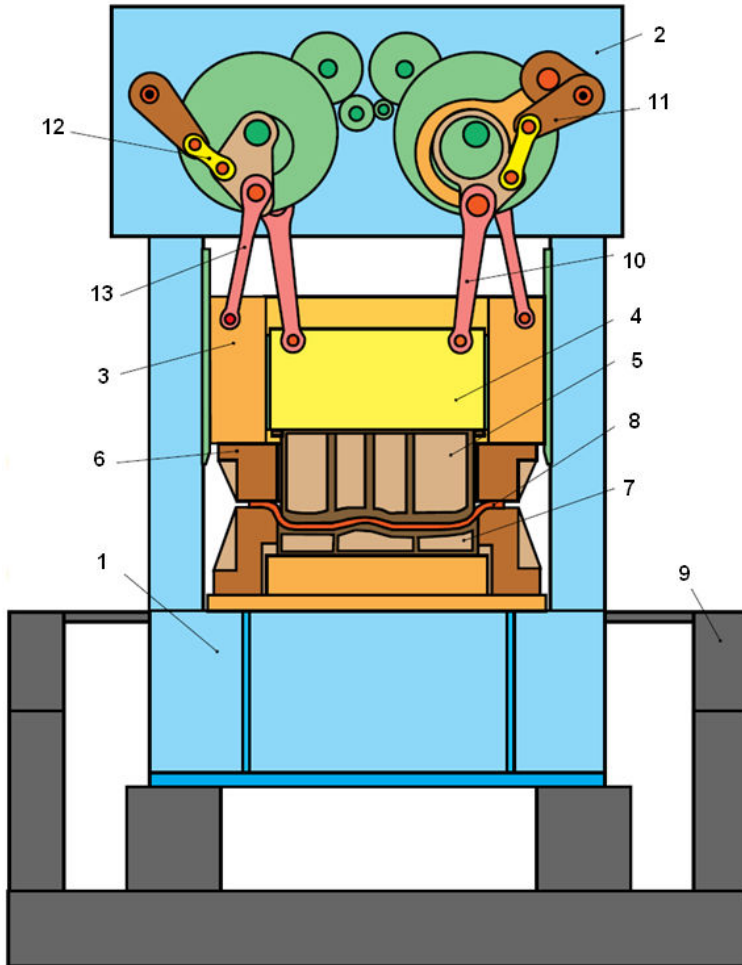


Można spotkać również inne rozwiązania konstrukcyjne, w których wyrównano prędkość suwaka w czasie jego ruchu roboczego. Niemniej jednak są to rozwiązania obecnie już nie stosowane ze względu na dość skomplikowany układ kinematyczny napędu i dużą zawodność.

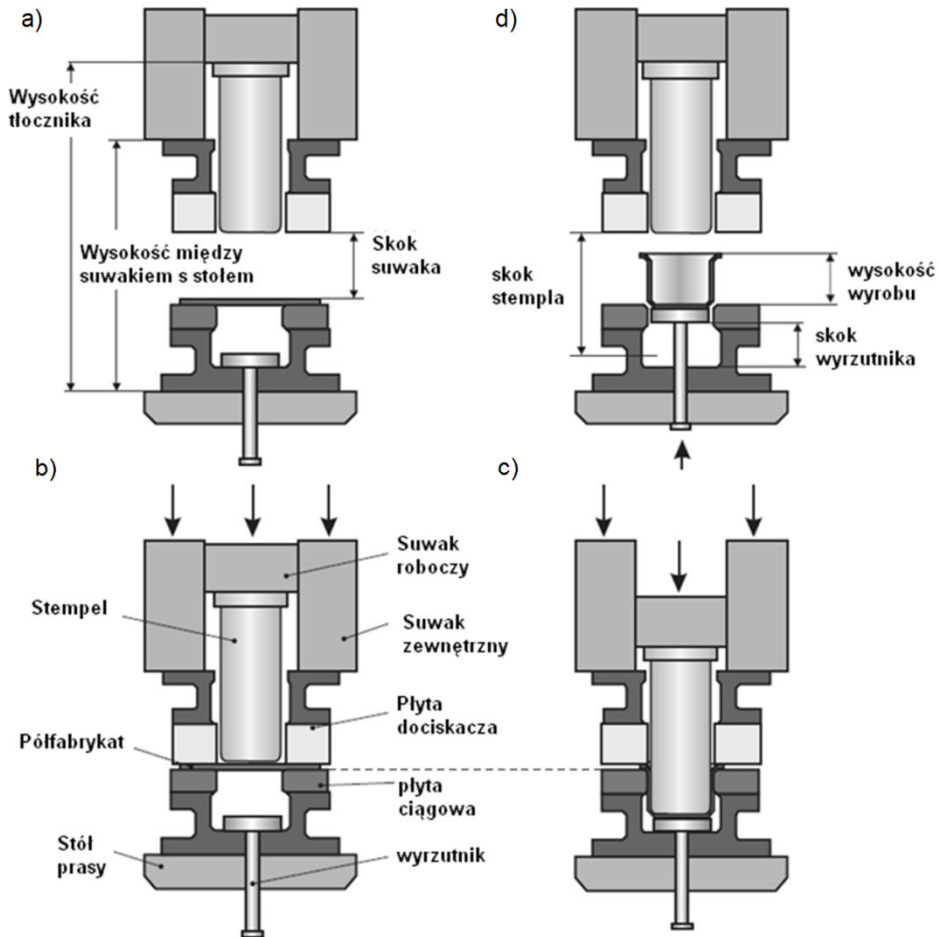
7.1.2. Prasy ciągowo podwójnego działania

Prasy ciągowo podwójnego działania stosowane są do takich operacji jak cięcie, gięcie, a w szczególności do głębokiego tłoczenia wyrobów z blach o skomplikowanych kształtach. Charakterystyczną cechą tych pras jest występowanie dwóch suwaków: zewnętrznego, który wykonuje ruch posuwisto – zwrotny w prowadnicach prasy i służy do przytrzymania obrzeża materiału w czasie tłoczenia, oraz wewnętrznego, który jest prowadzony wewnątrz suwaka

dociskającego, realizujący właściwy proces tłoczenia. Taka konstrukcja prasy zabezpiecza kształtowany wyrób przed fałdowaniem obrzeża podczas tłoczeniu wyrobów o skomplikowanych kształtach oraz podnosi jakość kształtowanych wytłoczek. Schemat prasy ciągowej podwójnego działania wraz z narzędziami pokazano na rysunku 7.5. Natomiast na kolejnym rysunku 7.6 przedstawiono przebieg kolejnych etapów tłoczenia wyrobu na prasie podwójnego działania z wyrzutnikiem dolnym.



Rys. 7.5. Prasa ciągowa pojedynczego działania – schemat działania: 1 – podstawa, 2 – głowica, 3 – suwak zewnętrzny, 4 – suwak wewnętrzny, 5 – tłocznik – część górna, 6 – płyta dociskacza, 7 – tłocznik – część dolna, 8 – tłoczony półfabrykat, 9 – fundament, 10 – korbowód napędu suwaka wewnętrznego, 11 – układ mimośrodowo – dźwigniowy napędu suwaka wewnętrznego, 12 – układ dźwigniowy napędu suwaka wewnętrznego, 13 – korbowód napędu suwaka zewnętrznego [20]



Rys. 7.6. Kolejne fazy procesu tłoczenia z dociśnięciem obrzeża blachy na prasie podwójnego działania z zastosowanym wyrzutnikiem dolnym: a) umieszczenie półfabrykatu w tłoczniku, b) dociśnięcie krążka blachy przez suwak zewnętrzny do pierścienia ciągowego, c) tłoczenie wyrobu, d) wypchnięcie półfabrykatu z pierścienia ciągowego [20]

Niezależną pracę suwaków można uzyskać tylko wtedy, gdy każdy z nich będzie napędzany oddzielnie. Do napędu suwaków zewnętrznych stosowane są układy korbowe, kolanowo – dźwigniowe, krzywkowe lub dźwigniowo-krzywkowe, połączone z głównym wałem korbowym dla zsynchronizowania ruchów z suwakiem wewnętrznym. Natomiast suwak wewnętrzny napędzany jest najczęściej mechanizmem korbowym lub mimośrodowym.

Prasy ciągnowe podwójnego działania można sklasyfikować według ich cech eksploatacyjnych i konstrukcyjnych. Najczęściej przyjmuje się klasyfikację maszyn uzależnioną od kinematyki napędu suwaków, budowy korpusu, rodzaju napędu, powierzchni stołu i przeznaczenia technologicznego.

W zależności od kształtu korpusu wyróżnia się prasy ciągowe podwójnego działania:

- z korpusem wysięgowym,
- z korpusem ramowym.

W zależności od umiejscowienia napędu, prasy podwójnego działania dzieli się na:

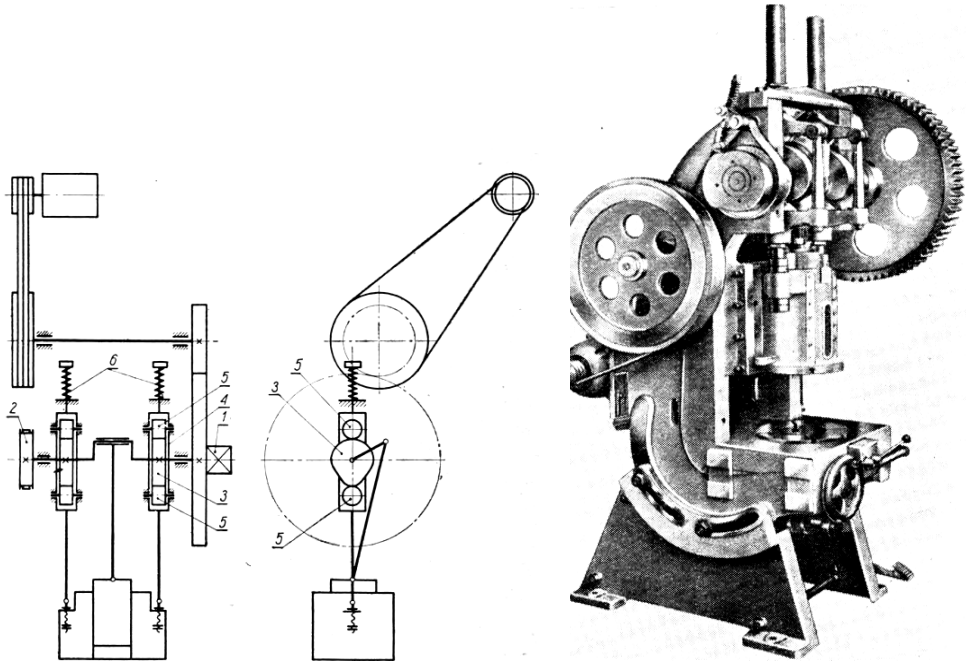
- prasy z napędem górnym,
- prasy z napędem dolnym,
- prasy z napędem otwartym lub zamkniętym.

W zależności od rodzaju mechanizmów napędzających suwaki, prasy można podzielić na:

- prasy korbowe z dociskiem korbowym,
- prasy korbowe z dociskiem krzywkowym,
- prasy korbowe z dociskiem krzywkowo dźwigniowym,
- prasy korbowe z dociskiem kolanowym,
- prasy kołowe z dociskaczem stałym i stołem krzywkowym,
- prasy mimośrodowe z dociskaczem dźwigniowo – kolumnowym.

W zależności od powierzchni stołu i przeznaczenia prasy, suwak ciągnący może być jedno, dwu lub czteropunktowy a suwak przytrzymujący dwu lub czteropunktowy.

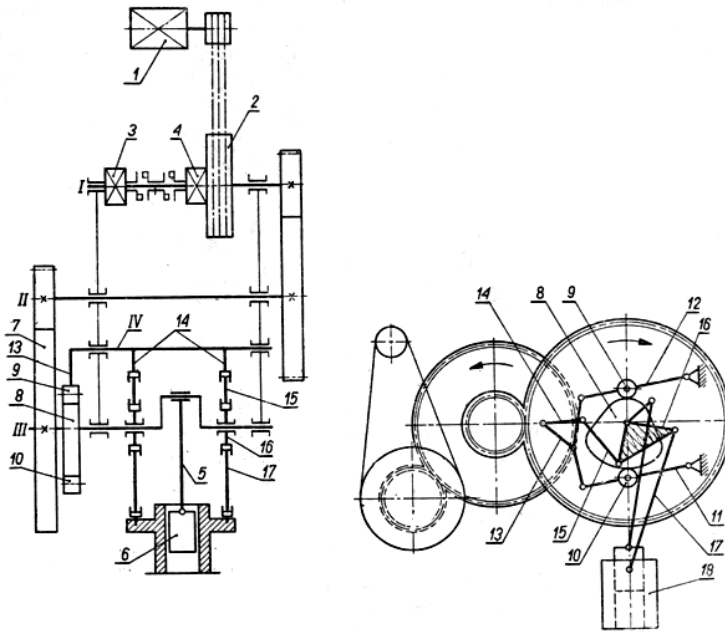
Prasy ciągowe podwójnego działania z układem napędowym korbowo-krzywkowym budowane są zarówno z korpusem wysięgowym jak i ramowym, stałym lub przechylnym. Cechą charakterystyczną tego typu pras jest zastosowanie dwóch suwaków, z których wewnętrzny napędzany jest bezpośrednio od wału korbowego za pomocą korbowodu. Natomiast zewnętrzny poruszany jest zespołem krzywek. Schemat kinematyczny takiej prasy przedstawiono na rysunku 7.7. Napęd przenoszony jest z silnika elektrycznego przez wał pośredni na wał korbowy. Na wale korbowym osadzone jest sprzęgło 1 oraz hamulec 2. Między wykorbieniem wału osadzone są dwie krzywki 3. W jarzmach 4 umieszczone są dwie rolki 5, które toczą się po krzywkach 3. Dolna część jarzma połączona jest z suwakiem zewnętrznym za pomocą przegubów, śrub i nakrętek. Odpowiednio dobrany kształt krzywek oraz właściwe ich ustawienie względem wykorbienia wału zapewnia docięnięcie i przytrzymanie blachy podczas procesu tłoczenia. Jarzma zawieszane są na sprężynach 6 odciążających suwak i powodujących stały docisk rolek do krzywek.



Rys. 7.7. Schemat kinematyczny prasy ciągnawej podwójnego działania z napędem korbowo-krzywkowym: 1 – sprzęgło, 2 – hamulec, 3 – krzywki, 4 – jarzma, 5 – rolki, 6 – sprężyny dociskowe [12, 24]

Znacznie bardziej skomplikowany układ napędowy występuje w prasach ciągowych podwójnego działania korbowo – krzywkowo – dźwigniowych. W prasach tego typu zastąpiono jarzma i krzywki łączące suwak zewnętrzny z wałem korbowym układem dźwigniowym (rys. 7.8). Napęd z silnika elektrycznego 1 przenoszony jest pasami klinowymi na koło zamachowe 2, które jest zamocowane obrotowo na wale I między płytami korpusu. Na wale tym osadzone jest również sprzęgło 4 i hamulec 3 połączone przesuwaną tuleją. Napęd na wał korbowy III przenoszony jest przez dwie przekładnie zębate redukujące prędkość obrotową. Na wykorbieniu wału korbowego, osadzony jest korbówód 5 napędzający suwak wewnętrzny 6, a po lewej zewnętrznej stronie osadzone jest koło zębate 7. Między tym kołem a korpusem na wale korbowym osadzona jest również krzywka 8. Krzywka ta obejmowana jest rolkami 9 i 10, umieszczonymi na dźwigniach 11 i 12, które połączone są przegubowo z dźwignią 13 osadzoną na wale IV. Podczas obrotu wału korbowego, w ruch obrotowy zostaje wprowadzona również krzywka 8, powodując przesunięcie rolki 9 lub 10 i podniesienie dźwigni 12, która obraca dźwignię 13, a tym samym wał IV o pewien kąt. Na wale tym osadzono dwie dźwignie 14, które podczas obrotu

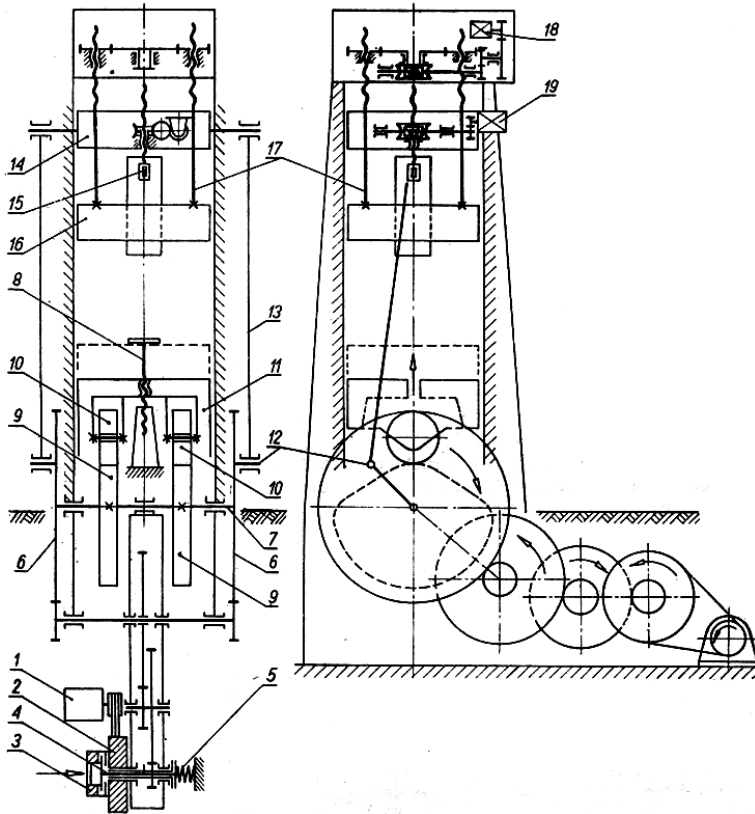
wału IV za pośrednictwem cięgna 15 obracają dźwignię 16 i przez łączniki 17 poruszają suwak zewnętrzny 18 do dołu.



Rys. 7.8. Schemat kinematyczny prasy ciągowej podwójnego działania korbowo – dźwigniowo-krzywkowej: I, II, III, IV – wały napędowe, 1 – silnik elektryczny, 2 – koło zamachowe, 3 – hamulec, 4 – sprzęgło, 5 – korbowód, 6 – suwak wewnętrzny, 7 – koło zębate, 8 – krzywka, 9, 10 – rolki, 11, 12, 13, 14 – dźwignie, 15 – cięgno, 16 – trójkątna dźwignia, 17 – łączniki, 18 – suwak zewnętrzny [12]

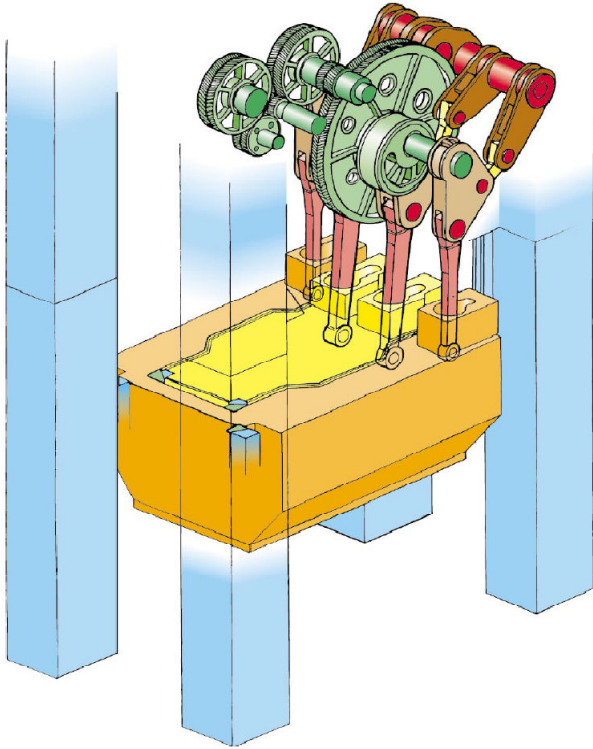
Do tłoczenia wyrobów o kształtach obrotowych i niewielkich grubościach, a zwłaszcza do kształtowania naczyń użytku domowego wykorzystuje się prasy podwójnego działania kołowe. Cechuje je bardzo duża głębokość tłoczenia oraz niewielka częstość skoków. Budowane są najczęściej z dolnym napędem i ruchomym stołem. Suwaki pras kołowych nie mogą być obciążane mimośrodowo. Schemat kinematyczny prasy ciągowej kołowej pokazano na rysunku 7.9. Napęd od silnika elektrycznego 1 umieszczonego pod podłogą hali przenoszony jest na koło zamachowe 2 i przez sprzęgło 3 na wał sprzęgłowy 4, na którym osadzony jest hamulec 5. Z wału sprzęgłowego moment obrotowy jest przenoszony przez trzy pary kół zębatach oraz na dwa duże koła zębate 6. Koła te osadzone są na wspólnym wale krzywkowym 7. Między łożyskami na wale 7 osadzone są dwie jednakowe krzywki 9, na których opierają się rolki 10 połączone ze stołem prasy 11. W czasie obrotu wału 7, krzywki napędzają rolki 10, które powodują przesunięcie stołu do góry w prowadnicach korpusu prasy. Do mimośrodowo osadzonych czopów 12 kół zębatach 6 zamocowano cięgna 13,

połączone za pomocą czopów z suwakiem 14, który może poruszać się w prowadnicach korpusu. W suwaku prasy umieszczono gwintowany łącznik 15, którego dolna końcówka może przesuwac się w dociskaczu 16, ustawianym za pomocą czterech śrub 17. Nastawianie położenia suwaka i dociskacza odbywa się za pomocą silników 18, 19 oraz przekładni zębatych i ślimakowych.



Rys. 7.9. Schemat kinematyczny prasy kołowej: 1 – silnik napędowy, 2 – koło zamachowe, 3 – sprzęgło, 4 – wał sprzęgłowy, 5 – hamulec, 6 – koła zębate, 7 – wał pośredni, 8 – trzpień wyrzutnika, 9 – krzywki, 10 – rolki, 11 – stół, 12 – czopy kół zębatych, 13 – cięgna, 14 – suwak, 15 – gwintowany łącznik, 16 – dociskacz, 17 – śruby ustawcze, 18, 19 – silniki ustawcze [12]

Do napędu nowoczesnych pras ciągowych podwójnego działania wykorzystuje się układy mimośrodowo – dźwigniowe (rys. 7.10), które charakteryzują się dużą niezawodnością działania oraz stosunkowo prostą konstrukcją. W prasach tego typu zastąpiono długie wały korbowe, krótkimi stałymi osiami, na których osadzono koła zębate połączone z kołami mimośrodowymi. Takie rozwiązanie pozwoliło zwiększyć niezawodność pras oraz znacząco obniżyć koszty maszyny. Schemat napędu górnego prasy mimośrodowo – dźwigniowej przedstawiono na rysunku 7.10.



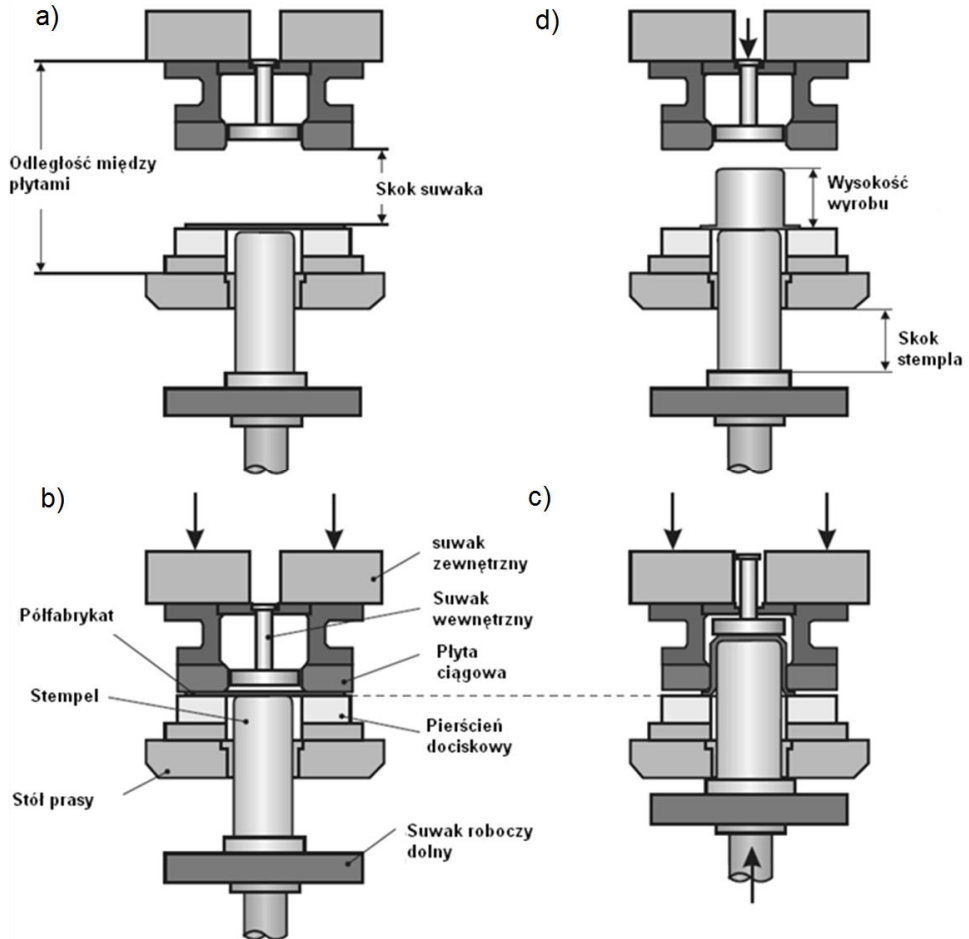
Rys. 7.10. Schemat napędu prasy ciągowej podwójnego działania mimośrodowo-dźwigniowej [20]

Suwak wewnętrzny prasy (rys. 7.10) napędzany jest za pomocą układu korbowego składającego się z kół mimośrodowych, na których osadzone są korbowody połączone z suwakiem. Koła mimośrodowe połączone są z kołami zębatymi i wspólnie łożyskowane są obrotowo na stałych osiach osadzonych w korpusie prasy. Natomiast napęd suwaka zewnętrznego, który docieka kształtowany półfabrykat do tłoczniaka realizowany jest za pomocą układu dźwigniowego połączonego z kołami mimośrodowymi. Napęd kół mimośrodowych realizowany jest za pomocą silnika elektrycznego, który przekazuje moment obrotowy za pośrednictwem przekładni zębatych na koła mimośrodowe.

7.1.3. Prasy ciągowe potrójnego działania

Do tłoczenia dużych i skomplikowanych elementów, które wymagają większych nacisków niezbędnych do ukształtowania blachy, wykorzystuje się prasy potrójnego działania. Zasadniczą cechą tych pras są trzy suwaki: jeden dociskający i dwa tłoczące. Ze względu na swoje przeznaczenie (do tłoczenia blach karoseryjnych) budowane są o dużych naciskach od 4000 kN do 20000 kN oraz dużych powierzchniach roboczych stołu i suwaka. Prasy tego typu

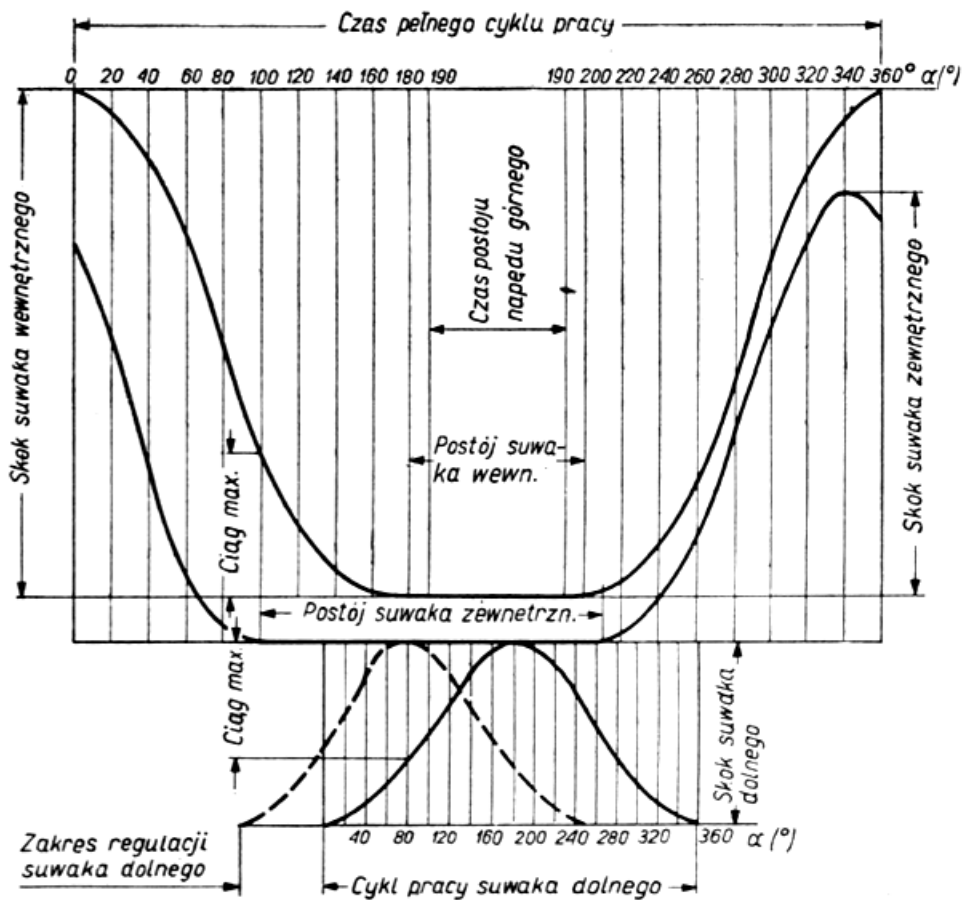
budowane są z górnym lub dolnym napędem, a czasami z dwoma niezależnymi napędami. Schemat procesu tłoczenia wyrobu na prasie ciągowej potrójnego działania pokazano na rysunku 7.11.



Rys. 7.11. Przebieg procesu tłoczenia wyrobu na prasie ciągowej potrójnego działania: a) umieszczenie półfabrykatu w tłoczniku, b) docisnięcie krążka blachy przez suwak zewnętrzny do pierścienia ciągowego, c) tłoczenie wyrobu przez stempel napędzany przez suwak dolny, d) wypchnięcie półfabrykatu z pierścienia ciągowego przez suwak wewnętrzny [20]

Pełny cykl pracy prasy potrójnego działania pokazano na rysunku 7.12. Po włączeniu napędu górnych suwaków (dociskającego i tłoczącego) suwak zewnętrzny opuszczany jest szybciej i dociska materiał. Po docisnięciu obrzeża blachy suwak wewnętrzny zaczyna przemieszczać się do dołu wykonując operację tłoczenia, aż do zajęcia dolnego zwrotnego położenia. W tym punkcie wyłącza się napęd górnych suwaków. W określonym momencie ruchu górnych

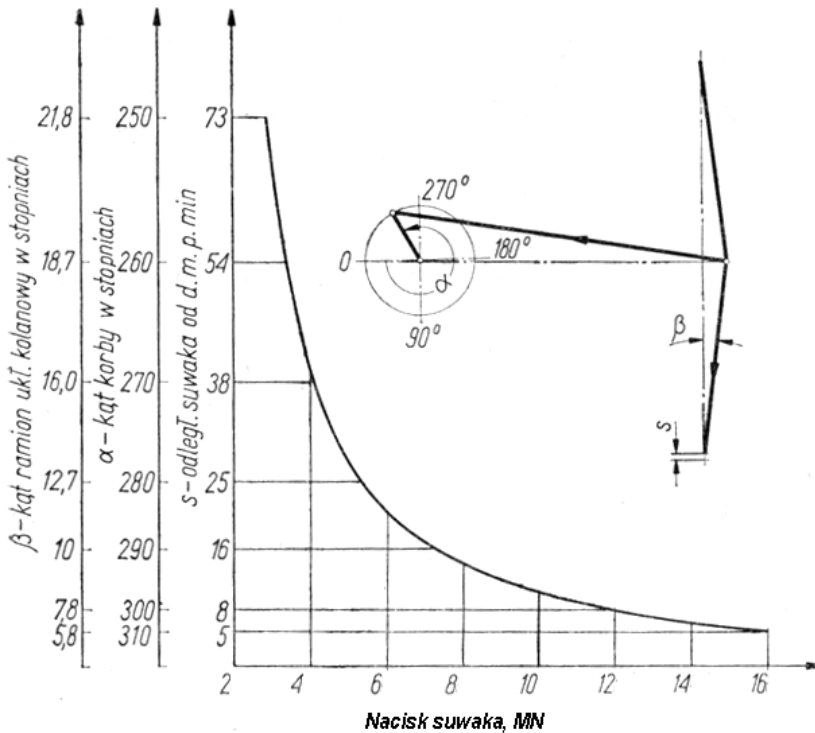
suwaków następuje włączenie napędu dolnego suwaka. Suwak zaczyna przesuwać się do góry i przetłacza półfabrykat w przeciwnym kierunku lub wypycha element z narzędzi. Po osiągnięciu przez dolny suwak górnego zwrotnego położenia, rozpoczyna on ruch powrotny, powodując włączenie napędu górnych suwaków i ich powrót do góry. W pierwszym etapie przemieszcza się suwak wewnętrzny a potem zewnętrzny. Prasy potrójnego działania budowane są najczęściej w oparciu o konstrukcję pras podwójnego działania przez dodanie dodatkowego suwaka dolnego lub górnego w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego maszyny.



Rys. 7.12. Wykres drogi suwaka w funkcji obrotu wału dla prasy potrójnego działania [12]

7.2. Prasy kolanowe

Wzrastające wymagania odnośnie dokładności i jakości kształtowanych wyrobów powoduje coraz większe rozpowszechnienie operacji obróbki plastycznej na zimno i ciepło. Odkształcanie metalu na zimno wymaga jednak wywierania dużych nacisków, a więc stosowania specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn o sztywnej konstrukcji, które zapewniają wytworzenie dużych sił nacisku na suwaku. Do maszyn spełniających te wymagania można zaliczyć prasy z kolanowymi układami napędowymi suwaki. W prasach kolanowych napęd suwaka nie odbywa się bezpośrednio od korbowodu lecz za pośrednictwem układu kolanowego (przegubu kolanowego). W rezultacie prasy kolanowe charakteryzują się bardzo dużymi naciskami w pobliżu dolnego zwrotnego położenia suwaka (rys. 7.13), dużą dokładnością, małym ciężarem własnym oraz zwartą konstrukcją i małymi wymiarami zewnętrznymi. Prasy kolanowe ze względu na swoje cechy stosowane są przede wszystkim do takich operacji jak: wybijanie, znakowanie, spęczanie, dogniatanie, prostowanie, wyciskanie itp.



Rys. 7.13. Wykres nacisków suwaka prasy kolanowej w zależności od kąta obrotu α , kąta ramion układu kolanowego β i odległości suwaka s od dolnego zwrotnego położenia [12]

Prasy kolanowe budowane są o szerokim zakresie nacisków od 1 kN (stosowane w niewielkich prasach ręcznych do montażu) do 100 MN (stosowane w prasach do kucia na zimno). Prasy kolanowe cechuje duża różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych. W zależności od kierunku działania suwaka prasy kolanowe można podzielić na:

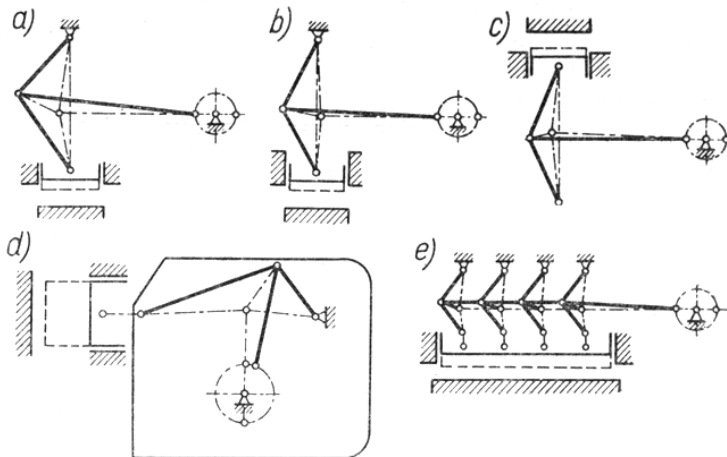
- pionowe, w których suwak pracuje w płaszczyźnie pionowej z góry do dołu (rys. 7.14a, b, e), lub z dołu do góry (rys. 7.14c),
- poziome, w których suwak przesuwa się w płaszczyźnie poziomej (rys. 7.14d).

Kolejnym kryterium klasyfikacji pras kolanowych jest miejsce usytuowania napędu, wyróżnia się tutaj:

- prasy kolanowe z napędem górnym, w których wszystkie mechanizmy napędowe umieszczone są w górnej części maszyny,
- prasy z napędem dolnym, w których mechanizmy napędowe umieszczone są w dolnej części prasy.

Przyjmując za kryterium sposób działania układu kolanowego wyróżnia się prasy:

- ze środkowym przegubem układu kolanowego nie przechodzącym poza oś pionową lub poziomą prasy (rys. 7.14a, c, d, e),
- ze środkowym przegubem układu kolanowego przechodzącym poza oś prasy (rys. 7.14b).



Rys. 7.14. Schematy najczęściej spotykanych układów napędowych pras kolanowych (opis w tekście) [12]

W zależności od liczby kolan działających na suwak wyróżnia się:

- prasy jednopunktowe (jednokolankowe), suwak zawieszony jest na jednym układzie kolanowym (rys. 7.14a, b, c, d),

- prasy wielopunktowe (wielokolankowe), gdzie suwak zawieszony jest na dwu lub większej liczbie układów kolanach (rys. 7.14e).

Za często przyjmowane kryterium klasyfikacji pras kolanowych przyjmuje się położenie wału korbowego. Wyróżnia się tutaj prasy:

- z wałem korbowym położonym równoległe do przodu prasy,
- z wałem korbowym położonym prostopadłe do przodu prasy.

Ze względu na rodzaj napędu prasy kolanowe można podzielić na:

- z napędem zakrytym,
- z napędem otwartym.

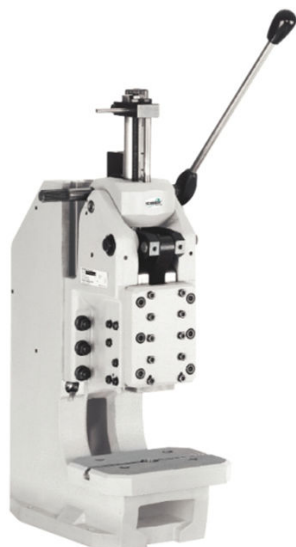
Kolejnym kryterium klasyfikacji pras kolanowych jest kształt korpusu, który w dużej mierze zależy od wielkości nacisków wywieranych przez suwak prasy.

Wyróżnia się tutaj prasy kolanowe:

- z korpusem dwustojakowym ramowym,
- z korpusem wysięgowym.

Ze względu na przeznaczenie i rodzaj wykonywanych operacji, prasy kolanowe można podzielić na:

- prasy do dołaczania i dogniatania, które charakteryzują się małym skokiem i niewielkim zakresem regulacji położenia suwaka,
- prasy kuźnicze odznaczające się dużym skokiem i dużym zakresem regulacji położenia suwaka,
- prasy ogólnego przeznaczenia.



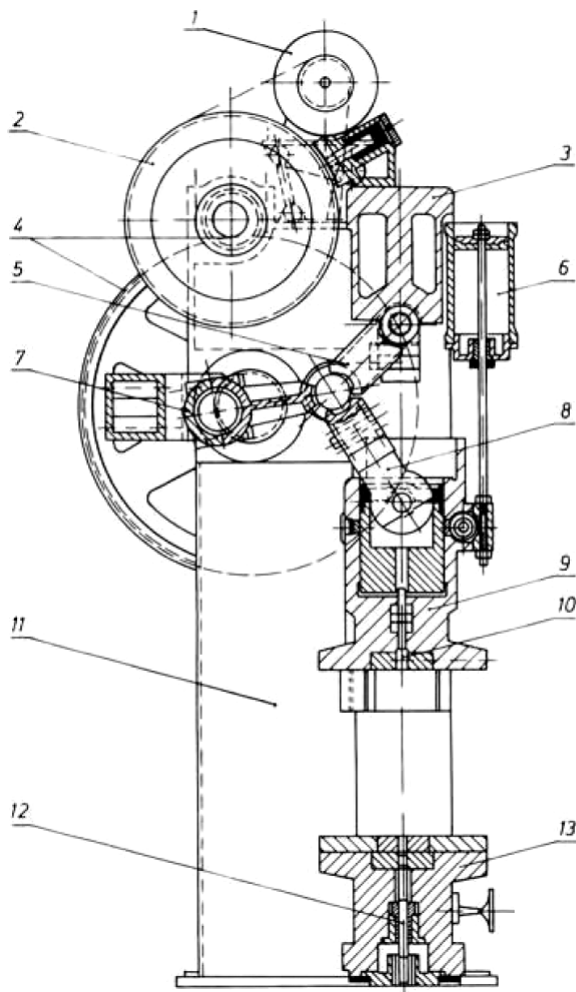
Rys. 7.15. Ręczna prasa kolanowa o nacisku 10 kN [38]



Rys. 7.16. Prasa kolanowa z napędem górnym o nacisku 2500 kN [54]

Najczęściej spotyka się prasy kolanowe pionowe z górnym napędem jednopunktowe z wałem korbowym umieszczonym równoległe do przodu prasy z przegubem układu kolanowego nieprzechodzącym przez oś prasy, w których suwak podczas ruchu roboczego działa z góry do dołu.

Na rysunku 7.17 przedstawiono rozwiązanie konstrukcyjne prasy kolanowej z górnym napędem. Korpus wykonany jest jako dzielony, składający się z podstawy, dwóch stojaków oraz głowicy, skręcony jest czterema stalowymi ściągaczami, które dokręcane są na gorąco w celu wywołania znacznych naprężeń ściskających w korpusie prasy. Napęd z silnika elektrycznego za pośrednictwem przekładni pasowej przenoszony jest na koło zamachowe napędzające wał sprzęgłowy. Z wału sprzęgłowego napęd przenoszony przez koła zębate na wał korbowy prasy, który połączony jest korbodetem z układem kolanowym.

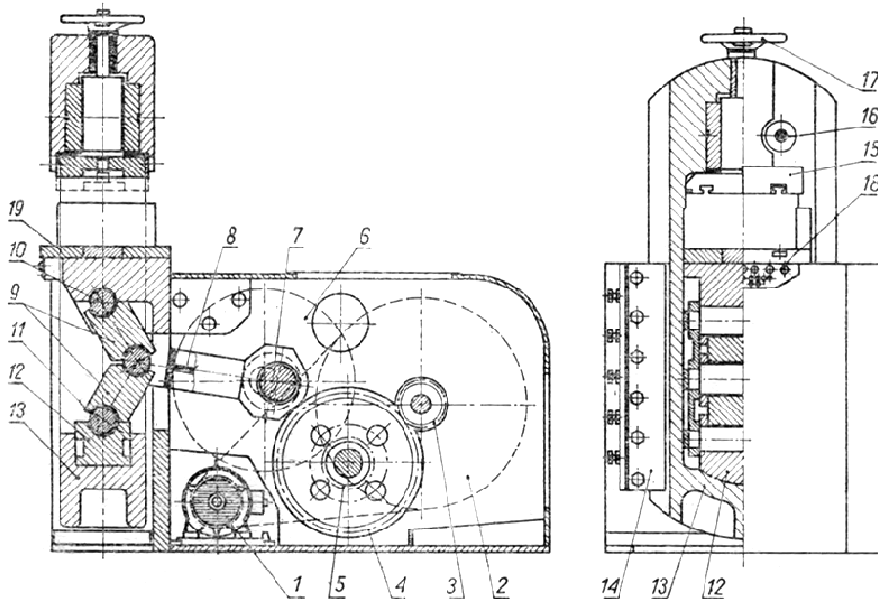


Rys. 7.17. Schemat prasy kolanowej z górnym napędem:
1 – silnik napędowy,
2 – koło zamachowe,
3 – głowica korpusu,
4 – koła zębate napędowe,
5 – układ kolanowy,
6 – pneumatyczne urządzenie odciążające suwak,
8 – ramię napędowe układu kolanowego,
9 – suwak,
10 – wyrzutnik,
11 – korpus,
12 – wyrzutnik dolny [35]

Układ ten zawieszony jest przegubowo na poduszce, przytwierdzonej do głowicy korpusu. Podczas obrotu wału korbowego, korbowód osadzony na wykorbieniu powodujące wyprostowanie mechanizmu kolanowego, w efekcie czego następuje przesunięcie suwaka prasy do dołu. Po osiągnięciu dolnego zwrotnego położenia, suwak wraca do góry. Suwak prasy zawieszony jest na pneumatycznym urządzeniu odciążającym, które kasuje luzy w układzie kolanowym prasy. W prasach kolanowych ustawianie położenia suwaka realizowane jest za pomocą mechanizmu klinowo – śrubowego. Wadą pras kolanowych jest stosunkowo niewielki skok suwaka oraz niewielka prędkość suwaka w pobliżu dolnego zwrotnego położenia, co zwiększa niebezpieczeństwo zakleszczenia suwaka. Innym niekorzystnym zjawiskiem występującym zwłaszcza przy cięciu i wykrawaniu grubych elementów są gwałtowne spadki obciążenia, powstałe w chwili pęknięcia materiału, które powodują mocne uderzenia w układzie kolanowym. Takie udarowe obciążenia mogą powodować przyspieszone powstawanie luzów, a nawet pękanie elementów układu kolanowego.

Szereg zalet posiadają prasy kolanowe z dolnym napędem. Budowane są one o naciskach od 250 do 15000 kN i przeznaczone głównie do produkcji elementów typu dźwignie, klucze, oprawki, nakrycia stołowe. Ze względu na swoją sztywność i dużą wydajność stosowane są również w mennicach do wybijania monet. Do najważniejszych zalet pras kolanowych z dolnym napędem można zaliczyć między innymi: dobre długie prowadzenie suwaka, co umożliwia przenoszenie dużych sił mimośrodowych, zwiększoną trwałość i cicha pracę mechanizmów napędu dzięki pracy w kąpielii olejowej, większe bezpieczeństwo pracy w wyniku osłonięcia elementów wirujących maszyny, możliwość instalowania na piętrach hal produkcyjnych, dużą sztywność i niezawodność.

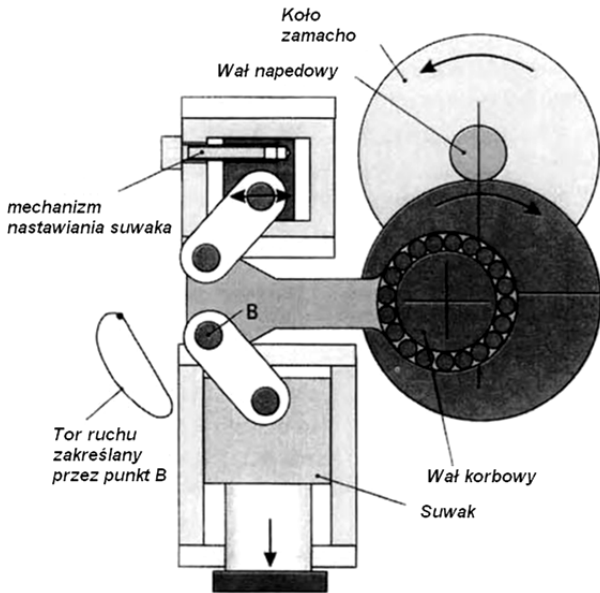
Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne prasy kolanowej z dolnym napędem pokazano na rysunku 7.18. Napęd z silnika elektrycznego 1 przenoszony jest na koło zamachowe i sprzęgło 2 przez przekładnię pasową, a następnie przez koła zębate 3, 4, 5, 6 na wał korbowy 7 i ostatecznie przez korbowód 8, napęd przekazywany jest na dźwignie układu kolanowego 9. Górny przegub 10 układu kolanowego osadzony jest w gnieździe nieruchomego stołu. Natomiast dolny przegub 11 przez osłonę 12 naciska na ramę główną prasy 13, która stanowi rodzaj suwaka i przesuwają ją do dołu lub do góry w prowadnicach 14. W górnej części stołu osadzona jest płyta 15 z rowkami teowymi do mocowania narzędzi, której położenie może być ustawiane za pomocą mechanizmu śrubowego 17. W tego typu prasach siły generowane w trakcie realizacji procesu technologicznego przejmowane są przez ramę, w której prowadzony jest suwak. Dzięki temu korpusy zostają odciążone i mają znacznie mniejszą masę niż w prasach kolanowych z górnym napędem.



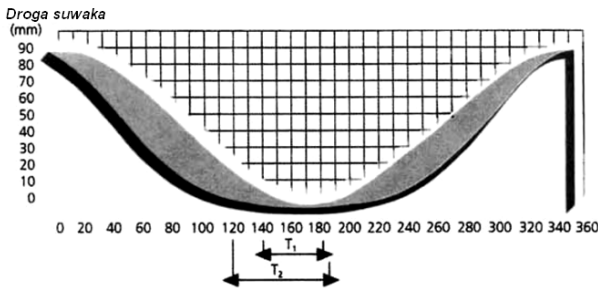
Rys. 7.18. Prasa kolanowa z dolnym napędem: 1 – silnik elektryczny, 2 – sprzęgło z kołem zamachowym, 3, 4, 5, 6 – koła zębate, 7 – wał korbowy, 8 – korbowód, 9 – dźwignie układu kolanowego, 10 – górny przegub, 11 – dolny przegub, 12 – obsada przegubu, 13 – rama górna, 14 – prowadnice, 15 – płyta, 16, 17 – pokrętła ustawcze [12]

W prasach kolanowych z tradycyjnym rozwiązaniem układu napędowego (rys. 7. 14) prędkość ruchu suwaka jest funkcją obrotu wału korbowego, której przebieg ma charakter zbliżony do rozkładu sinusoidalnego (podobnie jak w prasach mimośrodowych i korbowych). W rezultacie suwak prasy wywiera nacisk maksymalny w pobliżu dolnego punktu zwrotnego przez stosunkowo krótki czas. Taki charakter pracy jest niekorzystny przy realizacji takich procesów jak znakowanie, wybijanie, dotłaczanie, kalibrowanie, czy prasowanie proszków, podczas których wymaga się aby suwak prasy w pobliżu dolnego zwrotnego położenia, przy maksymalnych naciskach, posiadał bardzo małą prędkość, a nawet pozostawał przez pewien czas nieruchomy, umożliwiając wypełnienie wykroju przez kształtowany materiał. Dlatego też zmodyfikowano tradycyjny układ kolanowy, wprowadzając podwójny układ dźwigniowy (rys. 7.19). Górne ramię układu kolanowego osadzone jest przegubowo w poduszce, mocowanej przesuwnie do głowicy korpusu, natomiast z drugiej strony połączone jest przegubowo z symetryczną dźwignią, stanowiącą część korbowodu osadzonego na wykorbeniu wału. Dolne ramię układu kolanowego połączone jest przegubowo z suwakiem prasy oraz symetryczną dźwignią korbowodu. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie bardzo małych prędkości

suwaka w pobliżu dolnego zwrotnego położenia, które są bliskie zera w zakresie obrotu wału korbowego nawet w granicach 100° . (rys. 7.20). Długość czasu, w którym suwak wywiera tylko nacisk bez zmiany położenia można regulować, zmieniając położenie poduszki w głowicy korpusu.



Rys. 7.19. Schemat zmodyfikowanego napędu prasy kolanowej z podwójnym układem łączników [59]



Rys. 7.20. Rozkład prędkości suwaka prasy kolanowej ze zmodyfikowanym układem kolanowym w zależności od kąta obrotu wału korbowego: T_1 – dla tradycyjnych układów korbowych, T_2 – dla zmodyfikowanego układu kolanowego [35]

7.3. Prasy korbowe kuźnicze

Korbowe prasy kuźnicze, nazywane prasami MAXI przeznaczone są głównie do wielowykrojowego kucia i prasowania matrycowego na zimno i na gorąco. Wykorzystywane są również do realizacji takich procesów jak spęczanie, wyciskanie, dogniatanie oraz wybijanie. Korbowe prasy kuźnicze charakteryzują się stosunkowo dużą prędkością suwaka prasy (szybkobieżnością) oraz dobrym prowadzeniem suwaka. Przykładową prasą kuźniczą z korbowym napędem

suwaka pokazano na rysunku 7.21. Szybkobieżność pras kuźniczych podyktowana jest koniecznością skrócenia czasu kontaktu gorącego półfabrykatu z narzędziami. Korbowe prasy kuźnicze charakteryzują się szeregiem zalet, wśród których można wyróżnić między innymi:

- wysoką wydajność,
- dużą oszczędność materiału,
- dobrą strukturę i korzystny układ włókien kształtowanego elementu,
- podwyższoną trwałość warstwy wierzchniej kształtowanych odkuwek,
- spokojną i pozbawioną wstrząsów pracę,
- dokładne prowadzenie suwaka,
- dużą sztywność maszyny.



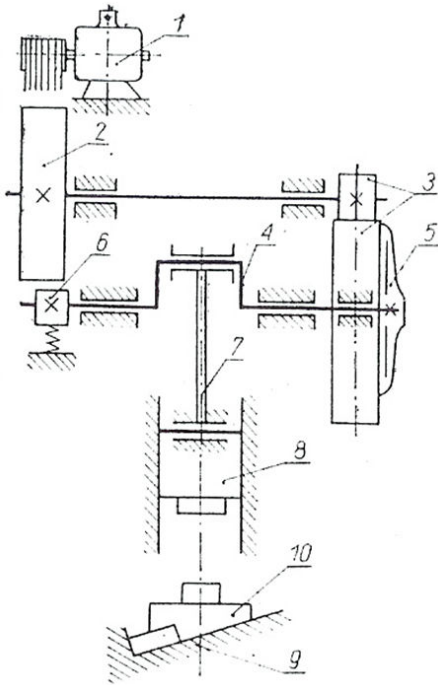
Rys. 7.21. Kuźnicza prasa korbowa o nacisku 160 MN oraz przykładowe odkuwki kształtowane na prasach kuźniczych [57, 37]

Korbowe prasy kuźnicze można klasyfikować w zależności od usytuowania oraz sposobu łożyskowania wału korbowego. Wyróżnia się tutaj prasy:

- z łożyskowaniem wału równoległym do przodu prasy,
- z łożyskowaniem wału prostopadłym do przodu prasy,
- prasy z napędem bezpośrednim przy pomocy przekładni pasowej,
- prasy z napędem pośrednim zębatym,
- prasy z korbowodem pojedynczym,

- prasy z korbowodem podwójnym,
- prasy z klinowym mechanizmem napędowym.

Schemat kinematyczny kuźniczej prasy korbowej (MAXI) przedstawiono na rysunku 7.22. Koło zamachowe 2 jest napędzane przez silnik 1 przy pomocy przekładni pasowej. Przekładnia zębata 3 przenosi ruch obrotowy na wał główny 4 za pośrednictwem sprzęgła 5, sterowanego pneumatycznie. Suwak prasy 8 napędzany jest korbowodem 7, osadzonym na wykorbieniu wału. Do zatrzymania układu korbowego, po wykonaniu przez suwak skoku służy hamulec, umieszczony na wale korbowym po przeciwnej stronie sprzęgła. Odległość suwaka od stołu ustawiana jest przy pomocy klinowych podkładek 9.

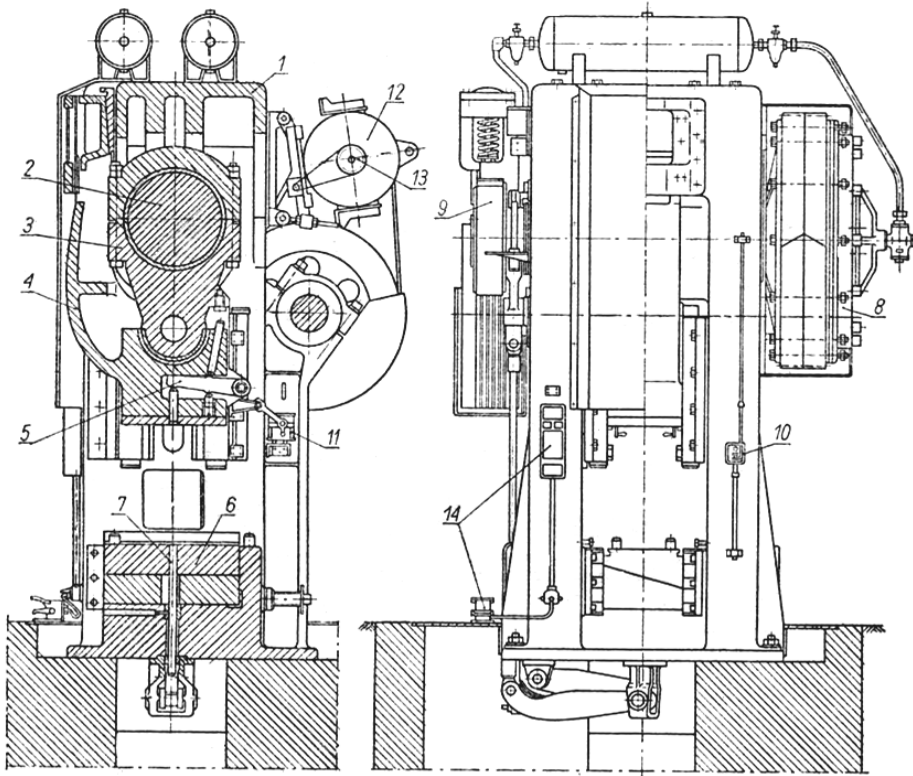


Rys. 7.22. Schemat kinematyczny prasy kuźniczej MAXI:

- 1 – silnik,
- 2 – koło zamachowe,
- 3 – przekładnia,
- 4 – wał korbowy,
- 5 – sprzęgło pneumatyczne,
- 6 – hamulec,
- 7 – korbowód,
- 8 – suwak,
- 9 – stół,
- 10 – podkładka klinowa [36]

Na kolejnym rysunku 7.23. przedstawiono przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne korbowej prasy kuźniczej typu MAXI o nacisku 160 MN. Korpus prasy wykonany jest jako stalowy odlew. W dolnej części stojaków w zagłębieniach umieszczono instalację elektryczną i pneumatyczną. W środkowej części stojaków umieszczono pneumatyczne urządzenia odciążające suwak. W górnej części korpusu wykonane są otwory umożliwiające montaż wału korbowego. Między stojakami umieszczono stół nastawny, który składa się z trzech wzajemnie przesuwających się po sobie klinowych płyt, regulowanych za pomocą śrub. Układ trójklinowej regulacji umożliwia łatwe

odkleszczenie prasy, oraz zapobiega poziomym przesunięciom matrycy podczas ustawiania.

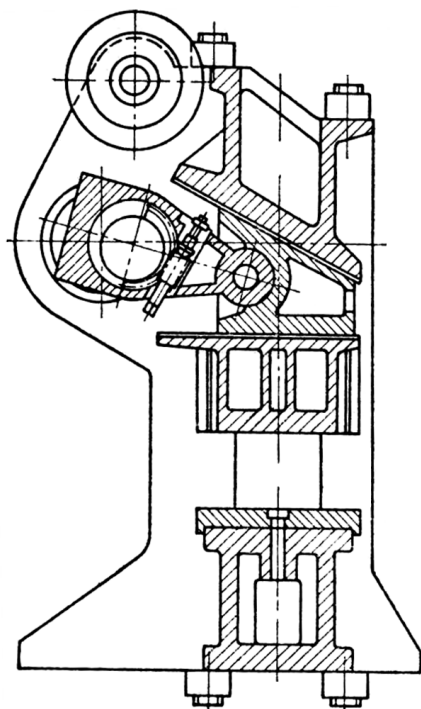


Rys. 7.23. Prasa korbowa kuźnicza MAXI o nacisku 160 MN: 1 – korpus, 2 – wał korbowy, 3 – korbowód z pokrywą, 4 – suwak, 5 – wyrzutnik górny, 6 – stół, 7 – wyrzutnik dolny, 8 – wał główny, 9 – hamulec taśmowy, 10 – wskaźnik nacisku, 11 – układ smarowania, 12 – silnik górny, 13 – silnik tachometryczny, 14 – układ sterowania [12]

W prasach MAXI sprzęgła cierne płytkowe montowane są w kole zębatym na wale korbowym. Suwaki pras kuźniczych ze względu na odmienny charakter pracy, wyposażone są w dodatkowe ramie prowadzące, umożliwiające znaczne obciążanie ich siłami mimośrodowymi. Jednokorbowe prasy kuźnicze, dzięki specjalnej budowie suwaka mogą być obciążane mimośrodowo. Dlatego też można na nich wykonywać wielowykrojowe operacje kucia i prasowania, przy czym operacje o maksymalnych naciskach powinny być wykonywane w osi suwaka.

W znacznie większym stopniu można obciążać mimośrodowo suwaki w prasach kuźniczych klinowych (rys. 7.24). Wał korbowy w takiej prasie mieści się w tylnej części korpusu, a podwójny korbowód przesuwają klin o nachyleniu 2:1 w płaszczyźnie poziomej. Klin ten przesuwając się między suwakiem

a korpusem powoduje ruch suwaka do dołu. Po wysunięciu klina ruch powrotny suwaka do góry jest realizowany za pomocą pneumatycznych urządzeń odciążających.



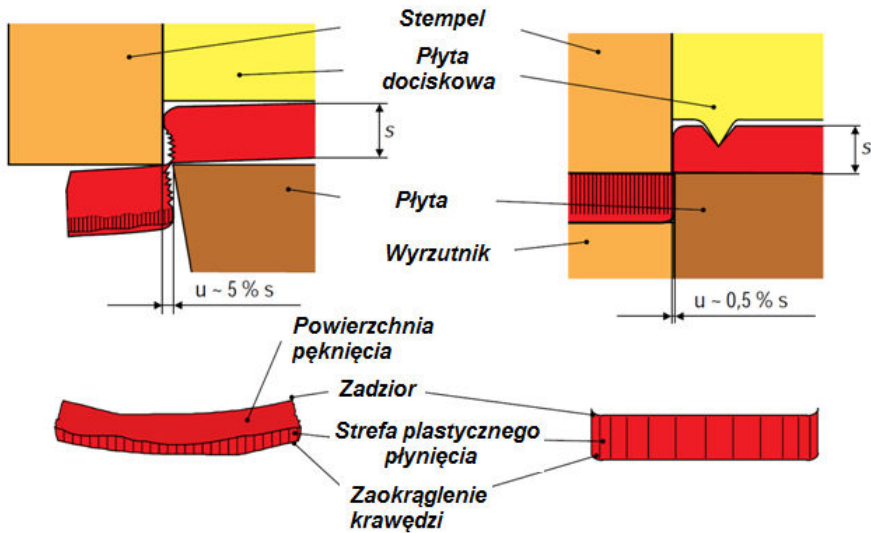
Rys. 7.24. Schemat prasy kuźnicznej z napędem korbowo – klinowym [12]

7.4. Prasy do gładkiego wykrawania i wygładzania

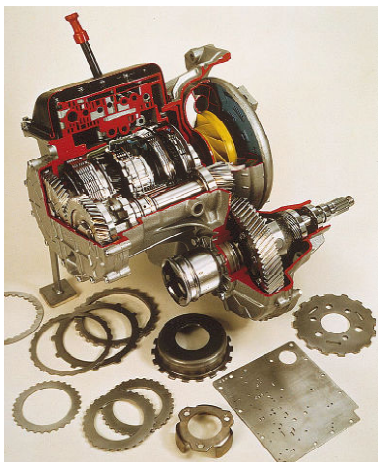
W celu uzyskać gładkiej i dokładnej powierzchni na ściankach bocznych wycinanych elementów stosuje się operacje gładkiego wykrawania, bądź wygładzania. Podczas zwykłego wykrawania występują trzy podstawowe fazy procesu ciecia: odkształceń sprężystych, odkształceń plastycznych oraz pęknięcia. Uzyskuje się w takim procesie wyroby, które na powierzchniach bocznych mają tylko dwie strefy: wąską, gładką i połyskującą powierzchnie plastycznego płynięcia metalu oraz nierówną, chropowatą i pochyloną powierzchnie pęknięcia (7.25). Na powierzchni wykrawanych elementów można wyróżnić jeszcze z jednej strony zaokrąglenie krawędzi, natomiast z drugiej strony ostry występ, nazywany zadziorem, przy czym są one znacznie mniejsze od dwóch poprzednich stref.

Najczęściej w celu uzyskania gładkiej powierzchni wykrawanych elementów stosuje się zmniejszone wartości luzów między stemplem a matrycą, dodatkowo wprowadza się przytrzymanie wykrawanego materiału od dołu, a niekiedy wywiera się duży nacisk na materiał pozostający na zewnątrz stempla, dzięki

czemu w strefie cięcia wywołuje się trójosiowy stan naprężeń ściskających, zapobiegający przedwczesnemu pęknięciu materiału (rys. 7.25). Realizacja procesu wykrawania dokładnego z silnym dociśnięciem półfabrykatu do powierzchni płyty tnącej wymaga stosowania pras podwójnego działania, w których suwak zewnętrzny wywiera nacisk na pierścień dociskający, natomiast suwak wewnętrzny wywiera nacisk na stempel tnący. Procesy dokładnego wykrawania stosowane są między innymi do wytwarzania kół zębatach, kół łańcuchowych, tarcz sprzęgłowych itp. (rys. 7.26).



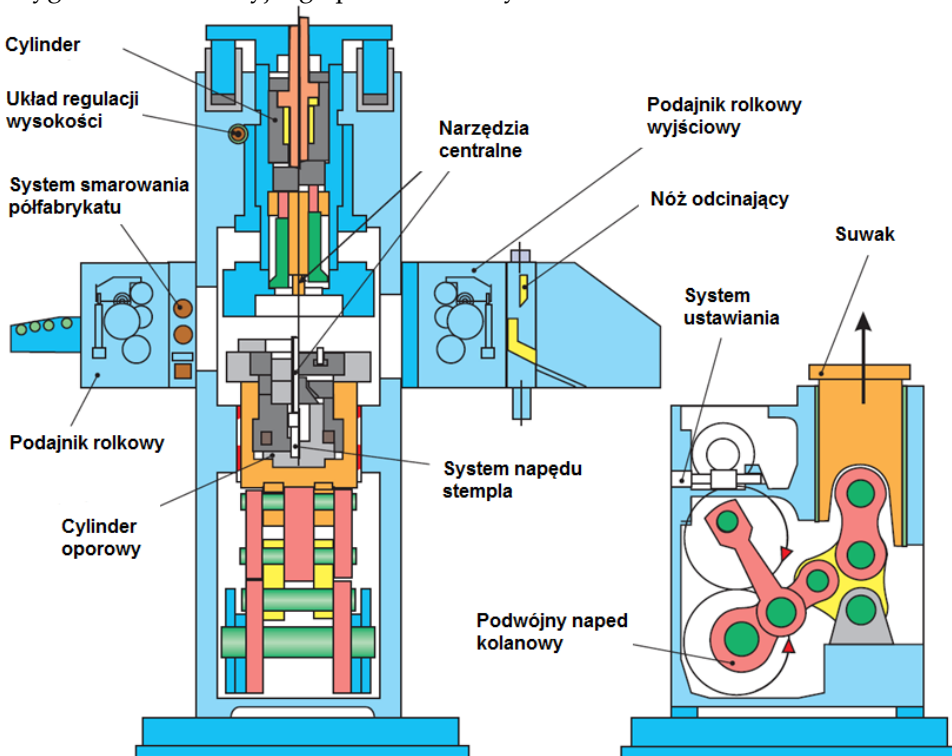
Rys. 7.25. Kształt elementów wykrawanych z luzem optymalnym oraz z dociśnięciem blachy płyty z granią [20]



Rys. 7.26. Przykładowe elementy wytwarzane metodami wykrawania dokładnego [20]

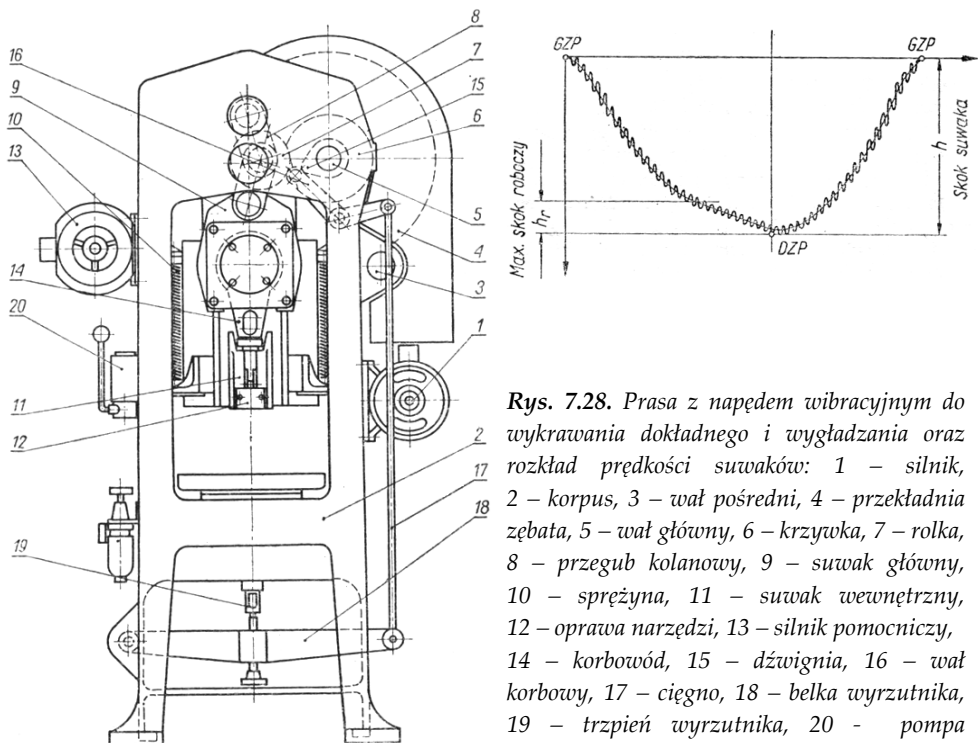
Mechaniczne prasy do wykrawania gładkiego są budowane na bazie pras kolanowych z dolnym napędem (7.27). Układ kolanowy zapewnia uzyskanie dużej prędkości suwaka przy zbliżeniu się narzędzia do powierzchni blachy, a następnie prędkość ta bardzo szybko maleje i narzędzie łagodnie styka się z wykrawanym przedmiotem. Zastosowanie mechanicznego napędu oraz zmniejszenie wartości skoku umożliwia uzyskanie dużych wydajności. Dodatkowo wyposaża się prasę w urządzenia podające i odbierające, dzięki czemu maszyna może pracować w linii automatycznej.

W celu polepszenia jakości powierzchni przedmiotów wykrawanych, często stosuje się procesy wygładzania wibracyjnego przedmiotów uprzednio wykrawanych z niewielkimi naddatkami. Zjawisko wykrawania wibracyjnego polega na cyklicznym pojawianiu się naprężeń w wygładzanym przedmiocie a następnie na ich zanikaniu. Dzięki całkowitemu odciążeniu przedmiotu między kolejnymi uderzeniami nie powstaje pęknięcie materiału, a jedynie zjawisko plastycznego płynięcia materiału, natomiast rozdzielanie materiału powstaje dopiero bezpośrednio przy krawędzi tnącej w końcowym etapie procesu. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne prasy do wykrawania i wygładzania wibracyjnego pokazano na rysunki 7.28.



Rys. 7.27. Schemat prasy kolanowej z dolnym napędem do wykrawania dokładnego [20]

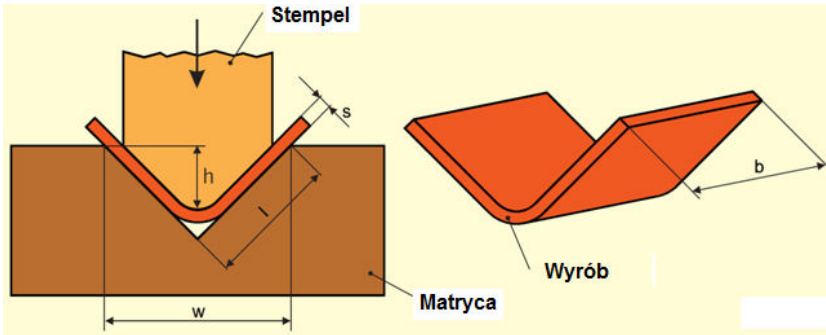
Napęd z silnika elektrycznego 1 umieszczonego w korpusie 2 przenoszony jest przez przekładnię pasową na koło zamachowe umieszczone na wale pośrednim 3, skąd za pośrednictwem przekładni zębatej 4 przekazywany jest na wał główny 5, na którym osadzono krzywkę 6. Krzywka obracając się naciska na rolkę 7, umieszczoną w przegubie układu kolanowego 8, nadając suwakowi głównemu 9 ruch do dołu początkowo szybki, a następnie coraz wolniejszy, w miarę zbliżania się do dolnego zwrotnego położenia. Sprężyny 10 powodują ruch powrotny suwaka do góry, zapewniając stały docisk rolek 7 do krzywek 6. W suwaku głównym 9 umieszczono suwak wewnętrzny 11 (wibrator) z uchwytem narzędzia. Silnik pomocniczy 13 umieszczony na korpusie prasy przenosi napęd na wał mimośrodowy o bardzo małej mimośrodowości równej 0,75 mm. Wał ten łożyskowany jest w suwaku głównym, z którego ruch drgający jest przenoszony za pośrednictwem korbowodu 14 na suwak wewnętrzny, wykonujący 1200 – 1500 drgań na minutę. W wyniku działania mechanizmów napędowych uzyskuje się złożony ruch suwaka (rys. 7. 28). Dzięki takiej kinematyce ruchu suwaków możliwe jest uzyskanie wysokiej gładkości powierzchni, odpowiadającej chropowatości powierzchni szlifowanych.



Rys. 7.28. Prasa z napędem wibracyjnym do wykrawania dokładnego i wygładzania oraz rozkład prędkości suwaków: 1 – silnik, 2 – korpus, 3 – wał pośredni, 4 – przekładnia zębata, 5 – wał główny, 6 – krzywka, 7 – rolka, 8 – przegub kolanowy, 9 – suwak główny, 10 – sprężyna, 11 – suwak wewnętrzny, 12 – oprawa narzędzi, 13 – silnik pomocniczy, 14 – korbowód, 15 – dźwignia, 16 – wał korbowy, 17 – ciągnio, 18 – belka wyrzutnika, 19 – trzpień wyrzutnika, 20 – pompa smarowania [12]

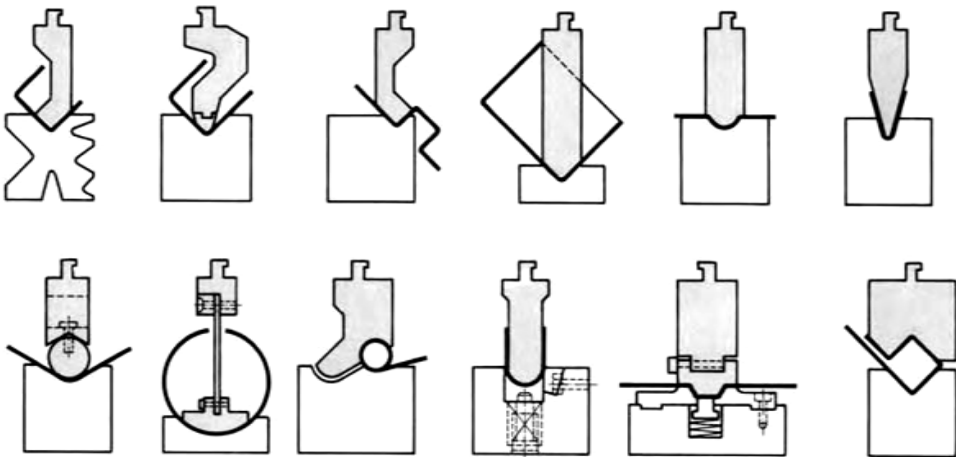
7.5. Prasy krawędziowe

Prasy krawędziowe przeznaczone są głównie do gięcia wszelkiego rodzaju profili (o stosunkowo skomplikowanych kształtach) z blach w jednym lub kilku zabiegach (rys. 7.29). Z uwagi na niewielką wydajność wykorzystuje się je przede wszystkim w produkcji mało lub średnioseryjnej. Proces gięcia na prasach krawędziowych może być zrealizowany według dwóch metod: swobodne (gięcie realizowane przez trzy punkty) oraz gięcie z dołaczaniem.



Rys. 7.29. Schemat procesu gięcia kątownika na prasie krawędziowej z wykorzystaniem matrycy z rowkiem w kształcie V

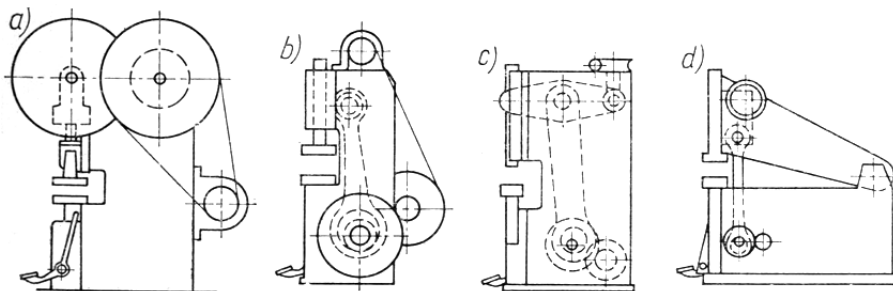
Przykładowe kształty profili giętych na prasach krawędziowych przedstawiono na rysunku 7.30. Cechą charakterystyczną elementów wykonywanych na prasach krawędziowych jest ich niewielka masa, niewielka grubość (elementy cienkościenne), duża sztywność oraz niski koszt wykonania. Wyroby gięte na prasach krawędziowych znajdują zastosowanie w takich gałęziach przemysłu jak: motoryzacyjny, lotniczy, kolejowy, stoczniowy itp.



Rys. 7.30. Przykłady gięcia profili na prasach krawędziowych [35]

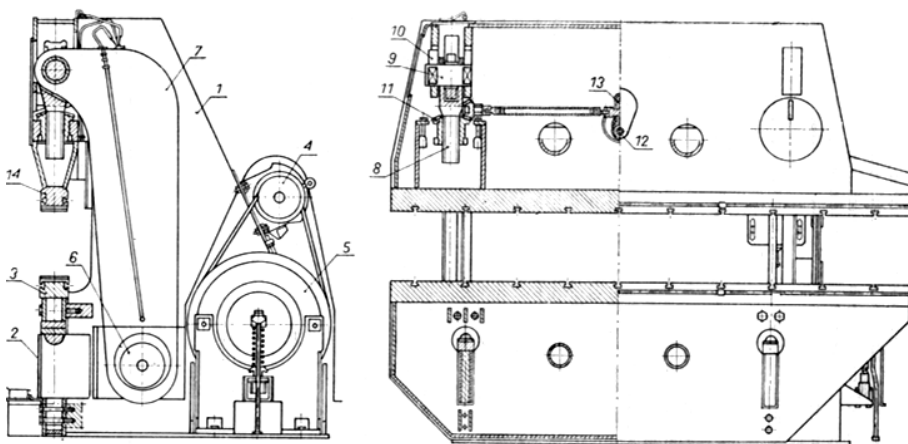
Cechą charakterystyczną pras krawędziowych jest stosunkowo wąski i długi stół oraz suwak, które umożliwiają zabudowę narzędzi do gięcia profili z blach nawet o kilkumetrowych długościach. Mechaniczne prasy krawędziowe klasyfikuje się w zależności od rodzaju zastosowanego napędu. Można wyróżnić tutaj takie rodzaje pras jak (rys. 7.31):

- z dolnym napędem,
- z górnym napędem,
- prasy ciągowe,
- prasy dźwigniowe,
- prasy nożycowe.



Rys. 7.31. Rodzaje pras krawędziowych z napędem mechanicznym: a) z napędem górnym, b) z napędem dolnym - ciągowe, c) z napędem dolnym dźwigniowe, d) z napędem dolnym nożycowe [12]

Mechaniczne prasy krawędziowe budowane są o naciskach od 300 do 6000 kN z korpusami spawanymi wysięgowymi. Na rysunku 7.32 przedstawiono typową konstrukcję prasy krawędziowej ciągowej z dolnym napędem.



Rys. 7.32. Prasa krawędziowa ciągowa z dolnym napędem: 1 – korpus, 2 – stół, 3 – belka stołu, 4 – silnik, 5 – sprzęgło, 6 – wał mimośrodowy, 7 – ciągno, 8 – łącznik, 9 – sworzeń, 10 – suwak, 11 – tuleje gwintowane, 12 – ślimak, 13 – ślimacznica, 14 – belka suwaka [12]

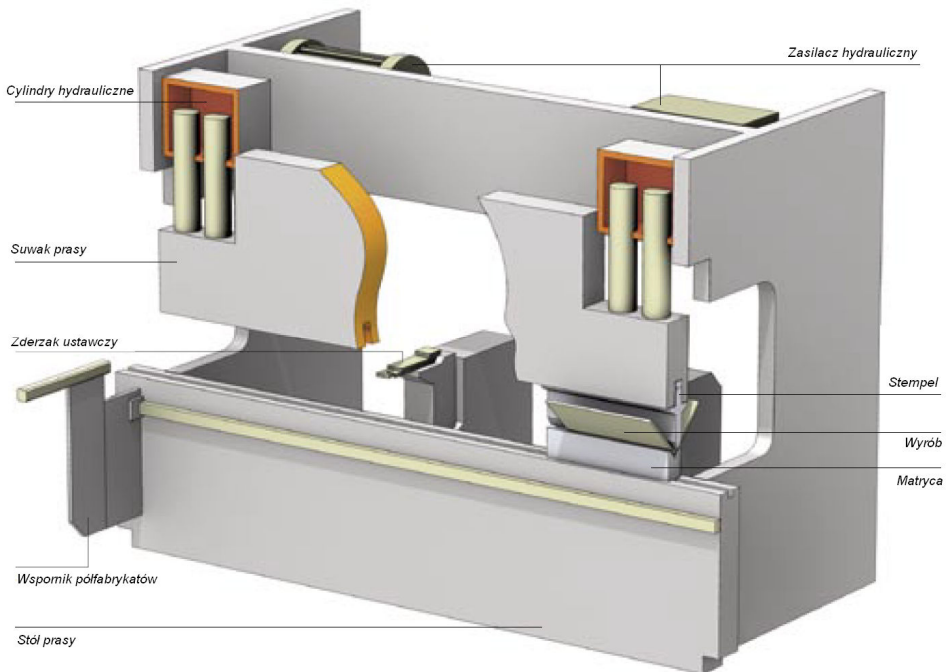
W korpusie 1, spawanym z blach stalowych osadzono na wysięgnikach ścian bocznych stół o budowie skrzyniowej 2. Górna część stołu w postaci belki 3 ma rowki teowe służące do mocowania narzędzi. Napęd prasy przekazywany jest od silnika elektrycznego 4 przez sprzęgło pneumatyczne 5, przekładnię zębatą na wał mimośrodowy 6. Na wale tym osadzono dwa ciągnia 7 przenoszące nacisk prasy i odciążające korpus. Górna część ciągnien połączona jest z łącznikami gwintowanymi 8 za pomocą sworzni 9. Do właściwego nastawiania położenia suwaka służy mechanizm nastawczy, zapewniający równomierność przesunięć obu końców suwaka. Z silnika elektrycznego zamocowanego na suwaku przez ślimak 12 i ślimacznice 13, napęd przenoszony jest przez gwintowane tuleje na łączniki 8. W zależności od kierunku obrotów silnika, następuje wkręcenie bądź wykręcenie łączników i podnoszenie lub opuszczanie suwaka (w trakcie ustawiania położenia suwaka).

Obecnie coraz rzadziej stosuje się prasy krawędziowe z napędem mechanicznym. Ich miejsce zajmują prasy z napędem hydraulicznym, który w porównaniu z tradycyjnym napędem korbowym, odznacza się szeregiem zalet. Szczegółowo zasadę działania pras hydraulicznych oraz ich cechy charakterystyczne opisano w rozdziale 8. Obecnie budowane i stosowane prasy krawędziowe wyposażone są w sterowanie CNC. Przykładową prasę krawędziową CNC z napędem hydraulicznym APHS o długości gięcia do 3100 mm pokazano na rysunku 7.33.



Rys. 7.33. Prasa krawędziowa z napędem hydraulicznym APHS o nacisku 900 kN i długości gięcia 3100 mm, sterowana CNC [64]

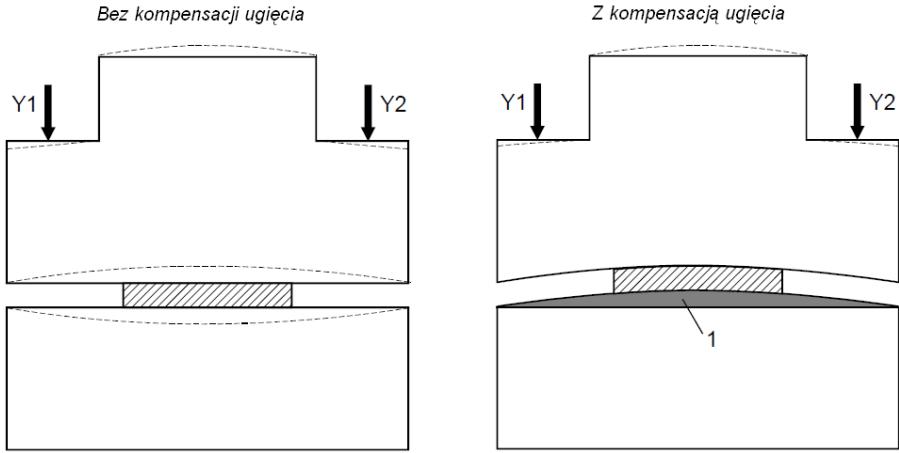
Na kolejnym rysunku 7.34. pokazano strukturę typowej prasy krawędziowej z napędem hydraulicznym. Napęd suwaka realizowany jest przy pomocy cylindrów hydraulicznych umieszczonych w górnej części korpusu. Wysięgowy korpus prasy wykonany jest z płyt stalowych jako spawany. Suwak i stół prasy wykonane są z jednolitych płyt stalowych, do których mocowane są narzędzia (stemple i matryce). W tylnej części maszyny znajdują się przesuwne zderzaki do ustalania położenia giętych elementów. Natomiast z przodu maszyny znajdują się wysięgowe wsporniki do przytrzymania giętych elementów. Tego typu prasy wyposaża się w szereg urządzeń dodatkowych zwiększających dokładność kształtowanych wyrobów oraz podnoszących bezpieczeństwo pracy.



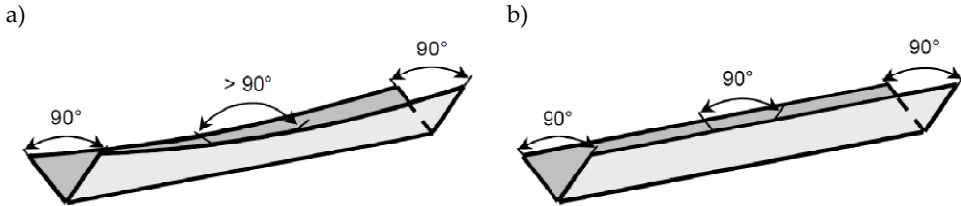
Rys. 7.34. Struktura prasy krawędziowej z napędem hydraulicznym [33]

Podparcie stosunkowo długich suwaków na ich końcach jest niekorzystne i prowadzi do sprężystych odkształceń płyty suwaka i stołu (rys. 7.35). W rezultacie zmniejsza się dokładność giętych elementów (zwłaszcza przy gięciu długich wyrobów). Zjawisku sprężystego uginania korpusu w trakcie pracy przeciwdziała się, umieszczając w belce dolnej stołu siłowniki hydrauliczne o krótkim skoku, kompensujące ugięcie elementów maszyny. W przypadku braku urządzeń kompensujących sprężyste odkształcenia suwaka i stołu, obserwuje się deformację giętych elementów o dużych długościach (rys. 7.36), przejawiającą się niedogięciem środkowej części wyrobu, przy jednoczesnym

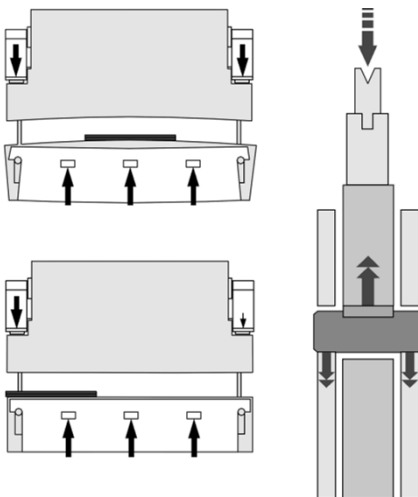
przebiegu skrajnych części półfabrykatu. Sposób i miejsce usytuowania siłowników kompensacyjnych pokazano na kolejnym rysunku 7.37.



Rys. 7.35. Odkształcenia sprężyste suwaka i stołu prasy krawędziowej podczas gięcia i sposób przeciwdziałania skutkom tych odkształceń: Y1 i Y2 – siły nacisku cylindrów hydraulicznych, 1 – odkształcenie korpusu spowodowane przez cylindry kompensacyjne [33]



Rys. 7.36. Skutki sprężystych odkształceń suwaka i stołu prasy krawędziowej: a) niedoגיעie środkowej części wyrobu, b) kształt elementu giętego na prasie z kompensacją [33]



Rys. 7.37. Sposób umieszczania siłowników krótkoskokowych do kompensacji ugięcia sprężystego suwaka i stołu w prasach krawędziowych [33]

Prasy krawędziowe sterowane CNC mogą być łączone w tandemy (rys. 7.38), dzięki czemu istnieje możliwość gięcia wyrobów o długościach znacznie większych niż długość robocza suwaka i stołu pojedynczej maszyny. Przy takim rozwiązaniu dwie maszyny ustawione są obok siebie szeregowo, tak że przestrzeń robocza układu zwiększa się dwukrotnie.



Rys. 7.38. Dwie prasy krawędziowe firmy HACO z napędem hydraulicznym połączone w tandem [46]

Innym rozwiązaniem, stosowanym w nowoczesnych prasach krawędziowych, zwiększającym dokładność gięcia, jest zastosowanie specjalnych ramion śledzących zaginany materiał i podpierających półfabrykat (rys. 7.39). W wyniku podparcia półfabrykatu podczas gięcia zmniejsza się niebezpieczeństwo jego deformacji. Tego typu urządzenia stosowane są podczas gięcia mało sztywnych elementów o znacznych długościach i szerokościach.



Rys. 7.39. Ramiona śledzące stosowane w prasach krawędziowych firmy BYSTRONIC do podparcia giętego półfabrykatu [25]

7. Praszy specjalizowane

Specyfika operacji wykonywanych na prasach krawędziowych (produkcja jednostkowa i seryjna) wymusza częstą wymianę narzędzi. Dlatego też ważnym zagadnieniem jest wykorzystanie rozwiązań pozwalających na szybkie przebrojenie prasy. W nowoczesnych prasach krawędziowych powszechnie wykorzystuje się pneumatyczne i hydrauliczne systemy mocowania narzędzi, umożliwiającą szybką ich wymianę (rys. 7.40 oraz 7.41).

a)



b)



Rys. 7.40. Automatyczne systemy mocowania stempli stosowane w prasach BYSTRONIC: a) pneumatyczne, b) hydrauliczne [25]

a)



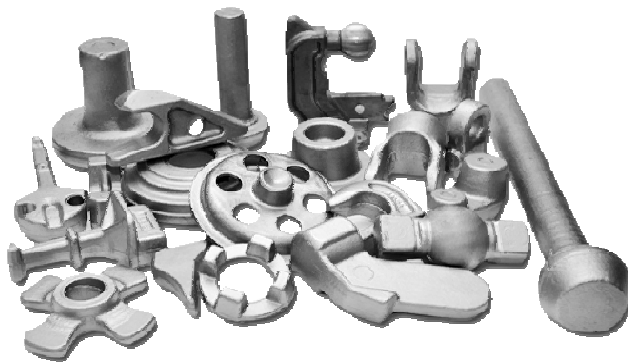
b)



Rys. 7.41. Systemy mocowania matryc stosowane w prasach krawędziowych firmy BYSTRONIC: a) mechaniczny, b) ręczny [25]

7.6. Kuźniarki

Kuźniarki zaliczają się do pras mechanicznych o korbowym układzie napędowym, które posiadają dwa suwaki poruszające się względem siebie pod kątem prostym. Kuźniarki budowane są z pionowym lub poziomym podziałem matryc. Stosowane są najczęściej do spęczania oraz kucia odkuwek w postaci brył obrotowych z półfabrykatów w postaci prętów i rur. Większość kształtowanych na kuźniarkach odkuwek ma kształt brył obrotowych takich jak: pierścienie do łożysk tocznych, zestawy kół zębatych, osie samochodowe, piasty rowerowe, wałki z czołowymi zgrubieniami, elementy toczne łożysk, sworznie, śruby i inne. Przykładowe odkuwki kształtowane na kuźniarkach pokazano na rysunku 7.42.

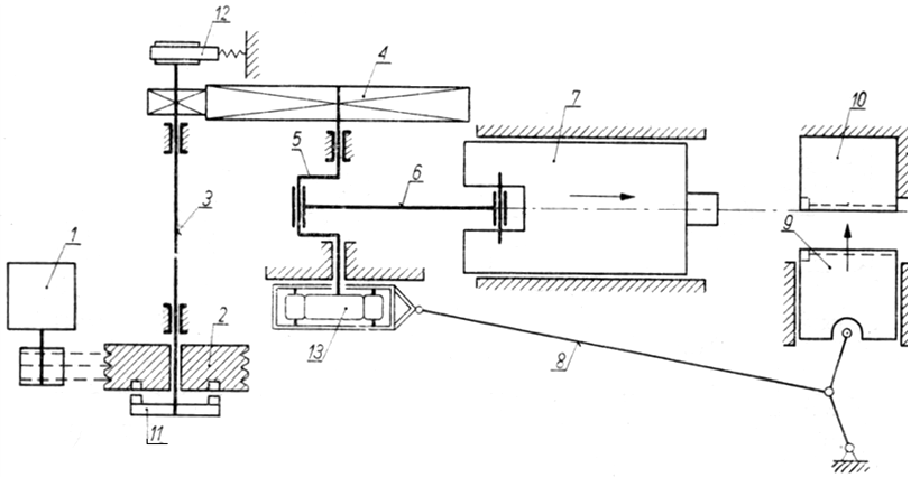


Rys. 7.42. Przykładowe odkuwki kształtowane na kuźniarkach [70]

Wielkość kuźniarek określana jest maksymalną średnicą spęczanych elementów podawaną w calach oraz naciskiem suwaka w końcowym stadium ruchu roboczego, wyrażonym w kN (lub tonach – przy starszych oznaczeniach).

Kuźniarki z pionowym podziałem matryc

Schemat kinematyczny kuźniarki z pionowym podziałem matryc pokazano na rysunku 7.43. Napęd kuźniarki realizowany jest przez silnik elektryczny 1, który napędza koło zamachowe 2, a następnie za pośrednictwem sprzęgła 11 napęd przenoszony jest na wał pośredni 3, z którego przekazywany jest za pośrednictwem przekładni zębatej 4 na wał korbowy 5. Na wykorbieniu wału 5 osadzony jest korbowód 6, który zamienia ruch obrotowy wału na ruch posuwisto – zwrotny przekazywany suwakowi głównemu kuźniarki 7. Mechanizm zaciskowy 8 (suwak pionowy) uruchamiany jest za pośrednictwem krzywki 13, która powoduje wychylenie układu dźwigniowego i przesunięcie szczęki ruchomej 9 w kierunku szczęki stałej 10. Do zatrzymania suwaka roboczego po wykonanym skoku roboczym wykorzystuje się hamulec 12, który jest osadzony na wale pośrednim kuźniarki.

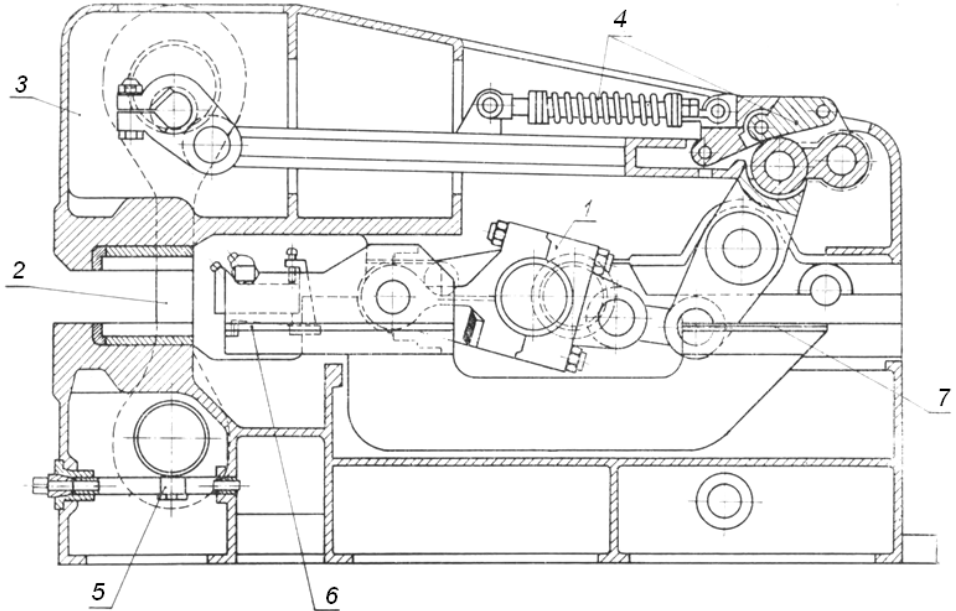


Rys. 7.43. Schemat kinematyczny kuźniarki z pionowym podziałem matryc: 1 – silnik napędowy, 2 – koło zamachowe, 3 – wał pośredni, 4 – przekładnia zębata, 5 – wał korbowy, 6 – korbowód, 7 – suwak główny, 8 – mechanizm zaciskowy, 9 – szczęka ruchoma suwaka zaciskowego, 10 – szczęka stała, 11 – sprężęto, 12 – hamulec [11]

Kuźniarki z poziomym podziałem matryc

Tego typu kuźniarki charakteryzują się szeregiem zalet w stosunku do kuźniarek z pionowym podziałem matryc. Do najważniejszych można zaliczyć między innymi możliwość mechanizacji i automatyzacji pracy, łatwy dostęp do przestrzeni roboczej i prostą wymianę oprzyrządowania, znacznie mniejszą odległość stanowiska pracy od matryc. Najbardziej rozpowszechnione są dwa rodzaje kuźniarek z poziomym podziałem matryc. Pierwszy rodzaj kuźniarek charakteryzuje się tym, że górna matryca umieszczona jest na ramieniu, które porusza się wahadłowo, w wyniku czego szczęka zaciskająca porusza się po torze zbliżonym do łuku. Drugi typ kuźniarek składa się z dwóch pras: poziomej i pionowej, co umożliwia prostoliniowy ruch matrycy zaciskowej. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne kuźniarki z poziomym podziałem matryc typu nożycowego (z suwakiem poruszającym się po łuku) pokazano na rysunku 7.44. W korpusie kuźniarki ułożony jest wał korbowy, który otrzymuje ruch od silnika za pośrednictwem przekładni pasowej, wału pośredniego i przekładni zębatej. Ruch obrotowy wału korbowego zamieniany jest za pośrednictwem korbowodu na ruch posuwisto – zwrotny suwaka, który prowadzony jest w dwóch prowadnicach. Suwak zaciskający ma kształt ramienia, do którego przymocowany jest górny blok zaciskowy i matryca górna. Dolny blok jest osadzony w korpusie. Ramię wykonuje ruch wahadłowy wokół czopa mocującego. Przy czym ruch górnego ramienia wywołany jest przez ciągną 2, napędzaną układem przegubowo dźwigniowym od wału korbowego. Długość ramienia może być zmieniana za pomocą mimośrodów 5, dzięki czemu niweluje

się odchyłki grubości matryc. Na jednym z cięgien umieszczono bezpiecznik przeciążeniowy 4, który w przypadku przeciążenia powoduje zwolnienie cięgna 2 i wycofanie półfabrykatu.



Rys. 7.44. Schemat kuźniarki z poziomym podziałem matryc (nożycowej): 1 – korbowód, 2 – ciągną napędu suwaka zaciskowego, 3 – ramię, 4 – bezpiecznik, 5 – mimośród, 6 – suwak główny, 7 – prowadnice suwaka głównego [11, 36]

8. Prasy hydrauliczne

8.1. Cechy charakterystyczne pras hydraulicznych

Powszechną tendencją obserwowaną w budowie pras stosowanych w obróbce plastycznej jest coraz szersze wykorzystanie układów hydraulicznych do napędu suwaków. Wynika to z szeregu zalet jakimi charakteryzują się układy hydrauliczne w porównaniu z napędami mechanicznymi. Prasy hydrauliczne wśród maszyn do obróbki plastycznej charakteryzują się największymi wartościami nacisków jakie mogą wywierać ich suwaki robocze (nawet ponad 1000 MN). Do głównych zalet pras hydraulicznych można zaliczyć między innymi:

- znacznie prostszą konstrukcję maszyny,
- możliwość łatwej regulacji skoku i położenia suwaka,
- niezawodność działania,
- łatwość automatyzacji,
- możliwość płynnego kompensowania odkształceń sprężystych korpusu i narzędzi,
- mniejszy koszt wykonania,
- większa dokładność wykonywanych operacji,
- większe bezpieczeństwo pracy związane z możliwością zatrzymania suwaka w dowolnym położeniu,
- niewrażliwość na zakleszczenie suwaka prasy,
- możliwość uzyskania bardzo dużych nacisków przy niewielkich wymiarach gabarytowych,
- możliwość uzyskania dużych skoków suwaka,
- stały nacisk pracy w całym zakresie skoku suwaka.

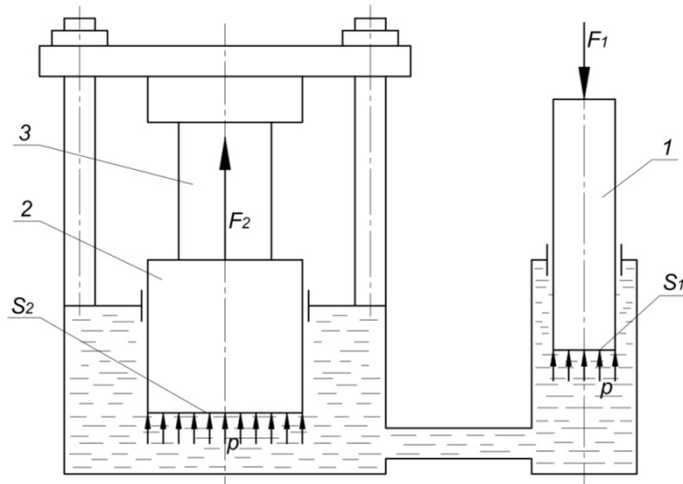
Prasa hydrauliczna jest maszyną technologiczną o działaniu statycznym, w której do napędu układów roboczych, wykorzystuje się ciecz dostarczaną pod wysokim ciśnieniem. Łańcuch energetyczny pras z napędem hydraulicznym składa się z urządzeń zamieniających energię mechaniczną w energię ciśnienia cieczy roboczej (pompa hydrauliczna), a ta z kolei w cylindrze prasy, zostaje przekształcona w pracę mechaniczną. Najogólniej prasa hydrauliczna będzie składała się z dwóch naczyń połączonych i wypełnionych cieczą, w których znajdują się tłoki lub nurniki. Jeżeli do nurnika 1 zostanie przyłożona siła F_1 , to pod nim wytworzy się ciśnienie p , równe iloczynowi przyłożonej siły i pola powierzchni nurnika S_1 . Według prawa Pascala ciśnienie rozchodzi się w cieczy równomiernie i działając na podstawę nurnika 2 o powierzchni S_2 , powoduje powstanie siły F_2 , która działa na obrabiany element 3. Siły pochodzące od ciśnienia hydrostatycznego działającego na ścianki boczne nurników i cylindrów równoważą się nie dając siły wypadkowej. W rezultacie działając nawet

stosunkowo niewielką siłą F_1 na nurnik o małej średnicy, możliwe jest uzyskanie znacznych nacisków F_2 wywieranych przez nurnik o większej średnicy. W prasach hydraulicznych powszechnie stosowanych do realizacji procesów technologicznych, ciecz pod wysokim ciśnieniem uzyskuje się w specjalnych urządzeniach – zasilaczach hydraulicznych, która następnie jest doprowadzana do cylindrów roboczych maszyny.

W oparciu o prawo Pascala można zapisać warunek na wartość siły nacisku prasy hydraulicznej, napędzanej ręcznie (rys. 8.1):

$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1} \quad (8.1)$$

gdzie: F_2 – siła nacisku suwaka prasy (nurnika roboczego), F_1 – siła nacisku na nurnik napędowy, S_1 – średnica nurnika napędowego, S_2 – średnica nurnika roboczego.



Rys. 8.1. Ogólna zasada działania prasy hydraulicznej: 1 – nurnik napędowy, 2 – nurnik roboczy, 3 – prasowany element

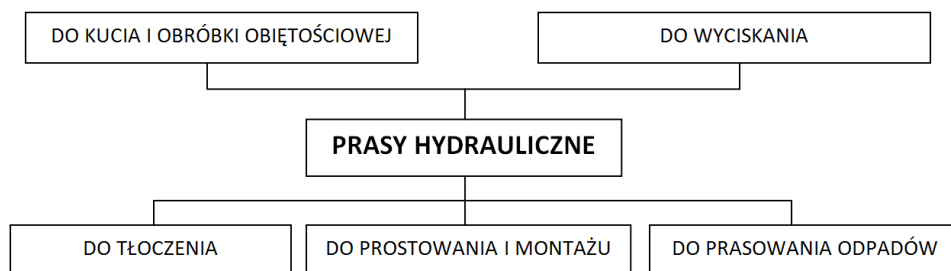
8.2. Klasyfikacja pras hydraulicznych

Istnieje wiele odmian pras hydraulicznych, stosowanych w najróżniejszych dziedzinach przemysłu, różniących się między sobą przeznaczeniem, konstrukcją, wielkościami nacisków, prędkościami suwaków itp. Wszystkie odmiany pras hydraulicznych działają na tej samej zasadzie. W cylindrze roboczym pracuje tłok, zakończony suwakiem. Ruch roboczy suwaka odbywa się dzięki ciśnieniu cieczy wywieranemu na tłok, natomiast ruch powrotny wywołuje ciśnienie działające na tłok od dołu (na powierzchnię pierścieniową), bądź wykorzystuje się dodatkowe cylindry hydrauliczne (powrotne).

Głównym parametrem prasy hydraulicznej jest nacisk nominalny F_n wyrażający iloczyn ciśnienia nominalnego panującego w cylindrze roboczym

oraz powierzchni poprzecznego przekroju tłoka, na które działa ciśnienie cieczy. W zależności od przeznaczenia technologicznego, prasy hydrauliczne różnią się między sobą konstrukcją zasadniczych zespołów, ich położeniem, ilością oraz wartością podstawowych parametrów. W zależności od przeznaczenia technologicznego prasy hydrauliczne można podzielić na maszyny do obróbki plastycznej metali oraz do prasowania materiałów niemetalowych.

Z kolei prasy do obróbki plastycznej metali można sklasyfikować według pięciu podstawowych grup (rys. 8.2).



Rys. 8.2. Podział pras hydraulicznych ze względu na przeznaczenie [10]

- Prasy hydrauliczne do kucia i obróbki objętościowej, wśród których wyróżniamy prasy kuźnicze do kucia swobodnego o naciskach od 5000 kN do 120000 kN, prasy do kucia matrycowego i prasowania o naciskach od 10000 kN do 700000 kN, prasy do wyciskania przeciwbieżnego o naciskach od 1500 kN do 30000 kN.
- Prasy hydrauliczne do wyciskania, wśród których możemy wyróżnić prasy do wyciskania rur, prętów i profili ze stopów metali nieżelaznych i stali o naciskach od 1000 kN do 120000 kN.
- Prasy hydrauliczne do tłoczenia, wśród których wyróżniamy prasy ciąagowe pojedynczego działania o naciskach od 500 kN do 10000 kN, prasy ciąagowe podwójnego i potrójnego działania do głębokiego tłoczenia o naciskach od 300 kN do 4000 kN, prasy do tłoczenia na gumie o naciskach od 10000 kN do 200000 kN, do zaginania, gięcia i tłoczenia grubych blach o naciskach od 3000 kN do 45000 kN, do gięcia i tłoczenia grubych blach na gorąco o naciskach od 3000 kN do 200000 kN.
- Prasy hydrauliczne do prostowania i montażu o stosunkowo niewielkich naciskach.
- Prasy hydrauliczne do pakietowania odpadów metalowych o naciskach od 1000 kN do 6000 kN.

Prasy hydrauliczne do prasowania materiałów niemetalowych są to prasy stosowane przede wszystkim do prasowania proszków, przetwórstwa tworzyw sztucznych, prasowania płyt i odpadów niemetalowych.

Technologiczne przeznaczenie maszyny określa jej konstrukcję, rodzaj korpusu (prasa kolumnowa, ramowa, dwustojakowa, wysięgowa), typ, wykonanie oraz ilość cylindrów hydraulicznych (nurnikowe, tłokowe, nurnikowo – różnicowe).

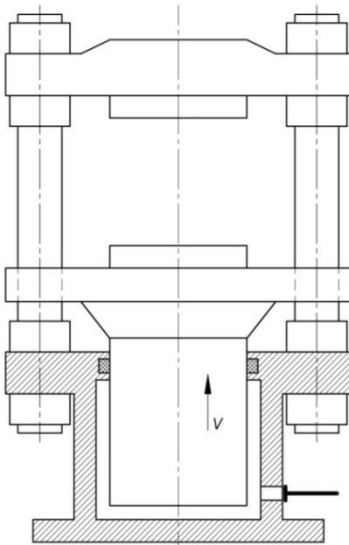
Innym kryterium klasyfikacji pras hydraulicznych jest kierunek działania suwaka (kierunek ruchu roboczego suwaka). Wyróżnia się tutaj prasy z napędem hydraulicznym:

- pionowe,
- poziome,
- złożone (pionowe i poziome lub skośne).

Prasy hydrauliczne w układzie pionowym można z kolei sklasyfikować w zależności od położenia cylindra głównego (roboczego) na dolno cylindrowe oraz górno cylindrowe.

Prasy hydrauliczne dolno cylindrowe posiadają cylinder główny umieszczony pod płytą stołu. Doprowadzenie cieczy pod wysokim ciśnieniem do cylindra powoduje ruch roboczy nurnika lub tłoka wraz ze stołem do góry, natomiast płyta górna pozostaje nieruchoma. Schemat prasy hydraulicznym dolno cylindrowej pokazano na rysunku 8.3.

a)

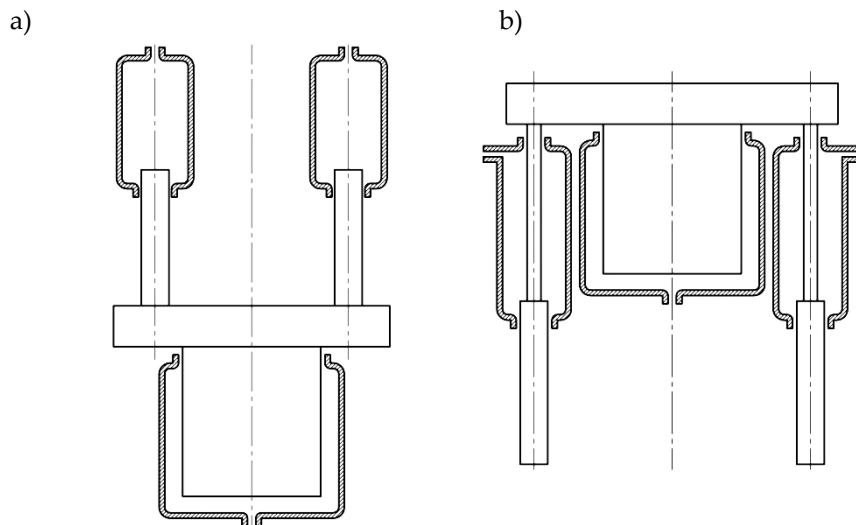


b)



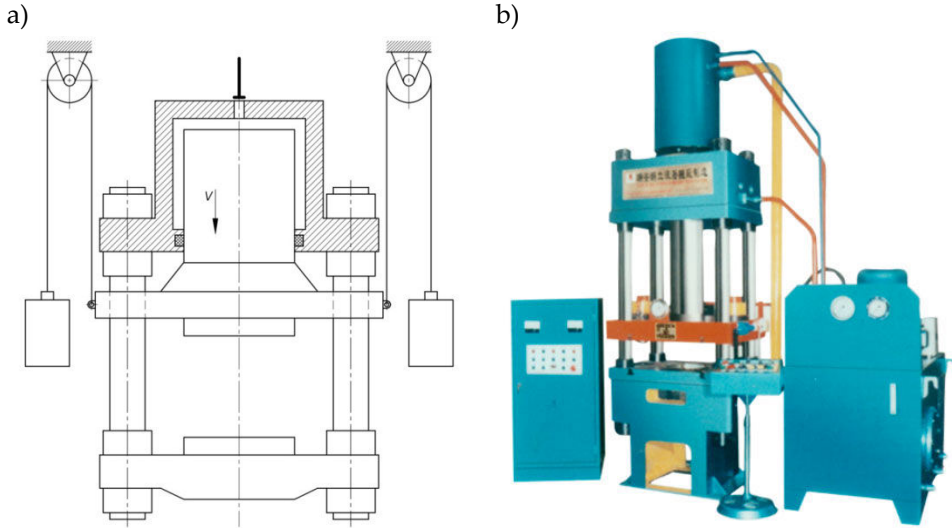
Rys. 8.3. Prasa z napędem hydraulicznym dolno cylindrowa: a) schemat i zasada działania, b) przykładowa konstrukcja prasy o nacisku 2500 kN [56]

W prasach dolno cylindrowych powrót nurnika głównego najczęściej następuje w wyniku działania masy nurnika, stołu i narzędzi. Zdarzają się jednak przypadki, że opory ruchu są tak duże, że ciężar własny nie wystarcza do realizacji ruchu powrotnego. W takich przypadkach stosuje się dodatkowe cylindry powrotne, najczęściej nurnikowe, które osadzone są w korpusie maszyny i połączone ze stołem prosu, wymuszając ruch powrotny nurnika roboczego (rys. 8.4).

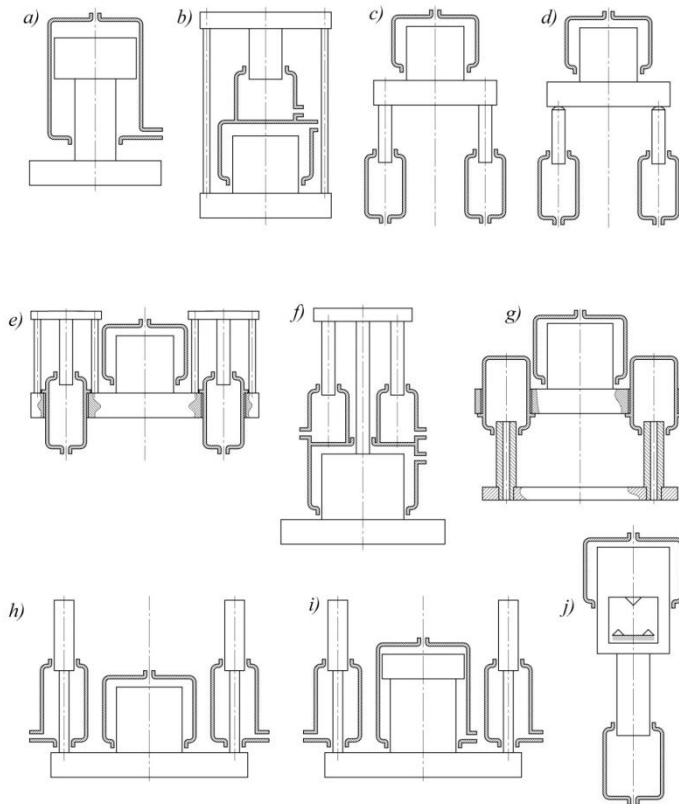


Rys. 8.4. Układy cylindrów powrotnych stosowanych w prasach hydraulicznych pionowych dolno cylindrowych: a) z górnymi nurnikami gładkimi, b) z dolnymi nurnikami różnicowymi [10]

Prasy hydrauliczne górno cylindrowe to takie maszyny, w których cylinder główny znajduje się w górnej części maszyny i napędza suwak prasy, natomiast stół pozostaje nieruchomy. W prasach hydraulicznych tego typu istnieje konieczność stosowania dodatkowych urządzeń umożliwiających ruch powrotny nurnika bądź tłoka wraz z suwakiem. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie przeciwcieżarów (rys. 8.5a) lub sprężyn, na których podwieszony jest suwak. Takie rozwiązanie zmniejsza jednak efektywną siłę nacisku prasy o wielkość ciężar obciążników lub siły naciągu sprężyn i było stosowane w prasach o niewielkich naciskach starszej konstrukcji. Obecnie najczęściej do realizacji ruchu powrotnego stosuje się układy cylindrów powrotnych (rys. 8.6).



Rys. 8.5. Prasa z napędem hydraulicznym górno cylindrowym: a) schemat i zasada działania, b) przykładowe rozwiązanie prasy hydraulicznej górno cylindrowej o nacisku 1200 kN [10, 56]



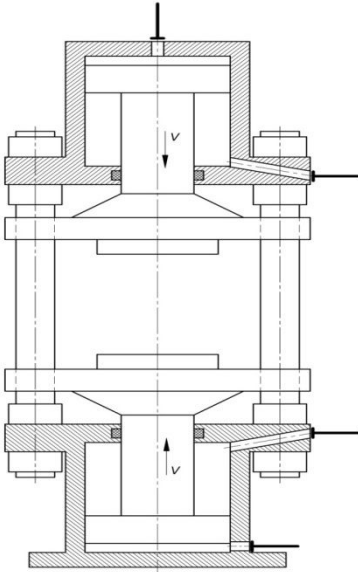
Rys. 8.6. Najczęściej stosowane układy cylindrów pras hydraulicznych pionowych górno cylindrowych : a) cylinder tłokowy, b) górny cylinder powrotny, nurnikowy, c), d) z dwoma cylindrami powrotnymi nurnikowymi podpierającymi suwak, e), f), g) z suwakiem zawieszonym na dwóch cylindrach powrotnych, h), i) z różnicowymi cylindrami nurnikowymi, j) z bezpośrednim nurnikiem powrotnym [9, 10]

Najprostszą konstrukcję z cylindrem powrotnym przedstawiono na rys. 8.6a, w której prasa wyposażona jest w specjalnie ukształtowany tłok. W takim rozwiązaniu cylindrem głównym jest część położona nad tłokiem, zaś cylindrem powrotnym część pierścieniowa położona pod tłokiem. Mimo swojej prostoty, tego typu konstrukcja nie jest zalecana ze względu na utrudnioną konserwację i kontrolę stanu uszczelnienia podczas przeglądów. Układ przedstawiony na rys. 8.6b pozwala na zastosowanie jednego górnego cylindra powrotnego położonego w osi cylindra głównego. Rozwiązanie takie wymaga jednak zastosowania dodatkowej górnej poprzeczki oraz dwóch cięgien łączących ją z suwakiem prasy. Rozwiązania przedstawione na rysunkach 8.6c oraz 8.6d z dwoma symetrycznie rozłożonymi dolnymi nurnikami powrotnymi charakteryzują się prostą konstrukcją. W układzie 8.6e zastosowano dwa górne nurniki powrotne umieszczone po bokach cylindra głównego. Nurniki połączone są z suwakiem prasy za pośrednictwem cięgien i poprzeczek górnych. Na rysunku 8.6f przedstawiono układ, w którym zastosowano dwa górne boczne nurniki powrotne połączone wzajemnie poprzeczką związaną środkowym cięgnem z nurnikiem głównym. W rozwiązaniu przedstawionym na rys. 8.6g zastosowano dwa nieruchome dolne nurniki powrotne boczne, które współpracują z cylindrami osadzonymi w suwaku prasy. Ciecz do cylindrów powrotnych doprowadzana jest przez kanały wydrążone w nurnikach. Układ 8.6h z dwoma nurnikami powrotnymi różnicowymi umieszczonymi po bokach cylindra głównego cechuje się prostą konstrukcją. Nurniki połączone są bezpośrednio z suwakiem prasy dzięki czemu eliminuje się dodatkowe elementy konstrukcyjne. Wadą takiego rozwiązania jest zwiększona ilość uszczelnień. Na rysunku 8.6i przedstawiono rozwiązanie, w którym do realizacji ruchu powrotnego zastosowano część środkową tłoka oraz dwa górne nurniki powrotne pracujące w układzie różnicowym. Taki układ jest używany w przypadku, gdy wymagana jest duża wartość siły powrotnej suwaka. W bardzo prosty sposób zrealizowano ruch powrotny w układzie 8.6j. Nurnik powrotny połączony jest bezpośrednio z nurnikiem głównym, rozwiązanie tego typu stosowane jest w konstrukcjach pras o niewielkim skoku roboczym np. w pionowych łamaczach hydraulicznych. Cylindry powrotne mogą pracować przy stałej wartości ciśnienia cieczy wtedy nacisk roboczy prasy jest zmniejszony o wartość nacisku cylindrów powrotnych, ciecz może być również doprowadzana pod wysokim ciśnieniem podczas ruchu powrotnego.

Prasy hydrauliczne przeciwbieżne, które posiadają dwa cylindry robocze, górny i dolny, przemieszczające się w przeciwnych kierunkach w czasie ruchu roboczego (rys. 8.7).

W zależności od ilości cylindrów głównych prasy hydrauliczne można podzielić na: jednocylindrowe, dwucylindrowe, trójcylindrowe oraz wielocylindrowe. Prasy hydrauliczne pionowe mogą mieć różną konstrukcję

korpusu. Ze względu na ukształtowanie korpusu prasy hydrauliczne można sklasyfikować na: kolumnowe (rys. 8.8a), stojakowe (rys. 8.8b), ramowe (rys. 8.9a), wysięgowe (rys. 8.9b). Natomiast w zależności od ilości kolumn prasy tego typu dzieli się na: dwukolumnowe, trójkolumnowe, czterokolumnowe oraz wielokolumnowe.



Rys. 8.7. Schemat prasy hydraulicznej przeciwbieżnej

a)

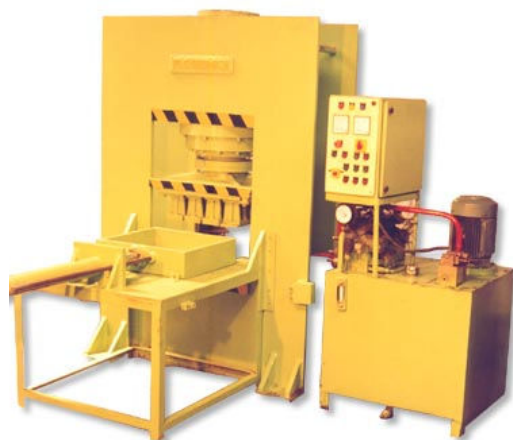


b)



Rys. 8.8 Prasy hydrauliczne z korpusami: a) kolumnowym o nacisku 40000 kN, b) stojakowa o nacisku 2500 kN [43, 61]

a)



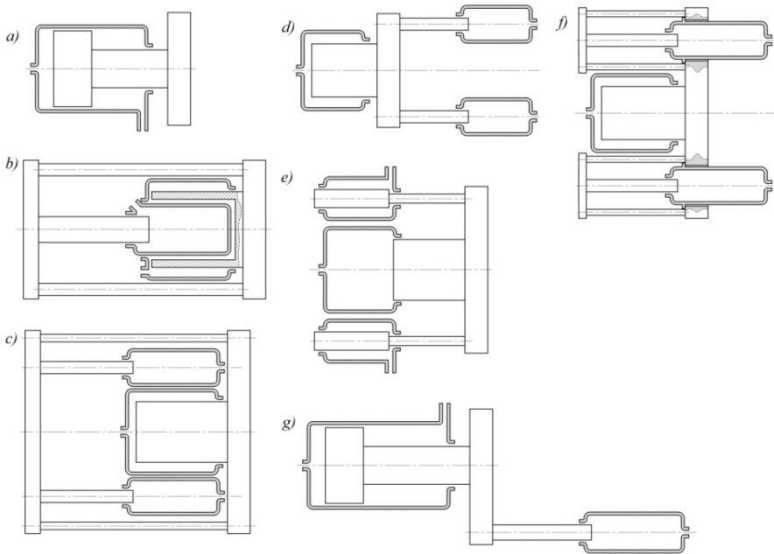
b)



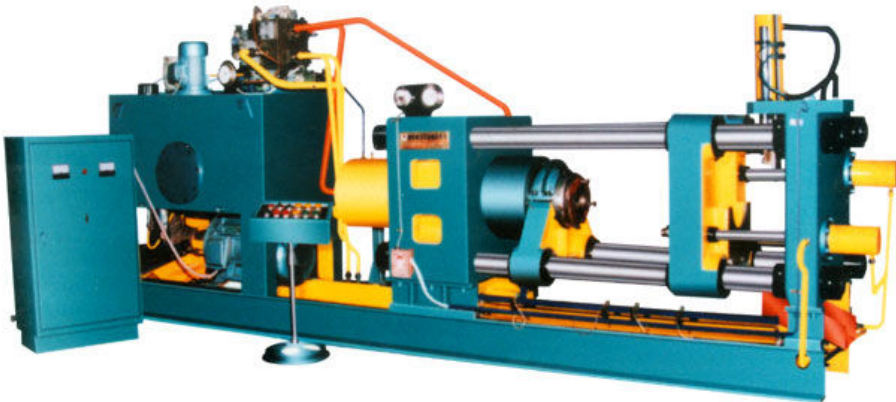
Rys. 8.9 Prasy hydrauliczne z korpusami: a) ramowym o nacisku 16000 kN, b) wysięgowym o nacisku 1000 kN [41, 67]

Prasy hydrauliczne w układzie poziomym można podzielić w zależności od wzajemnego położenia osi cylindrów głównych na: jednokierunkowe jednostronne, dwukierunkowe dwustronne (przeciwbieżne), wielokierunkowe. Każda z pras może posiadać różną ilość cylindrów głównych oraz różną budowę korpusu. Można wyróżnić tutaj prasy jednocyldrowe, dwucylindrowe oraz wielocyldrowe. Natomiast w zależności od konstrukcji korpusu rozróżnia się prasy: dwukolumnowe, trójkolumnowe, czterokolumnowe, ramowe oraz wysięgowe. Najczęściej spotykane układy cylindrów głównych i powrotnych pras hydraulicznych poziomych przedstawiono na rys. 8.10. Najprostsze rozwiązanie przedstawia schemat 8.10a, gdzie zastosowano tłok, w którym przestrzeń nad tłokiem pełni rolę cylindra głównego, natomiast przestrzeń pierścieniowa między tłokiem i tłocyskiem spełnia rolę cylindra powrotnego. Schemat 8.10b przedstawia rozwiązanie konstrukcyjne, w którym cylinder powrotny z nurnikiem głównym umieszczono wewnątrz cylindra głównego. Nurnik powrotny połączony jest z suwakiem za pomocą belki poprzecznej i cięgien. Takie rozwiązanie umożliwia zmniejszenie długości prasy. W układzie przedstawionym na schemacie 8.10c zastosowano dwa nurniki boczne połączone belką poprzeczną i cięgnami z suwakiem prasy. Natomiast na rys. 8.10d zastosowano dwa boczne nurniki bezpośrednio połączone z suwakiem prasy. Schemat 8.10e różni się od poprzedniego konstrukcją nurników powrotnych, gdzie zastosowano nurniki różnicowe. W rozwiązaniu przedstawionym na rys. 8.10f zastosowano dwa nurniki boczne połączone poprzeczkami i cięgnami z suwakiem prasy, których cylindry osadzono w suwaku głównym prasy. Aby

uzyskać duże siły w ruchu powrotnym prasy stosuje się rozwiązanie przedstawione na rys. 8.10g, gdzie oprócz tłoka zastosowano jeden cylinder powrotny z nurnikiem. Układ taki, zwłaszcza przy dużych obciążeniach powoduje wyginanie suwaka prasy i szybsze zużywanie prowadnic. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne prasy hydraulicznej poziomej czterokolumnowej pokazano na kolejnym rysunku 8.11.



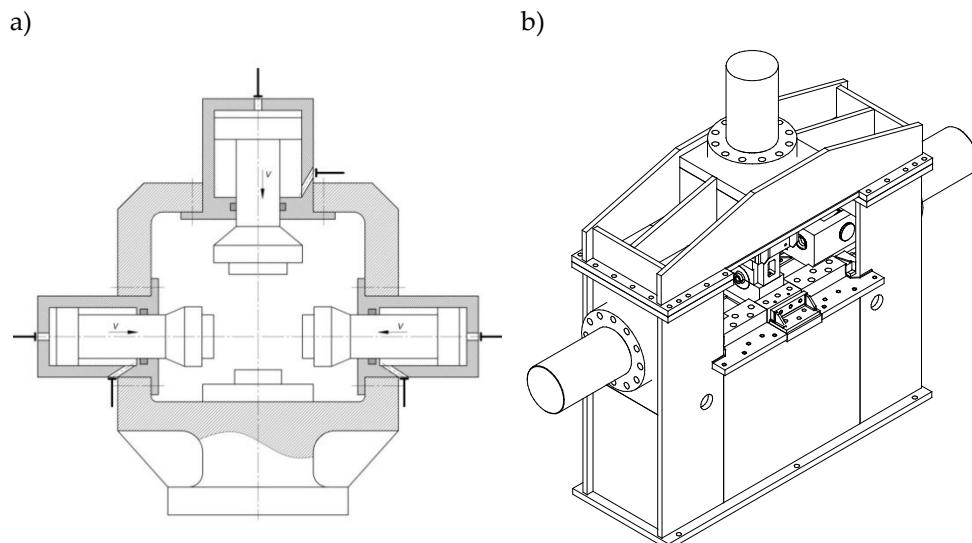
Rys. 8.10. Najczęściej spotykane układy cylindrów pras hydraulicznych poziomych [10]



Rys. 8.11. Konstrukcja prasy hydraulicznej poziomej z korpusem czterokolumnowym [78]

Prasy o złożonym ruchu suwaka można podzielić w zależności od wzajemnego położenia osi cylindrów głównych na prasy: z cylindrami

pionowymi i poziomymi (rys. 8.12) oraz z cylindrami pionowym, poziomym i skośnym. Również i w tej grupie każda z wymienionych pras może posiadać różną liczbę cylindrów głównych oraz różnorodną budowę korpusu.



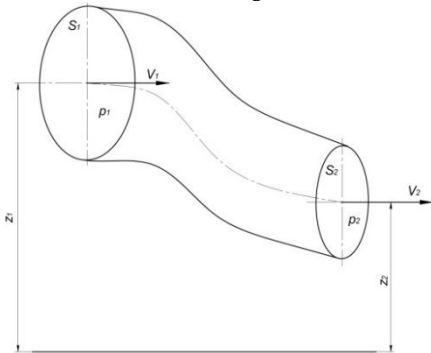
Rys. 8.12. Schemat prasy hydraulicznej z jednym suwakiem pionowym i dwoma poziomymi – a), konstrukcja prasy trójsuwakowej – b) [13]

Scharakteryzowane prasy hydrauliczne (pionowe, poziome i złożone) mogą posiadać różne cylindry pomocnicze takie jak: powrotne, pomocnicze do zalewu cylindrów głównych, napędu wyrzutników, napędu zrywaczy, przenośników i inne.

8.3. Napęd pras hydraulicznych

W prasach hydraulicznych w celu przesuwu numników i tłoków należy doprowadzić do ich cylindrów czynnik roboczy pod odpowiednim ciśnieniem. W zależności od rodzaju doprowadzanego czynnika, jego ciśnienia i prędkości napęd prasy hydraulicznej będzie miał różną budowę. Ogólnie przez napęd hydrauliczny rozumie się łańcuch energetyczny, który składa się z urządzeń do zamiany wejściowej energii mechanicznej silnika elektrycznego lub spalinowego i pompy hydraulicznej na wyjściową energię ciśnienia cieczy roboczej, która następnie zostaje przekształcona w cylindrach prasy hydraulicznej na pracę mechaniczną. Z uwagi na rodzaj stosowanego czynnika roboczego, którym jest płyn wykorzystuje się tutaj prawa hydromechaniki. Masa płynącej cieczy podlega zasadzie zachowania energii, którą w hydromechanice opisuje równanie Bernoulliego 8.2 (rys. 8.13):

$$\gamma \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + p_1 + \gamma \cdot z_1 = \gamma \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + p_2 + \gamma \cdot z_2 = \text{const} \quad (8.2)$$



Rys. 8.13. Przepływ płynu w przewodzie

Przekształcając zależność 8.2 otrzymuje się wyrażenia na poszczególne postaci energii przepływającej strugi cieczy.

- Energia kinetyczna cieczy:

$$E_k = \gamma \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot V. \quad (8.3)$$

- Energia ciśnienia:

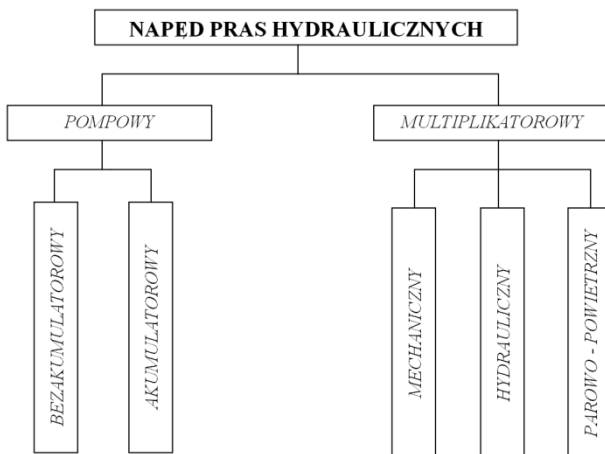
$$E_p = p \cdot V. \quad (8.4)$$

- Energia potencjalna położenia:

$$E_z = \gamma \cdot z \cdot V. \quad (8.5)$$

W napędach hydraulicznych praktycznie wykorzystywana jest energia ciśnienia, natomiast dwie pozostałe pomija się ze względu na ich stosunkowo niewielką wartość.

Zastosowany typ napędu prasy zależy od źródła zasilania cieczą roboczą w czasie ruchu roboczego i ma zasadniczy wpływ na konstrukcję układu hydraulicznego i działanie prasy. Najczęściej spotykane rodzaje napędów pras hydraulicznych przedstawiono na rysunku 8.14.

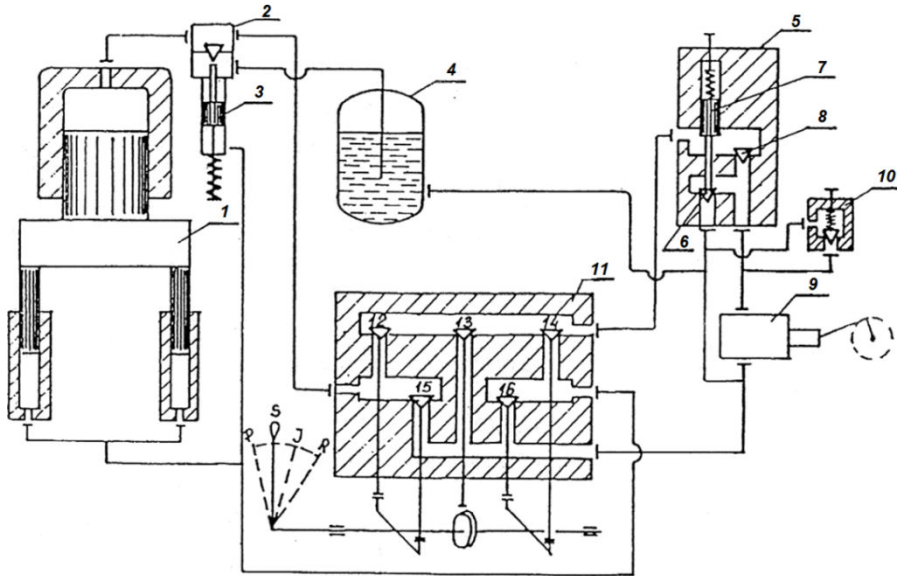


Rys. 8.14. Klasyfikacja najczęściej spotykanych napędów pras hydraulicznych [9]

8.3.1. Napęd pompowy bezakumulatorowy

W napędzie pompowym bezakumulatorowym zasilanie cylindrów prasy cieczą roboczą odbywa się bezpośrednio z pompy hydraulicznej. Cechą charakterystyczną takiego rozwiązania jest fakt, że ciśnienie cieczy potrzebne do wykonania pracy przez prasę wytwarzane jest w pompie dopiero w czasie pracy, dostosowując się w każdym przypadku do wielkości oporów na jakie napotyka suwak prasy. Przy takim napędzie przyjmuje się że w dowolnej chwili ruchu roboczego prasy, moc silnika napędowego jest równa mocy pompy hydraulicznej, która w przybliżeniu będzie równa mocy cylindra roboczego.

Przykładowy schemat układu napędowego pompowego bezakumulatorowego przedstawiono na rysunku 8.15. Jest to układ w którym zastosowano jedną pompę o stałej wydajności.

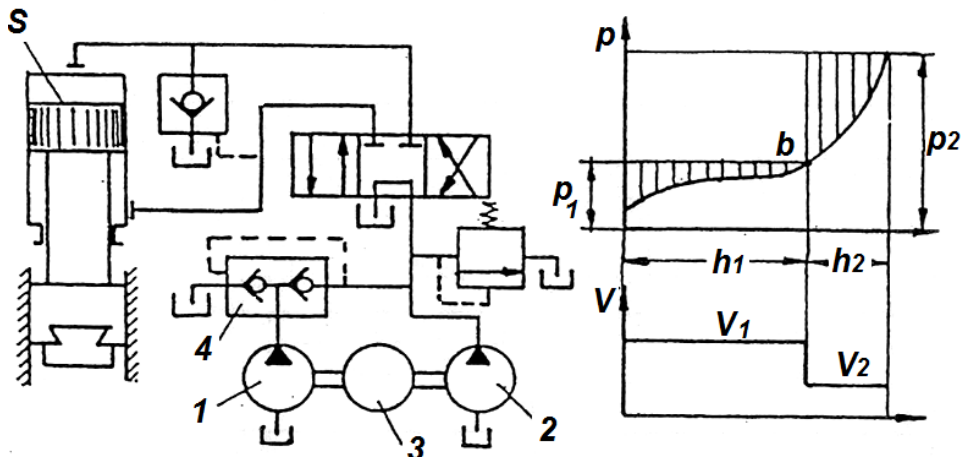


Rys. 8.15. Schemat napędu prasy pompowo bezakumulatorowego: 1 – suwak prasy, 2 – zawór zalewowy, 3 – tłoczek, 4 – zbiornik zalewowy, 5 – zawór automatycznego rozładowania, 6 – zawór, 7 – tłoczek, 8 – zawór zwrotny, 9 – pompa, 10 – zawór bezpieczeństwa, 11 – rozdzielacz, 12 ÷ 16 – zawory rozdzielające [9]

Zasilanie prasy w czasie ruchu jałowego odbywa się przez zawór zalewowy cieczą niskiego ciśnienia, płynącą ze zbiornika zalewowego (zasilającego). W czasie ruchu roboczego prasa jest zasilana przez pompę cieczą wysokiego ciśnienia, a zawór zalewowy odcina zbiornik zasilający od przewodu wysokiego ciśnienia cylindra roboczego. Przy uniesieniu zaworu zalewowego przez jego cylinder sterujący, następuje powrót cieczy z cylindra roboczego do zbiornika zasilającego z pominięciem rozdzielacza w czasie ruchu powrotnego nurnika. Pompa nurnikowa korbowa zasila prasę cieczą wysokiego ciśnienia w czasie

ruchu roboczego i powrotnego. Zawór automatycznego rozładowania po osiągnięciu ustalonego ciśnienia przełącza pompę na bieg jałowy. Rozdzielacz 11 służy do sterowania przepływem cieczy, co jest równoznaczne ze sterowaniem prasą. Położenie – S (stop) zawór 13 otwarty, pozostałe zawory zamknięte. Ciecz krąży w układzie zamkniętym z pompy przez zawór automatycznego rozładowania, rozdzielacz z powrotem do pompy. Położenie – D (dobieg) zawór 16 otwarty, pozostałe zamknięte. Ciecz ze zbiornika zasilającego wpływa przez uniesiony zawór zalewowy do cylindra głównego. Nurnik z suwakiem pod wpływem ciężaru części ruchomych prasy opada w dół, natomiast ciecz z cylindrów powrotnych przez zawór 16 powraca do zbiornika zasilającego. Położenie – R (ruch roboczy) zawory 12 i 16 otwarte, pozostałe zamknięte. Ciecz z pompy płynie do cylindra roboczego powodując wykonanie pracy przez suwak prasy. Położenie – P (ruch powrotny) otwarte zawory 14 i 15, pozostałe zamknięte. Następuje spadek ciśnienia w cylindrze roboczym, tłoczek cylindra 3 unosi zawór zalewowy powodując przepływ cieczy do zbiornika zasilającego. Natomiast ciecz pod wysokim ciśnieniem z pompy płynie do cylindrów powrotnych powodując ruch powrotny.

Wadą tego typu układów zasilania jest stosunkowo niewielka prędkość ruchu suwaka prasy oraz znaczna moc silników napędzających pompę. Znacznie lepsze efekty zasilania w układzie pompowo bezakumulatorowym można uzyskać stosując pompy o zmiennej wydajności bądź zasilanie z wykorzystaniem kilku pomp (rys. 8.16). W skład układu wchodzi dwie pompy, z których jedna 1 jest przewidziana do zasilania cylindra cieczą o niskim ciśnieniu, natomiast druga 2 zasila cylinder prasy cieczą wysokiego ciśnienia. Przy czym obie pompy są zasilane przez wspólny silnik 3.

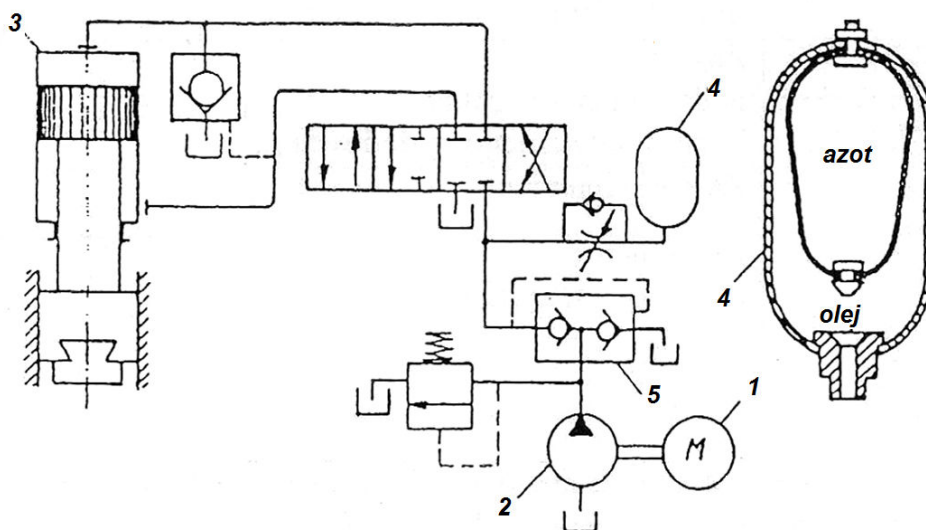


Rys. 8.16. Schemat zasilania prasy w układzie pompowo bezakumulatorowym z dwiema pompami o różnych wydajnościach: 1 – pompa niskiego ciśnienia, 2 – pompa wysokiego ciśnienia, 3 – silnik elektryczny, 4 – zawór automatycznego rozładowania [9]

Na początku ruchu roboczego obie pompy podają ciecz do cylindra głównego prasy. Po osiągnięciu ustalonego ciśnienia pompa 1 zostaje rozładowana za pomocą zaworu automatycznego rozładowania 4 i przełączona na bieg jałowy. Natomiast druga pompa 2 kontynuuje pracę kończąc ruch roboczy prasy. Dzięki takiemu rozwiązaniu znacznie zwiększono prędkości przy ruchach jałowych i roboczych prasy oraz zmniejszono moce silników napędowych w stosunku do napędów o stałej wydajności.

8.3.2. Zasilanie układami pompowo akumulatorowymi

W napędach pompowo akumulatorowych (rys. 8.17), silnik elektryczny 1 napędza pompę 2, dodatkowo między pompą a cylindrem roboczym 3 umieszczono zasobnik energii ciśnienia – akumulator hydrauliczny 4. Ciecz wysokiego ciśnienia jest gromadzona w akumulatorze w czasie przerwy w pracy oraz w chwili, gdy zapotrzebowanie cylindrów prasy jest mniejsze od wydajności pompy. Najczęściej zasilanie prasy odbywa się jednocześnie z pompy i akumulatora, przy czym pobór cieczy z akumulatora znacznie przewyższa wydajność pompy.



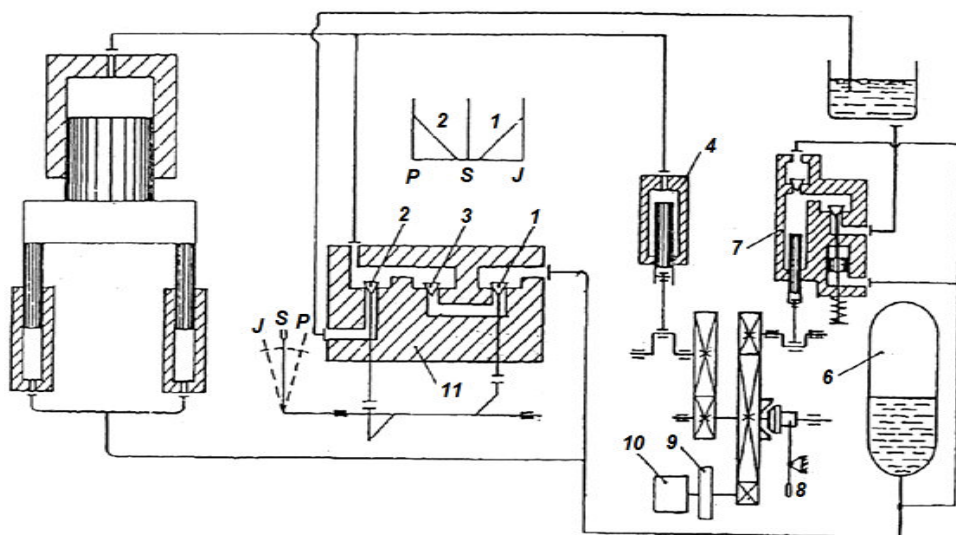
Rys. 8.17. Schemat napędu prasy hydraulicznej pompowo akumulatorowej: 1 – silnik napędowy, 2 – pompa, 3 – cylinder hydrauliczny, 4 – akumulator, 5 – zawór automatycznego rozładowania [9]

Między pompą 2 i akumulatorem 4 umieszczony jest zawór automatycznego rozładowania 5, który po napełnieniu akumulatora i uzyskaniu w nimżądanego ciśnienia, przełącza pompę na bieg jałowy. Po obniżeniu się poziomu cieczy w akumulatorze, a więc i spadku ciśnienia, pompa ponownie podaje ciecz do akumulatora. W czasie pracy silnik i pompa są obciążone w przybliżeniu stałą

mocą. Moc cylindra hydraulicznego prasy w czasie ruchu roboczego jest znacznie większa od mocy silnika i pompy, wtedy akumulator pokrywa szczytowe pobory mocy. Indywidualny napęd pompowo akumulatorowy stosowany do napędu jednej prasy umiejscawia się możliwie blisko lub bezpośrednio na maszynie. Do napędu grupy pras stosuje się stacje pomp i akumulatorów, która najczęściej zlokalizowana jest w oddzielnym pomieszczeniu.

8.3.3. Prasy hydrauliczne z napędem multiplikatorowym

W prasach hydraulicznych z napędem multiplikatorowym źródłem wysokiego ciśnienia jest specjalne urządzenie – multiplikator, który zwiększa ciśnienie cieczy w stosunku do wielkości ciśnienia cieczy podawanej pompą, najczęściej z udziałem akumulatora hydraulicznego. Na rys. 8.18 przedstawiono schemat prasy hydraulicznej z napędem multiplikatorowym (mechanicznym korbowym).



Rys. 8.18. Napęd prasy hydraulicznej za pomocą multiplikatora korbowego: 1 ÷ 3 – zawory, 4 – multiplikator mechaniczny, 6 – akumulator, 7 – pompa, 8 – sprzęgło, 9 – sprzęgło, 10 – silnik, 11 – rozdzielacz [9]

Podczas ruchu jałowego suwaka (dobiegu), cylinder roboczy jest połączony z akumulatorem – położenie J, otwarty zawór 1. Ciecz z akumulatora wpływa do cylindra głównego powodując ruch jałowy suwaka. Przy ruchu powrotnym suwaka – rozdzielacz ustawiony jest w położeniu P, otwarty zawór 2, następuje odpływ cieczy z cylindra głównego do zbiornika zasilającego w wyniku działania nurników powrotnych poruszających się w cylindrach, które są stale

połączone z akumulatorem. Podczas ruchu roboczego – położenie S następuje włączenie sprzęgła 8 i przekazanie napędu na wał korbowy multiplikatora. Multiplikator 4 zasila cylinder główny cieczą o wysokim ciśnieniu. Zawór zwrotny 3 umożliwia przepływ cieczy wysokiego ciśnienia z cylindra głównego do akumulatora 6. Pompa 7 zasila akumulator, przełączenie pompy na bieg jałowy realizowane jest za pomocą włącznika ciśnieniowego zainstalowanego przy pompie, który pełni funkcję zaworu automatycznego rozładowania.

8.4. Główne zespoły i elementy pras hydraulicznych

8.4.1. Korpusy

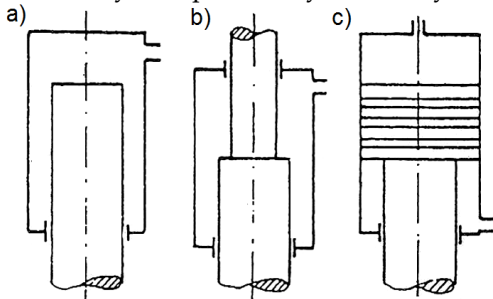
Prasy hydrauliczne w zależności od przeznaczenia i wielkości nacisków mogą mieć różną budowę korpusu. Korpus prasy hydraulicznej kolumnowej stanowi podstawa z głowicą związana razem z kolumnami. Liczba, rozmieszczenie oraz wymiary kolumn również zależą od nacisków prasy i jej przeznaczenia. Kolumny stanowią ciężne kute, najczęściej o przekroju okrągłym pełnym lub drażonym. Łączą one podstawę z głowicą w jedną zamkniętą całość tworząc właściwy korpus prasy. Kolumny przenoszą siły rozciągające, a dodatkowo przy mimośrodowych naciskach przenoszą również momenty zginające. Podstawa w prasach górno cylindrowych stanowi dolną część oporową, na której bezpośrednio umieszcza się przedmiot prasowany, lub do której mocuje się dolną część narzędzia. Natomiast w prasach dolno cylindrowych w podstawie umieszcza się cylinder roboczy lub cylindry powrotne. Głowica w prasach dolno cylindrowych stanowi górną część oporową, o którą bezpośrednio opiera się przedmiot prasowany, lub do której przymocowuje się górną część narzędzia. Głowica prasy spoczywa na kolumnach lub ich nakrętkach. W prasach górno cylindrowych głowica mieści w sobie cylinder główny oraz cylindry powrotne. Części te mogą stanowić jedna całość, bądź cylinder może być oddzielną częścią montowaną do głowicy. Podstawy i głowice pras hydraulicznych wykonuje się najczęściej jako odlewy stalowe, bądź jako konstrukcje spawane z blach i kształtowników stalowych.

Korpusy typu ramowego i wysięgowego wykonuje się jako odlewy stalowe lub też jako spawane z blach i kształtowników stalowych. Korpusy ramowe odznaczają się sztywną i zwartą konstrukcją oraz dużą wytrzymałością. Jednak ze względu na utrudniony dostęp do prasowanych elementów jedynie z dwóch stron, nie wszędzie można je zastosować. Korpusy wysięgowe odznaczają się łatwym dostępem do kształtowanych elementów z trzech stron. Dlatego też bardzo chętnie są stosowane w prasach kuźniczych. Z uwagi na otwartą budowę posiadają mniejszą wytrzymałość i sztywność, dlatego też są stosowane w prasach do nacisków nie przekraczających 5000 kN, a w specjalnym ukształtowaniu do 12000 kN.

8.4.2. Cylindry

W zależności od przeznaczenia w prasach hydraulicznych rozróżnia się cylindry główne oraz cylindry pomocnicze. Cylindry główne służą do napędu suwaków w czasie ich ruchu roboczego, natomiast cylindry pomocnicze służą do realizacji innych ruchów takich jak: ruch powrotny suwaka (cylindry powrotne), napędu wypychaczy, zrywaczy, podajników i innych.

Na rys. 8.19 przedstawiono schematycznie podstawowe rodzaje cylindrów stosowanych w prasach hydraulicznych.



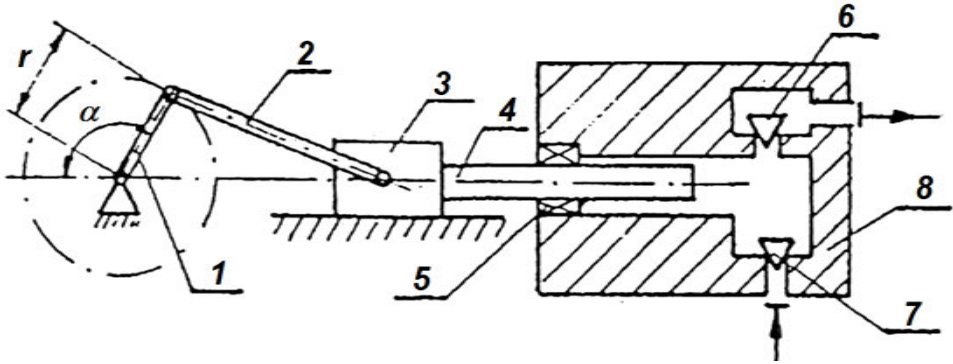
Rys. 8.19. Typowe rodzaje cylindrów stosowanych w prasach hydraulicznych: a) nurnikowe, b) nurnikowo – różnicowe, c) tłokowe [9]

Cylindry typu nurnikowego (rys. 8.19a) oraz nurnikowo – różnicowego (rys. 8.19b) są cylindrami jednostronnego działania. Cylindry robocze typu nurnikowo – różnicowe są często stosowane w prasach do wyciskania rur, gdzie przez nurnik przechodzi igła do przebijania wsadu. Cylindry typu tłokowego (rys. 8.19c) są cylindrami dwustronnego działania.

8.4.3. Pompy

Pompy hydrauliczne służą do wytwarzania wysokiego ciśnienia cieczy i dostarczania jej do cylindrów roboczych lub innych elementów układu zasilania.

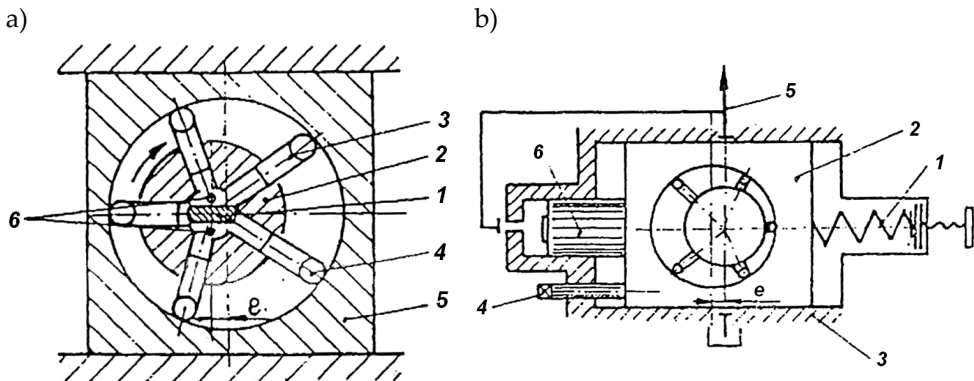
W prasach hydraulicznych stosowane są pompy wyporowe, które w zależności od cieczy roboczej można podzielić na wodne i olejowe. Pompy wodne budowane są najczęściej jako nurnikowe napędzane układami korbowymi w układzie poziomym lub pionowym (rys 8.20). Obrót wału korbowego 1 napędzanego przez silnik zamieniany jest przez korbowód 2 na ruch posuwisto zwrotny wodzika 3 i połączonego z nim nurnika 4, który przesuając się w komorze cylindra 8 powoduje wytworzenie ciśnienia cieczy. Ciecz do cylindra pompy dopływa zaworem ssawnym 7 przy ruchu nurnika w lewo, a następnie przy ruchu w prawo następuje wzrost ciśnienia cieczy aż do chwili otwarcia zaworu tłocznego 6 i przepływ cieczy o wysokim ciśnieniu. Nurnik uszczelniony jest w cylindrze za pomocą dławnicy 5. Do napędu pras są najczęściej stosowane pompy trójnurnikowe, które zapewniają bardziej równomierny przepływ cieczy w stosunku do pomp jednonurnikowych.



Rys. 8.20. Schemat pompy nurnikowej z napędem korbowym: 1 – wał korbowy, 2 – korbowód, 3 – wodzik, 4 – nurnik, 5 – uszczelnienie, 6 – zawór tłoczny, 7 – zawór ssawny, 8 – cylinder [9]

Obecnie prasy powszechnie są napędzane pompami rotacyjno – tłoczkowymi, w których cieczą roboczą jest olej. Dzielią się one na pompy z promieniowym oraz osiowym ułożeniem tłoczków. Schemat pompy rotacyjnej tłoczkowej promieniowej pokazano na rys. 24a. Wokół nieruchomego wału rozdzielczego 1 obraca się wirnik 2, w którym umieszczone są tłoczki 3 wykonujące ruchy posuwisto – zwrotne. Tłoczki opierają się na rolkach 4, które toczą się po bieźni bloku 5. W wale znajduje się otwór 6 przez który odbywa się ssanie i tłoczenie cieczy. Przesuwając blok 5 można zmieniać wydajność pompy. Pompy tego typu mogą wytwarzać ciśnienia do 20 MPa, a ich wydajność nie przekracza 1000 dm³/min.

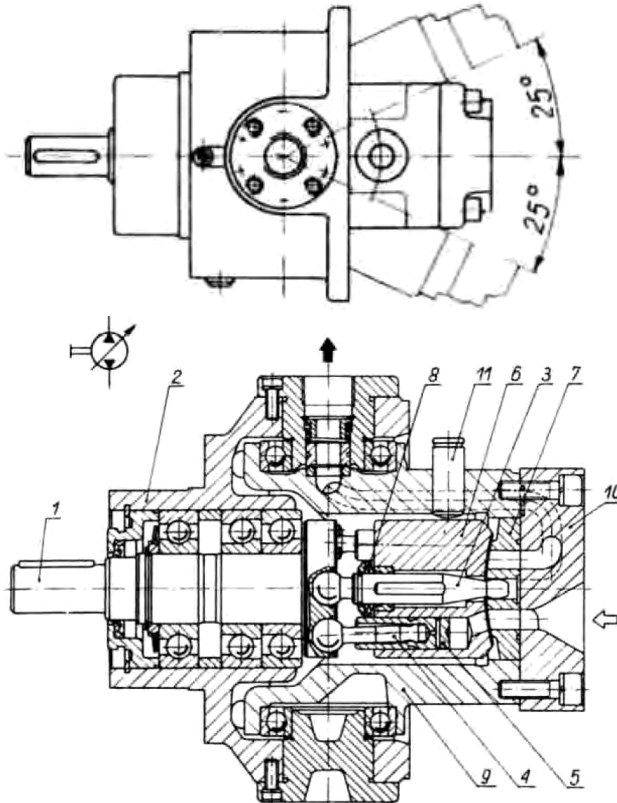
W napędach pras hydraulicznych znalazły zastosowanie tego typu pompy z samoczynną regulacją wydajności w zależności od ciśnienia (rys. 24b).



Rys. 8.21. Schemat pompy rotacyjnej tłoczkowej promieniowej z samoczynną regulacją wydajności: a) zasada działania pompy: 1 – wał rozdzielczy, 2 – wirnik, 3 – tłoczki, 4 – rolki, 5 – bieźnia, 6 – otwory ssawne i tłoczne; b) układ samoczynnej regulacji wydajności: 1 – sprężyna, 2 – przesuwany blok, 3 – prowadnica, 4 – śruba regulacyjna, 5 – przewód tłoczny, 6 – tłoczek [9]

Pod działaniem sprężyny 1 (rys. 8.21b) przesuwa się blok pompy 2 w prowadnicach 3 do nastawnego oporu 4, za pomocą którego ustala się maksymalną wydajność Q_{max} pompy. Wydajność Q_{max} pozostaje stała aż do osiągnięcia ciśnienia p , które odpowiada wstępnemu napięciu sprężyny. Ze wzrostem ciśnienia w przewodzie tłocznym 5 pompy, tłoczek 6 przesuwa blok pompy 2 w prawo, co powoduje zmniejszenie wydajności pompy przy jednoczesnym wzroście ciśnienia.

Na kolejnym rysunku 8.22 przedstawiono schemat pompy rotacyjnej tłoczkowej osiowej, stosowanej do napędu pras hydraulicznych. W przedstawionym rozwiązaniu skok tłoczków 5 zależy od kąta wychylenia wirnika 4. Zatem wydajność pompy jest też zależna od tego kąta, ponadto wychylając wirnik w przeciwną stronę do pokazanej na rysunku uzyskuje się zmianę kierunku tłoczenia. Pompy tłoczkowe osiowe mogą wytworzyć ciśnienie do 35 MPa.

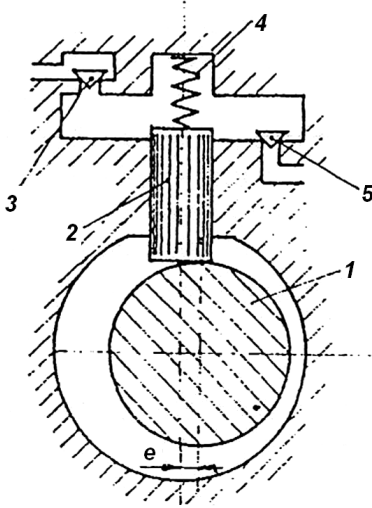


Rys. 8.22. Pompa tłoczkowa osiowa z wychylanym wirnikiem:

- 1 - wałek napędowy,
- 2 - przystawka,
- 3 - trzpień wirnika,
- 4 - korbowód,
- 5 - tłoczek,
- 6 - wirnik,
- 7 - tarcza rozrządcza,
- 8 - sprężyna centralna,
- 9 - kadłub,
- 10 - pokrywa,
- 11 - sworzeń mechanizmu wychylania wirnika [2]

Do wytwarzania wysokich ciśnień cieczy, rzędu $40 \div 50$ MPa stosuje się pompy tłoczkowe zaworowe. Pompy tego typu budowane są z promieniowym lub rzędownym ułożeniem tłoczków. Charakteryzują się dużą szczelnością

rozrządu zaworowego oraz stałą wydajnością. Na rys. 8.23 przedstawiono schemat jednej sekcji mimośrodowej pompy z szeregowym ułożeniem tłoczków. Mimośród 1 unosi tłoczek 2, wtedy następuje tłoczenie oleju przez zawór tłoczny 3. Tłoczek opuszcza się pod działaniem sprężyny 4 powodując zasanie oleju przez zawór ssawny 5.



Rys. 8.23. Sekcja mimośrodowej pompy tłoczkowej:
 1 – mimośród,
 2 – tłoczek,
 3 – zawór tłoczny,
 4 – zawór ssawny,
 5 – sprężyna [9]

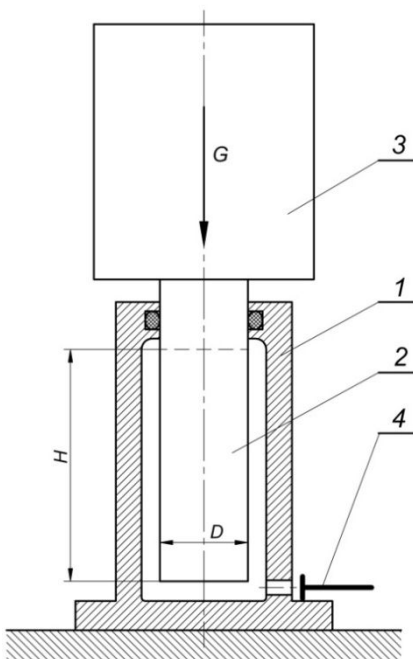
8.4.4. Akumulatory hydrauliczne

Akumulator hydrauliczny jest to urządzenie pozwalające na gromadzenie i przechowywanie cieczy pod wysokim ciśnieniem oraz na przekazywanie jej do prasy hydraulicznej, w razie potrzeby. W przypadku postoi prasy hydraulicznej, względnie mniejszego chwilowego zapotrzebowania na ciecz w stosunku do ilości podawanej przez pompę, nadmiar cieczy pod wysokim ciśnieniem jest gromadzony, a następnie przechowywany w akumulatorze hydraulicznym. Gdy zapotrzebowanie na ciecz wysokiego ciśnienia wzrośnie ponad wydajność pompy, chwilowy niedobór cieczy zostaje przekazany prasie z akumulatora hydraulicznego. Akumulatory stosowane w napędach pras hydraulicznych dzielą się na dwie grupy:

- akumulatory ciężarowe,
- akumulatory gazowe.

Akumulator ciężarowy (rys. 8.24) składa się z pionowego cylindra ustawionego na fundamencie, w którym przesuwają się nurniki obciążone ciężarem w postaci płyt żeliwnych lub betonowych. Zasadniczą cechą tego typu akumulatorów jest stałe ciśnienie cieczy w cylindrze akumulatora. Ciśnienie to zależy jedynie od wielkości przekroju nurnika, masy obciążników oraz oporów tarcia części ruchomych. Natomiast na wartość ciśnienia nie wpływa stopień

napełnienia akumulatora. Zasada działania tego typu akumulatorów jest bardzo prosta. Z chwila mniejszego zapotrzebowania na ciecz przez prasę w stosunku do wydajności pompy, nadmiar cieczy wysokiego ciśnienia zostaje wtłoczony do akumulatora, w skutek czego podnosi się jego nurnik wraz z ciężarem do góry i następuje napełnienie cylindra akumulatora cieczą wysokiego ciśnienia. Do uzyskania wysokiego ciśnienia wymagany jest duży ciężar akumulatora lub mała średnica jego nurnika. Natomiast dla zapewnienia dostatecznej pojemności czynnej akumulatora wymagany jest znaczny skok nurnika. Właściwą pracę akumulatora ciężarowego zapewniają urządzenia sterujące, które powodują otwarcie, bądź zamknięcie odpowiednich zaworów w zależności od położenia obciążnika. Przed przepełnieniem akumulatora i wysunięciem się nurnika z cylindra zabezpiecza zawór przelewowy, który po napełnieniu akumulatora cieczą wysokiego ciśnienia przełącza pompę na bieg jałowy. Natomiast przed gwałtownym opadaniem obciążnika i jego uderzeniu o fundament zabezpiecza zawór dławiący, który umożliwia łagodne i powolne osiadanie obciążnika na podporach. Wadami akumulatorów ciężarowych są między innymi duża wysokość, konieczność stosowania sztywnej konstrukcji prowadzenia obciążnika, masywne fundamenty oraz występowanie uderzeń hydraulicznych.

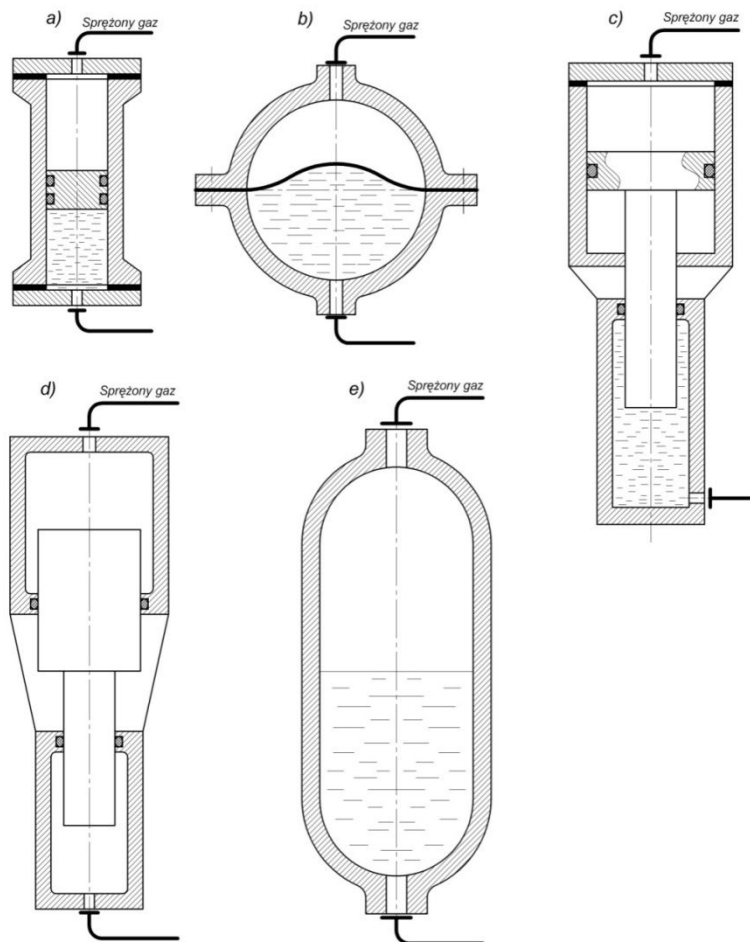


Rys. 8.24. Schemat akumulatora ciężarowego:

- 1 – cylinder,
- 2 – nurnik,
- 3 – obciążenie,
- 4 – przewód doprowadzający

Akumulatory hydrauliczne gazowe różnią się od ciężarowych tym, że ciecz jest obciążona ciśnieniem gazu. Podział akumulatorów hydraulicznych gazowych przedstawiono na kolejnym rysunku 8.25. W przypadku

przedzielenia cieczy od gazu tłokiem lub membraną (rys. 8.25a – 8.25d), jako czynnik roboczy stosuje się powietrze, natomiast przy bezpośrednim kontakcie cieczy z gazem (rys. 8.25e), stosuje się gaz obojętny najczęściej azot.



Rys. 8.25. Schemat rozwiązań konstrukcyjnych akumulatorów gazowych: a), c), d) akumulatory tłokowe, b) akumulator membranowy, e) akumulator z bezpośrednim kontaktem cieczy z gazem [9, 10]

Akumulatory gazowe tłokowe mają stosunkowo złożoną konstrukcję oraz duże gabaryty. Zaletą ich jest możliwość wytwarzania dużych ciśnień cieczy przy stosunkowo niewielkich ciśnieniach gazu. Akumulatory gazowe beztłokowe składają się ze zbiornika, w którym gaz działa bezpośrednio na ciecz. Zaletą tego typu akumulatorów jest prosta konstrukcja i niezawodna praca, natomiast wadą jest konieczność stosowania gazów obojętnych

8.4.5. Multiplikatory ciśnień

Multiplikator ciśnienia jest urządzeniem do wielokrotnego zwiększania ciśnienia cieczy doprowadzonej do prasy hydraulicznej za pomocą innej cieczy, pary, sprężonego powietrza lub ruchu nurnika w specjalnym cylindrze. Ze względu na sposób napędu multiplikatory dzieli się na:

- mechaniczne,
- hydrauliczne,
- parowe,
- powietrzne.

Obecnie multiplikatorów powietrznych i parowych nie stosuje się ze względu na ich niską sprawność. Natomiast powszechne zastosowanie znalazły multiplikatory mechaniczne oraz hydrauliczne.

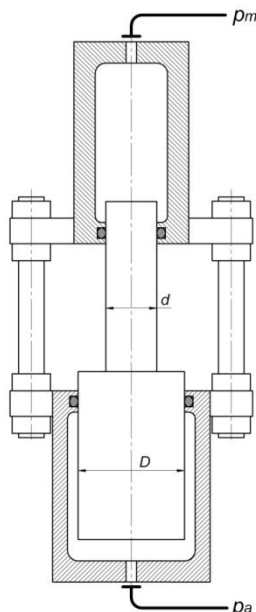
Multiplikator mechaniczny można traktować jako jednocylindrową pompę nurnikową bez zaworów, którą napędza wał korbowy, mechanizm zębatkowy lub śrubowy. Objętość tłoczony cieczy w jednym ruchu nurnika równa się objętości cieczy wysokiego ciśnienia niezbędnej do wykonania jednego ruchu roboczego prasy. Multiplikatory mechaniczne są stosowane do wytwarzania ciśnień cieczy rzędu 40 – 50 MPa w prasach, od których wymaga się dużej ilości skoków w jednostce czasu.

Multiplikatory hydrauliczne zapewniają podawanie cieczy do prasy o wyższym ciśnieniu w porównaniu do multiplikatorów mechanicznych (50 – 60 MPa). Na rys. 8.26 przedstawiono schemat multiplikatora hydraulicznego, który składa się z dwóch wzajemnie połączonych cylindrów, w których przesuwają się dwa połączone ze sobą nurniki o różnych średnicach D i d . Do cylindra z nurnikiem o większej średnicy D doprowadza się ciecz z akumulatora pod ciśnieniem p_a , wobec czego nurnik o mniejszej średnicy d wytworzy w cylindrze ciśnienie cieczy p_m , które można wyznaczyć z zależności:

$$p_a \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = p_m \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (8.6)$$

$$p_m = p_a \cdot \frac{D^2}{d^2}, \quad (8.7)$$

Doprowadzenie cieczy o wyższym ciśnieniu do cylindra głównego prasy, zwłaszcza w końcowej fazie ruchu roboczego, pozwala na znaczne zwiększenie nacisku prasy, co jest bardzo korzystne w wielu procesach technologicznych obróbki plastycznej.



Rys. 8.26. Schemat multiplikatora hydraulicznego

8.4.6. Urządzenia zalewowe

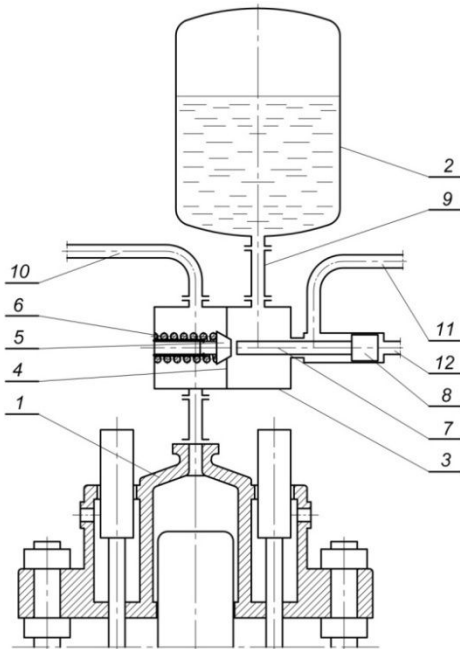
Urządzenia zalewowe służą do zasilania cieczą niskiego ciśnienia cylindrów głównych prasy w czasie ruchu jałowego (dobiegu). Dzięki zastosowaniu urządzeń zalewowych oszczędza się ciecz wysokiego ciśnienia, co umożliwia stosowanie układów zasilania o mniejszej wydajności i mniejszej mocy.

W zależności od rozwiązania konstrukcyjnego można wyróżnić dwa rodzaje zbiorników zalewowych:

- urządzenie zalewowe ze zbiornikiem hydrostatycznym, w którym odkryty zbiornik z cieczą położony jest nad cylindrem głównym prasy, a ciecz przepływa do cylindra roboczego w wyniku działania sił ciężkości,
- urządzenie zalewowe ze zbiornikiem hydroforowym, w którym ciecz znajduje się w zamkniętym zbiorniku i przepływa do cylindra głównego w wyniku ciśnienia wywieranego przez gaz. Ciśnienie w zbiorniku urządzenia zalewowego najczęściej nie przekracza 0,4 – 0,8 MPa.

Na rysunku 8.27 przedstawiono schemat urządzenia zalewowego ze zbiornikiem hydroforowym. Nad cylindrem głównym 1 prasy umieszczono korpus 3 z wbudowanym zaworem zalewowym 5. Korpus jest przedzielony ścianką 4, w której umieszczono gniazdo zaworu zalewowego. Dalsza część korpusu łączy się za pomocą przewodu 9 ze zbiornikiem zalewowym 2, natomiast część korpusu na lewo od ścianki łączy się z przewodem wysokiego ciśnienia 10, biegnącym od pompy bądź akumulatora hydraulicznego poprzez rozdzielacz. Zawór zalewowy sterowany jest z popychaczem 7, zakończonym

tłoczkiem 8, na którego mniejszą powierzchnię pierścieniową działa wysokie ciśnienie doprowadzone przewodem 11, natomiast na większą powierzchnię tłoczka działa wysokie ciśnienie cieczy doprowadzone przewodem 12 od rozdzielacza hydraulicznego. Ciecz wysokiego ciśnienia doprowadzona przewodem 11 cofa popychacz, gdy połączony zostanie przewód 12 z rurociągiem powrotnym i następuje zamknięcie zaworu zalewowego pod wpływem działania sprężyny 6. Jednocześnie cylinder główny zostaje zasilony cieczą wysokiego ciśnienia i nurnik cylindra głównego wykonuje ruch roboczy.



Rys. 8.27. Schemat urządzenia zalewowego hydroforowego pionowej prasy hydraulicznej:
1 – cylinder główny prasy,
2 – zbiornik hydroforowy,
3 – korpus,
4 – przegroda,
5 – zawór zalewowy,
6 – sprężyna,
7 – popychacz,
8 – tłoczek,
9 – przewód doprowadzający,
10 – przewód wysokiego ciśnienia,
11 – przewód sterujący,
12 – przewód łączący [9]

8.4.7. Sterowanie pras hydraulicznych

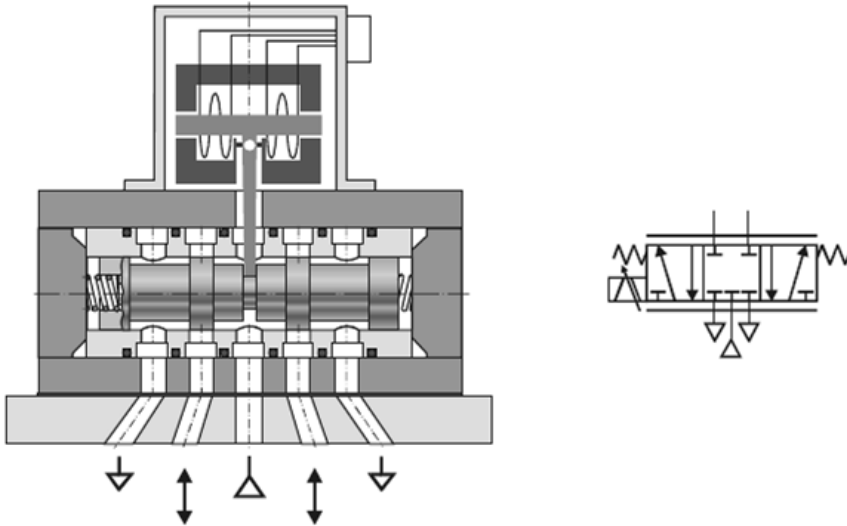
Do sterowania pras hydraulicznych stosuje się szereg urządzeń, do których możemy zaliczyć między innymi rozdzielacze hydrauliczne oraz wszelkiego rodzaju zawory zalewowe, dławiące, rozładowujące i odcinające.

Do sterowania kierunku przepływu cieczy w układzie hydraulicznym stosuje się rozdzielacze. W zależności od konstrukcji i przeznaczenia spotyka się dwa rodzaje rozdzielaczy stosowanych do sterowania pras hydraulicznych:

- rozdzielacze suwakowe,
- rozdzielacze grzybkowe.

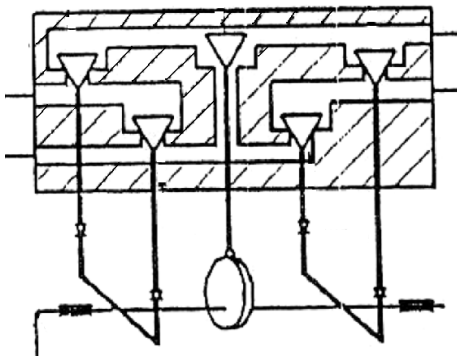
Rozdzielacze suwakowe stosowane są do ciśnień rzędu 50 MPa i przepustowości do 3000 dm³/min. Rozdzielacze suwakowe w zależności od ilości przyłączy dzieli się na: dwudrogowe, trójdrogowe, czterodrogowe i inne. W zależności od sposobu sterowania na: ręczne, mechaniczne, hydrauliczne,

pneumatyczne i elektryczne. Rozdzielacze tego typu znajdują głównie zastosowanie do sterowania pras o niewielkich naciskach. Schemat rozdzielacza suwakowego przedstawiono na rysunku 8.28. Zaletą rozdzielaczy suwakowych jest ich prosta budowa i łatwa eksploatacja. Wadą natomiast jest trudność w likwidacji nieszczelności wymagająca wymiany lub regeneracji tulei lub suwaka.



Rys. 8.28. Schemat rozdzielacza hydraulicznego suwakowego [31]

Do większych ciśnień czynnika (do 60 MPa) stosuje się rozdzielacze grzybkowe (rys. 8.29). Są one wygodne w stosowaniu ze względu na łatwość uzyskania szczelności między grzybkami zaworu a gniazdem oraz ich wzajemne docieranie się podczas pracy. Rozdzielacz taki zwykle składa się z korpusu wykonanego ze stali węglowej lub stopowej, w którym znajdują się zawory, stojaka oraz popychacze. Przesuw popychaczy, które unoszą zawory sterowany jest dźwigniami lub krzywkami.

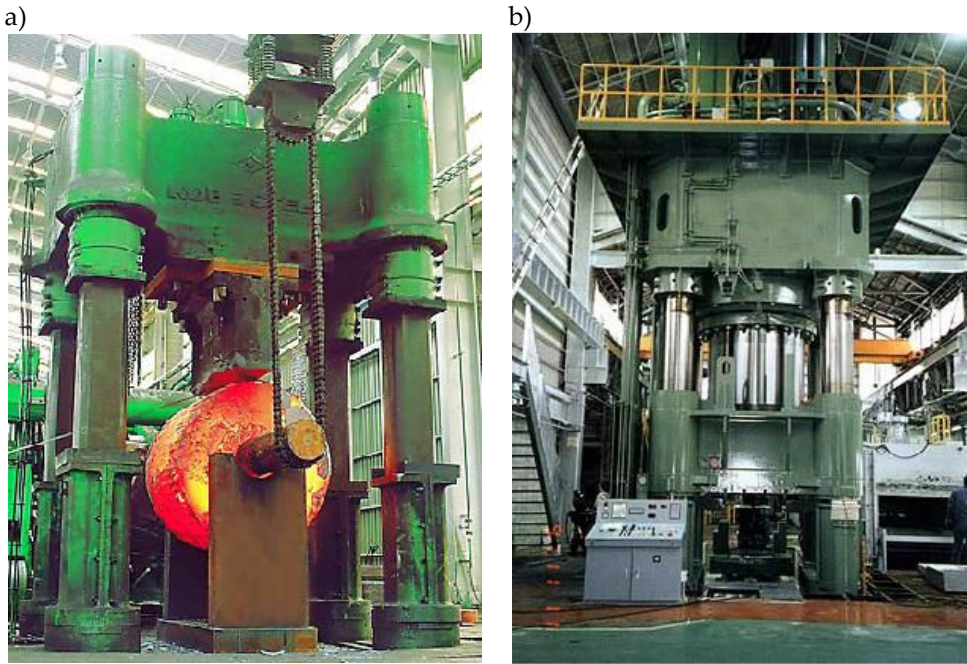


Rys. 8.29. Schemat rozdzielacza grzybkowego [31]

8.5. Zastosowanie pras hydraulicznych

Prasy hydrauliczne znalazły szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Najczęściej można je spotkać w przemyśle hutniczym, maszynowym, metalowym, chemicznym, przetwórstwa tworzyw sztucznych, drzewnym, spożywczym oraz w zakładach i warsztatach remontowych.

W przemyśle hutniczym prasy hydrauliczne są najczęściej stosowane przy kuciu swobodnym i matrycowym, wyciskania prętów i rur, prostowania dużych kształtowników i grubych płyt oraz odlewania pod ciśnieniem. Przykładowe prasy hydrauliczne stosowane do kucia matrycowego i swobodnego przedstawiono na kolejnym rysunku 8.30.



Rys. 8.30. Prasy hydrauliczne stosowane w kuźnictwie: do kucia swobodnego i półswobodnego o nacisku 20000 kN, b) do kucia matrycowego o nacisku 30000 kN [47, 50]

Również szerokie zastosowanie znalazły prasy hydrauliczne w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym. Wykorzystuje się je do takich operacji jak tłoczenie ram podwozi, felg, bębnow hamulcowych, blach karoseryjnych i innych. Stosuje się najczęściej prasy podwójnego i potrójnego działania. Na rysunku 8.31a pokazano prasę hydrauliczną o nacisku 2500 kN o dużej powierzchni stołu oraz stosunkowo niewielkim i przesuwalnym w poziomie suwakiem, stosowaną do prostowania grubych płyt. Natomiast na rysunku 8.31b przedstawiono prasę hydrauliczną ciągową, stosowaną do tłoczenia blach karoseryjnych.

a)



b)



Rys. 36. Prasy hydrauliczne stosowane do: a) prostowania grubych płyt, b) tłoczenia blach karoseryjnych [71, 52]

Powszechnie są stosowane prasy hydrauliczne w operacjach montażowych, które mogą być przenośne, jak i stałe. Używane do takich operacji jak: wciskanie tulei i sworzni, prostowanie krótkich wałków, dziurowanie oraz nitowanie, wykrawanie, tłoczenie lub gięcie niewielkich przedmiotów. Naciski tych pras zawierają się w granicach od 10 kN do 250 kN.

9. Wykrawarki sterowane numerycznie

Wykrawarki młoteczkowe są prasami szybkobieżnymi o krótkim skoku, sterowanymi numerycznie, które stosuje się do obróbki plastycznej wyrobów i półfabrykatów z blach. Głównymi operacjami realizowanymi na wykrawarkach są: cięcie i wykrawanie, przy czym możliwości technologiczne tego typu maszyn znacznie wybiegają poza procesy dzielenia. Szeroka gama operacji, które można zrealizować na wykrawarkach w połączeniu ze sterowaniem numerycznym CNC, czyni z tego typu maszyn centra obróbcze do kształtowania wyrobów z blach. Obecnie budowane wykrawarki CNC wykorzystuje się do realizacji takich operacji jak:

- wykrawania,
- niblowania,
- cięcia,
- przetłaczania,
- znakowania,
- gięcia,
- gwintowania,
- przetłaczania.

Możliwości jakie niosą ze sobą wykrawarki sterowane numerycznie są bardzo duże. Maszyny tego typu wyposażane są wielonarzędziowe magazyny, w których jednorazowo może znajdować się nawet kilkadziesiąt różnych narzędzi. Daje to możliwość kształtowania zarówno elementów o skomplikowanych kształtach jak i tych najprostszych. Przy jednym cyklu produkcji użytych może być kilkadziesiąt różnych stempli, co w połączeniu z brakiem ograniczeń co do rozstawu otworów daje olbrzymie możliwości produkcyjne.

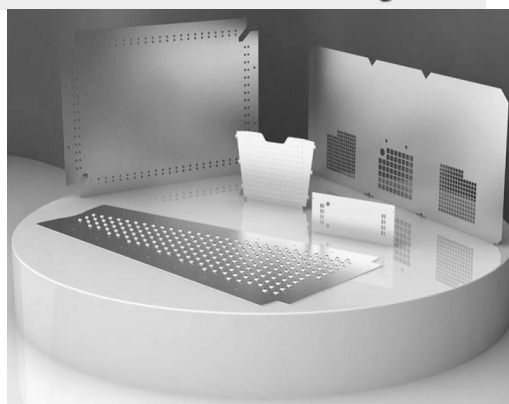
Cechą charakterystyczną wykrawarek jest duża elastyczność pracy (dzięki sterowaniu numerycznemu), co pozwala na ich wykorzystanie zarówno w produkcji jednostkowej jak i wielkoseryjnej. Większość produkowanych obecnie wykrawarek posiada możliwość kształtowania, a następnie wycinania elementów bezpośrednio z półfabrykatów w postaci arkuszy blach, co dodatkowo zwiększa możliwości technologiczne maszyn i pozwala zmniejszyć zużycie materiału i robocizny dzięki optymalnemu wykorzystaniu arkusza blachy (z jednego arkusza blachy mogą być wykrawane elementy o różnych kształtach). We wszystkich typach wykrawarek półfabrykat w postaci arkusza blachy mocowany jest w specjalnych chwytakach, które przemieszczają i pozycjonują arkusz na stole (szczotkowym lub kulowym). Natomiast narzędzia (stemple) mocowane są w głowicach, w których wykonują ruch posuwisto – zwrotny, w wyniku oddziaływania hydraulicznych układów napędowych.

Przykładowe wyroby kształtowane na wykrawarkach sterowanych numerycznie pokazano na rysunku 9.1. Są to różnego rodzaju elementy kształtowane z blach typu osłony, obudowy kasetony itp., które często w kolejnych operacjach poddawane są gięciu lub tłoczeniu.

a)

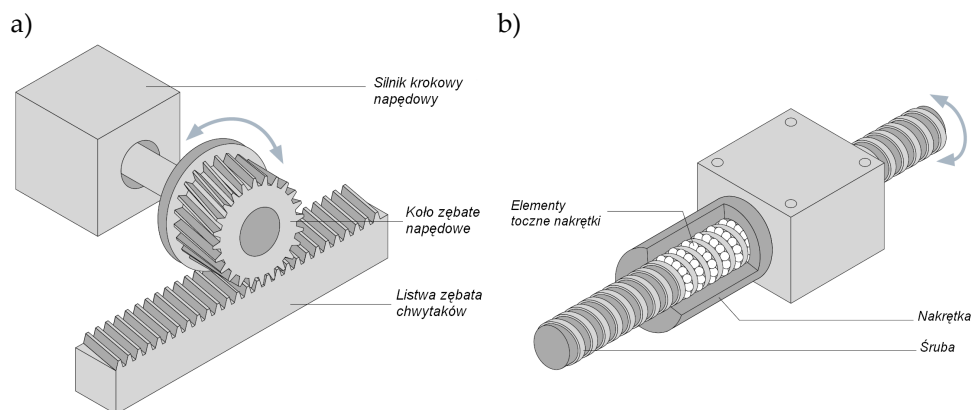


b)



Rys. 9.1. Elementy kształtowane na wykrawarkach CNC: a) widok wykrawarki wraz z wycinanymi elementami, b) wykrawane elementy [62, 77]

W trakcie procesu wykrawania na wykrawarkach sterowanych numerycznie półfabrykat jest przemieszczany, a następnie pozycjonowany w przestrzeni roboczej maszyny przy pomocy specjalnych chwytaków, których elementy robocze tzw. „łapy” zaciskane są na krawędzi arkusza blachy. W zależności od wymiarów maszyny liczba chwytaków przemieszczających półfabrykat może być różna, przy czym ich minimalna liczba nie może być mniejsza do dwóch. Do przesuwu chwytaków wykorzystuje się dwa rodzaje mechanizmów: zębatkowy i śrubowy (rys. 9.2). Zębatkowy mechanizm przemieszczania chwytaków składa się z listwy zębatej, która jest połączona z chwytakami i przemieszczana jest w wyniku obrotu kół zębatych napędzanych specjalnymi silnikami krokowymi (rys. 9.2a). W śrubowych mechanizmach do przemieszczania chwytaków wykorzystuje się śrubę toczną, która obracając się w nakrętce powoduje jej przesuw. Nakrętka osadzona jest w listwie chwytaków i powoduje jej przemieszczanie (rys. 9.2b).



Rys. 9.2. Układy napędowe chwytaków półfabrykatu wykorzystywane w wykrawarkach sterowanych numerycznie: a) mechanizm zębatkowy, b) mechanizm śrubowy [26]



Rys. 9.3. Chwytaki przemieszczające i pozycjonujące półfabrykat na stole wykrawarki CNC napędzane śrubą toczną [45]

W wykrawarkach CNC stoły mają stosunkowo duże powierzchnie, umożliwiające wykrawanie elementów z dużych arkuszy blach (nawet ponad 1500 x 3000 mm), bez konieczności międzyoperacyjnego przemocowania półfabrykatu. Spotyka się dwie odmiany stołów, po których przemieszczany jest arkusz blachy: szczotkowe oraz kulowe. Stół szczotkowy eliminuje hałas, jak również chroni powierzchnię obrabianego arkusza przed porysowaniem oraz zadrapaniami. Jednak przy wykrawaniu elementów z arkuszy o dużych wymiarach i grubościach (dużych masach), stawiają stosunkowo duże opory podczas ich przesuwu i pozycjonowania. Znacznie mniejszymi oporami ruchu charakteryzują się stoły kulowe. Na powierzchniach tego typu stołów rozmieszczone są obrotowo kule, po których toczy się półfabrykat w czasie jego przemieszczania w przestrzeni roboczej. Rozwiązania konstrukcyjne stołów szczotkowych i kulowych przedstawiono na rysunku 9.4.

a)



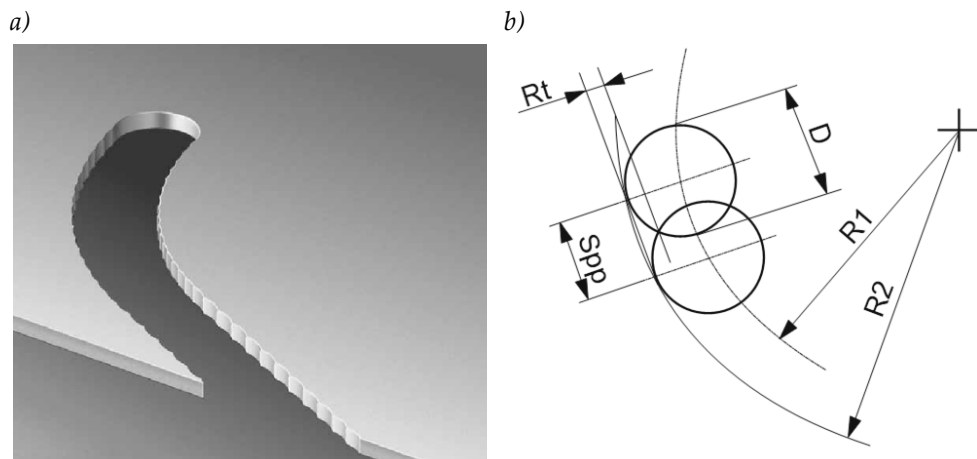
b)



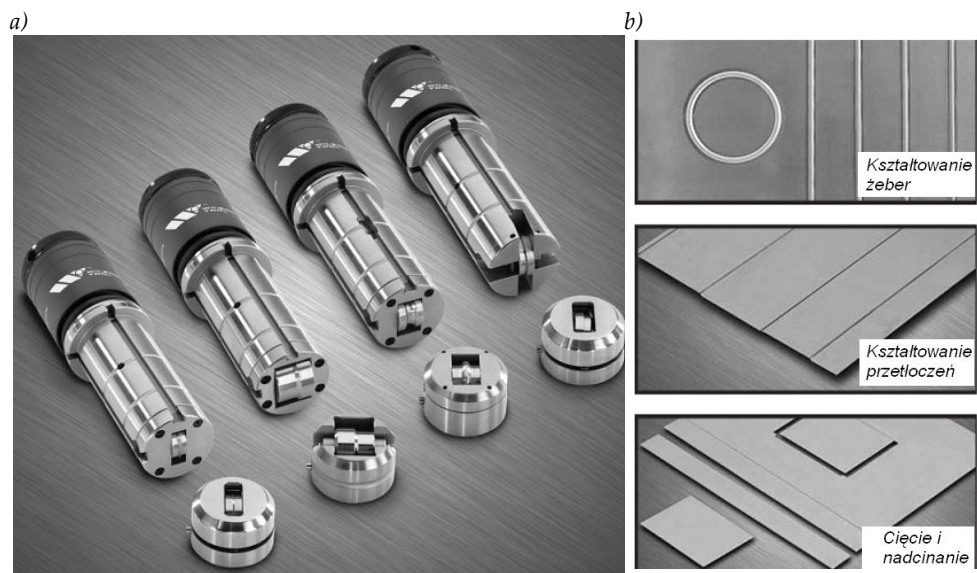
Rys. 9.4. Konstrukcja stołów stosowanych w wykrawarkach CNC: a) szczotkowy, b) kulowy [59, 76]

Jedną z ciekawszych operacji jaką można zrealizować na wykrawarkach CNC jest niblowanie, które polega na wycinaniu otworów lub zarysów zewnętrznych o złożonych kształtach, przy pomocy stempli o przekroju kołowym, których średnica jest znacznie mniejsza od wymiaru wykrawanych elementów. Wadą tak wycinanych elementów jest nierówna krawędź wyrobów, która powstaje w wyniku kolejnych uderzeń stempli wzdłuż zarysu półfabrykatu. Kształt krawędzi wycinanych elementów przez niblowanie przedstawiono na kolejnym rysunku 9.5a, natomiast na rys 9.5b pokazano tor narzędzia w trakcie procesu. W celu poprawy jakości wykrawanych elementów o złożonych kształtach,

wykrawarki zaczęto wyposażać w głowice do cięcia wiązką lasera, dzięki czemu możliwości technologiczne Maszy znacznie wzrosły, poprawiła się również jakość kształtowanych wyrobów. Można spotkać również inne rozwiązania, pozwalające na wycinanie elementów o złożonych zarysach. Do takich rozwiązań należy zaliczyć wprowadzenie głowic do cięcia i kształtowania narzędziami krążkowymi (rys. 9.6).



Rys. 9.5. Wykrawanie elementów o złożonych kształtach w procesie niblowania: a) kształt krawędzi wycinanego elementu, b) trajektoria przemieszczania się półfabrykatu między kolejnymi uderzeniami stempla [5]



Rys. 9.6. Specjalne narzędzia krążkowe stosowane w wykrawarkach CNC – a) oraz przykładowe wyroby kształtowane narzędziami krążkowymi – b) [33]

9.1. Wykrawarki rewolwerowe

Cechą charakterystyczną wykrawarek rewolwerowych jest obrotowy (rewolwerowy) magazyn narzędzi, w którym można jednorazowo zamontować nawet kilkadziesiąt stempli i matryc o różnych kształtach. Konstrukcję wykrawarki sterowanej numerycznie z rewolwerowym magazynem narzędzi pokazano na rysunku 9.7. Głowice wraz z narzędziami mocowane są w gniazdach wykonanych na obwodzie dwóch płyt w kształcie pierścieni (w górnej płycie osadzone są głowice stemplowe, zaś w dolnej matrycowe). Siła nacisku prasy wywierana jest w jednym punkcie (wzdłuż osi suwaka), dlatego też podczas zmiany narzędzia następuje obrót całego magazynu. Takie usytuowanie narzędzi jest bardzo wygodne i pozwala znacznie zmniejszyć wymiary maszyny i skrócić czas przebrojenia wykrawarki.

a)



b)



Rys. 9.7. Wykrawarka CNC firmy FINN POWER serii E6 z serwonapędem elektrycznym suwaka z rewolwerowym magazynem narzędzi – a) oraz widok rewolwerowego magazynu narzędzi – b)

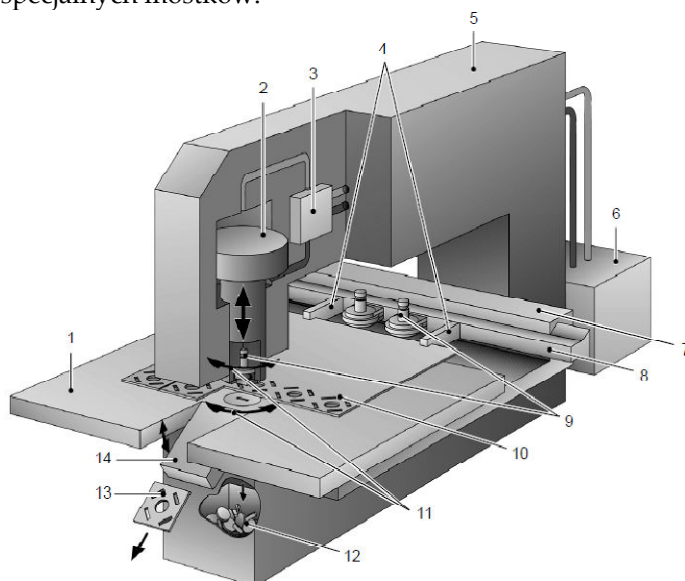
[45]

9.2. Wykrawarki z liniowym magazynem narzędzi

W tego typu wykrawarkach liniowy magazyn narzędzi wraz z głowicami narzędziowymi zostały zintegrowane z prowadnicą współrzędnościową, dzięki czemu narzędzia nie biorące udziału w procesie wykrawania nie mają kontaktu z obrabianym materiałem. W obrotowej głowicy wykrawającej znajduje się tylko jedno narzędzie wykorzystywane do realizowanego procesu technologicznego. Ogranicza to ryzyko kolizji i zmniejsza ilość zarysowań blachy od dołu.

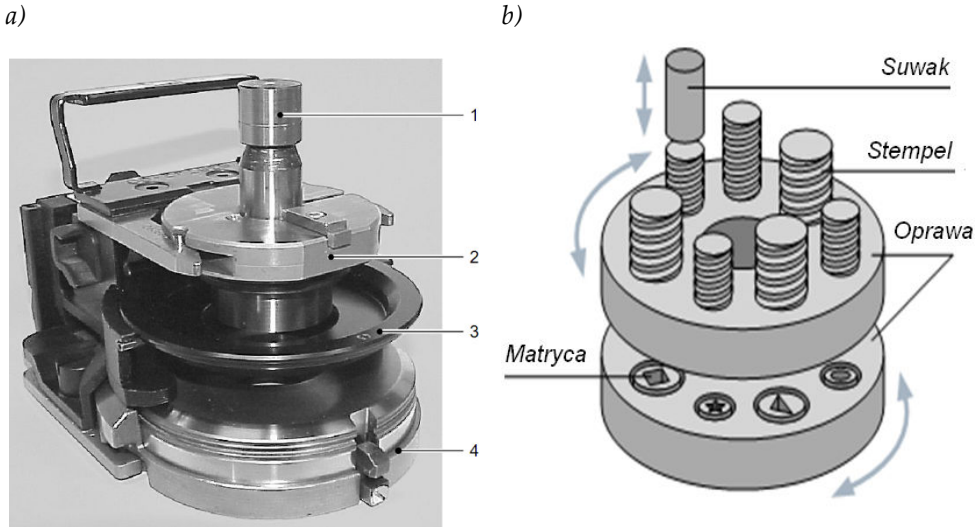
W magazynie znajduje się (w zależności od typu i wielkości maszyny) od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu narzędzi, które obsadzone są wraz z narzędziami w specjalnych głowicach wraz z uchwytami mocującymi arkusz blachy. Każda pozycja w magazynie może być uzbrojona w narzędzie o dowolnym rodzaju, kształcie i wielkości wymiarowej dostępnej dla danej maszyny. Magazyn liniowy. Czas automatycznej wymiany narzędzia trwa maksymalnie do kilku sekund.

Wykrawarki CNC z liniowymi magazynami narzędzi posiadają jednostanowiskowe, hydrauliczne głowice wykrawające służące do mocowania w uchwycie wybranej stacji narzędziowej (stempel, zgarniacz, matryca), która realizuje dostępne w maszynie aplikacje, oraz do napędu pionowego stempla. Przykładową konstrukcję wykrawarki CNC z liniowym magazynem narzędzi pokazano na rysunku 9.8. Suwak roboczy wykrawarki napędzany jest cylindrem hydraulicznym. W stole prasy umieszczona jest uchylna płyta do odprowadzania ukształtowanych elementów, dzięki czemu eliminuje się konieczność łączenia wykrawanych elementów z arkuszem blachy przy pomocy specjalnych mostków.



Rys. 9.8. Wykrawarka CNC z liniowym magazynem narzędzi:
 1 – Stół kulowy,
 2 – Siłownik hydrauliczny,
 3 – rozdzielacz,
 4 – łapy mocujące materiał,
 5 – korpus wysięgowy,
 6 – zasilacz hydrauliczny,
 7 – prowadnica stała,
 8 – prowadnica ruchoma,
 9 – głowice narzędziowe,
 10 – wykrawany arkusz,
 11 – stacje indeksowe,
 12 – zasobnik odpadów,
 13 – wycięty element,
 14 – stół uchylny [5]

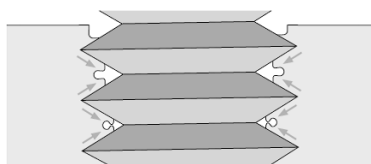
Na kolejnym rysunku 9.9 pokazano konstrukcję wielonarzędziowej głowicy (MULTI TOOL) stosowanej w wykrawarkach CNC z magazynem liniowym. W tego typu głowicach możliwe jest osadzenie od kilku do kilkunastu narzędzi o mniejszych wymiarach. Zmiana narzędzia na inne, znajdujące się w głowicy w trakcie pracy maszyny, polega na obrocie całej głowicy o określony kąt, tak aby wybrane narzędzie pokrywało się z osią ruchu suwaka.



Rys. 9.9. Wielonarzędziowa głowica wykrawarki CNC z liniowym magazynem narzędzi; a) widok ogólny: 1 – trzpień naciskowy, 2 – pierścień mocujący, 3 – zrywacz z dociskaczem, 4 – oprawa dolna wraz z matrycą; b) rozmieszczenie pojedynczych narzędzi w głowicy [26]

Wykrawarki sterowane numerycznie oprócz realizacji typowych operacji z zakresu cięcia i wykrawania mogą być również stosowane do wykonywania innych operacji. Na uwagę zasługują tutaj między innymi procesy termowiercenia połączone z gwintowaniem, dzięki którym można kształtować plastycznie w cienkich blachach tuleje z gwintowanymi otworami. Schemat procesu gwintowania oraz kształt narzędzia wykorzystanego w procesie pokazano na kolejnym rysunku 9.10. Do innych operacji realizowanych na wykrawarkach CNC, przy zastosowaniu specjalnych głowic można zaliczyć między innymi kształtowanie różnego rodzaju przetłoczeń (rys. 9.11), znakowanie, zawijanie, a nawet gięcie (rys. 9.12).

a)



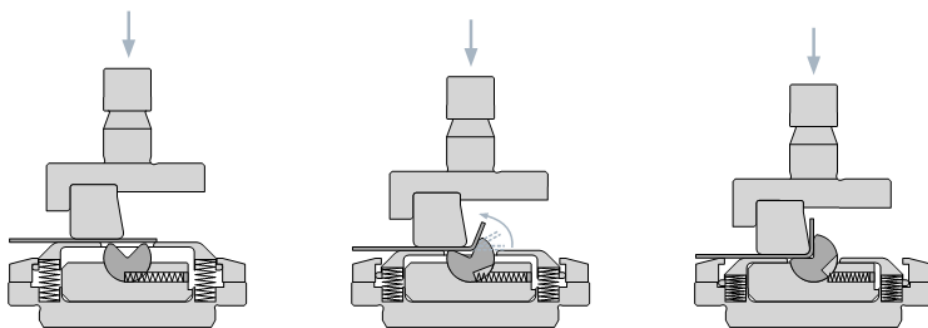
b)



Rys. 8.10. Termowiercenie i gwintowanie otworów na wykrawkach CNC: a) schemat procesu, b) kształt głowicy do wiercenia i gwintowania [26]



Rys. 8.11. Przykładowe operacje realizowane na wykrawkach CNC oraz konstrukcja wykorzystywanych narzędzi [26]



Rys. 8.12. Realizacja procesu gięcia na wykrawkach sterowanych numerycznie z wykorzystaniem specjalnych głowic (kolejne fazy procesu) [26]

10. Młoty matrycowe

Obróbka plastyczna materiałów przez wykorzystanie energii uderzenia jest jedną z najstarszych metod kształtowania plastycznego wyrobów i półfabrykatów. Pierwsze młoty stosowane do kucia metali napędzane były przez koła wodne. Wzmianki na temat stosowania młotów w obróbce plastycznej pochodzą z już XIII wieku. Obecnie do napędu młotów wykorzystuje się różnego rodzaju czynniki robocze (ciśnienie sprężonego powietrza, par, cieczy, energię mechaniczną i inne).

Młoty posiadają szereg licznych zalet, które spowodowały dynamiczny rozwój tych maszyn. Do najważniejszych można zaliczyć między innymi: duży zakres wymiarowy kształtowanych odkuwek, mała wrażliwość na przeciążenie, zdolność wywierania bardzo dużych sił nacisku (nawet 1000 razy większych od ciężaru bijaka przy stosunkowo małym ciężarze własnym młota), łatwą regulację energii uderzenia, możliwość kształtowania odkuwek przy kilku uderzeniach bijaka i szereg innych. Równoległe jednak mają i wady, które powodują ograniczenie ich zastosowania. Najpoważniejszą wadą jest niszczące działanie wstrząsów na otoczenie i na sam młot oraz na jego fundament. Wskutek tego fundamenty młotów są bardzo ciężkie i specjalnie amortyzowane, dodatkowo mechanizmy młota i jego fundament wymagają częstych przeglądów i remontów, co podnosi koszt utrzymania urządzeń i hal produkcyjnych. Ogromne drgania jakie są generowane w czasie pracy młota przyczyniają się do częstych chorób zawodowych pracowników. Dlatego też trudności te sprawiły, że współcześnie młoty wypierane są stopniowo przez prasy kuźnicze, których charakter pracy jest znacznie spokojniejszy i mniej szkodliwy dla otoczenia.

10.1. Klasyfikacja młotów

Młoty są to maszyny o udarowym charakterze pracy, w których wykorzystuje się energię kinetyczną mas znajdujących się w ruchu postępowym. Ze względu na przeznaczenie, młoty można podzielić na trzy grupy:

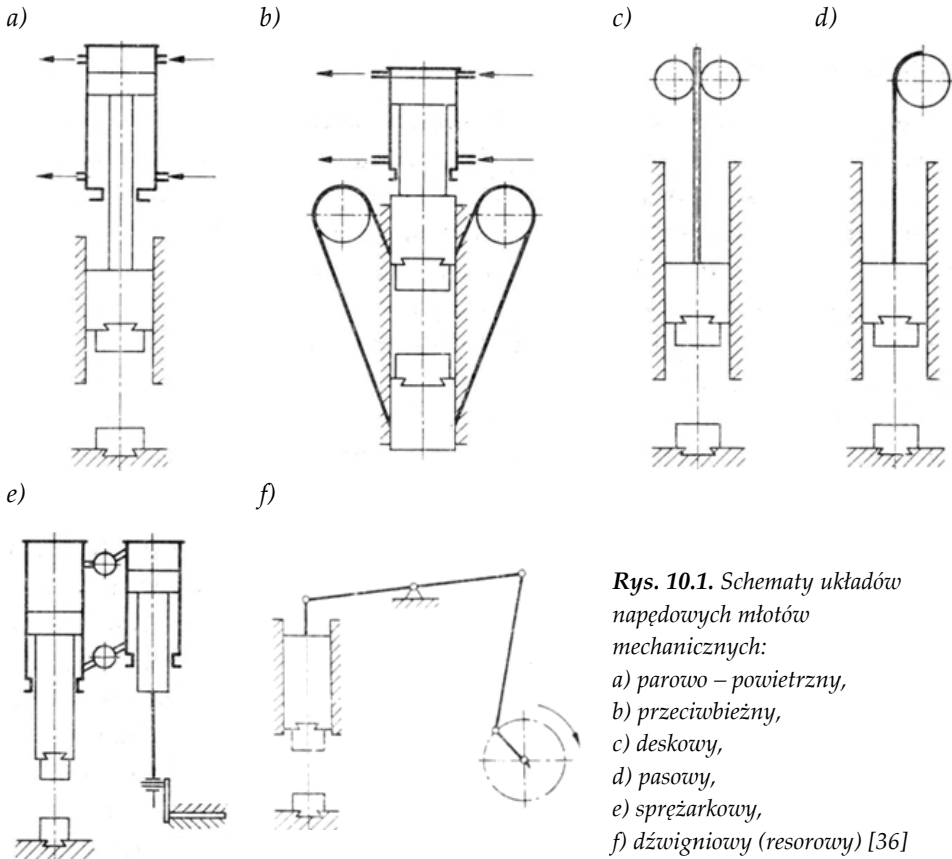
- do swobodnego kucia,
- do kucia matrycowego,
- uniwersalne, na których można wykonywać zarówno operacje kucia swobodnego, jak i matrycowego.

Natomiast pod względem energetycznym młoty stosowane w procesach obróbki plastycznej można podzielić na:

- młoty pojedynczego działania, w których do odkształcenia materiału wykorzystuje się energię zgromadzoną przed rozpoczęciem pracy, może być to energia potencjalna młotów pionowych lub energia kinetyczna nagromadzona w kole zamachowym młotów poziomych np. kowarki,

- młoty podwójnego działania, które odkształcają materiał pod wpływem energii zmagazynowanej w bijaku (ciężkości) oraz parcia ciśnienia gazu, cieczy działającego na górną część tłoka lub sprężystości elementu podatnego działającego na bijak młota, co powoduje znaczne zwiększenie prędkości bijaka, a tym samym wielokrotne zwiększenie energii uderzenia.

Na rysunku 10.1. zestawiono typowe schematy napędu młotów mechanicznych. Zasadniczymi częściami młotów są: bijak, który uderza w kształtowany materiał, oraz szabota przyjmująca uderzenie bijaka. W bijaku i szabocie mocuje się kowadła płaskie bądź kształtowe, służące do kucia swobodnego lub półswobodnego, względnie matryce, gdy przeprowadza się kucie matrycowe. Energia kinetyczna bijaka zostaje zużytkowana na pracę odkształcenia plastycznego oraz na energię drgań szaboty i energię odkształceń sprężystych młota.



Wielkość młotów określa się zazwyczaj ciężarem G części spadających, tj. ciężarem tłoczyska, bijaka i górnej połowy matrycy. O ile określenie to dla młotów do swobodnego kucia jest wystarczające, to dla młotów matrycowych, a zwłaszcza nowoczesnej konstrukcji, nie jest ściśle i nie charakteryzuje należycie ich wielkości. Wielkość tych młotów powinna być określona zasadniczo ich energią uderzenia liczoną w kJ. Podstawowym problemem konstrukcji młotów jest rozwiązanie sposobu wprowadzenia w ruch bijaka (tzn. nadawania mu przyspieszenia). Z tego względu młoty można podzielić na pięć grup:

- młoty spadowe, w których przyspieszenie bijaka następuje wyłącznie pod wpływem działania siły ciężkości (rys. 10.1c, d),
- młoty, w których przyspieszenie bijaka następuje pod wpływem sił jego ciężaru i parcia pary lub powietrza sprężonego, działających na górną powierzchnię tłoka (rys. 10.1a, e),
- młoty dźwigniowe i sprężynowe, w których przyspieszenie bijaka zależy od siły ciężkości spadających elementów, prędkości obrotowej korby oraz własności sprężystych ramienia lub resoru (rys. 10.1f),
- młoty przeciwbieżne o zrównoważonych ciężarach bijaków, w których przyspieszenie ruchu bijaków zależy wyłącznie od działania ciśnienia; w młotach tych siła ciężenia nie wpływa na przyspieszenie zespołów bijakowych (rys. 110.1b),
- młoty bardzo szybkie, w których przyspieszenie bijaka następuje również pod wpływem sumy nacisku gazu na górną powierzchnia tłoczyska, jednak ze względu na sposób rozwiązania konstrukcyjnego, jak i na działanie wielkimi zasobami energii, różnią się one znacznie od młotów konwencjonalnych, prędkość ruchu bijaka w tych młotach jest kilkakrotnie większa od prędkości młotów konwencjonalnych.

10.2. Młoty pojedynczego działania spadowe

W młotach pojedynczego działania, spadowych wykorzystuje się najczęściej energię potencjalną mas podniesionych na pewną wysokość, która następnie w czasie swobodnego spadania bijaka wraz z narzędziem zostaje zamieniona na energię kinetyczną, a ta z kolei w czasie uderzenia w kształtowany materiał zostaje zamieniona w pracę odkształcenia plastycznego tego materiału oraz rozproszona do otoczenia w postaci drgań. W zależności od sposobu podnoszenia bijaka, młoty pojedynczego działania można podzielić na:

- Młoty powietrzne, w których podniesienie bijaka młota realizowane jest w wyniku działania sprężonego powietrza na powierzchnię pod tłokiem umieszczonym w cylindrze. Tłok połączonego jest tłoczyskiem z bijakiem,

zaś cylinder w górnej części posiada wykonane otwory łączące przestrzeń nad tłokiem z atmosferą.

- Młoty deskowe, w których bijak był połączony z jedną lub kilkoma impregnowanymi deskami, połączonymi ze sobą oraz prowadzonymi między dwoma walcami, z których jeden wykonywał ruch obrotowy. Podnoszenie bijaka odbywało się w wyniku działania sił tarcia na powierzchni kontaktu deski oraz walców.
- Młoty łańcuchowe, w których do podnoszenia bijaka wraz z matrycami wykorzystywano ciągną w postaci łańcucha, połączonego z jednej strony z bijakiem, zaś z drugiej strony z kołem, na które był nawijany podczas podnoszenia bijaka.
- Młoty pasowe, w których do podnoszenia bijaków wykorzystywano ciągną w postaci pasów, połączone z jednej strony z bijakiem, zaś z drugiej umieszczone między dwoma walcami, z których jeden wykonywał ruch obrotowy. Podnoszenie bijaka odbywało się w wyniku działania sił tarcia na powierzchni kontaktu pasów oraz walców.
- Młoty hydrauliczne, w których podniesienie bijaka z matrycami było efektem działania ciśnienia cieczy na powierzchnię pod tłokiem, umieszczonym w cylindrze.

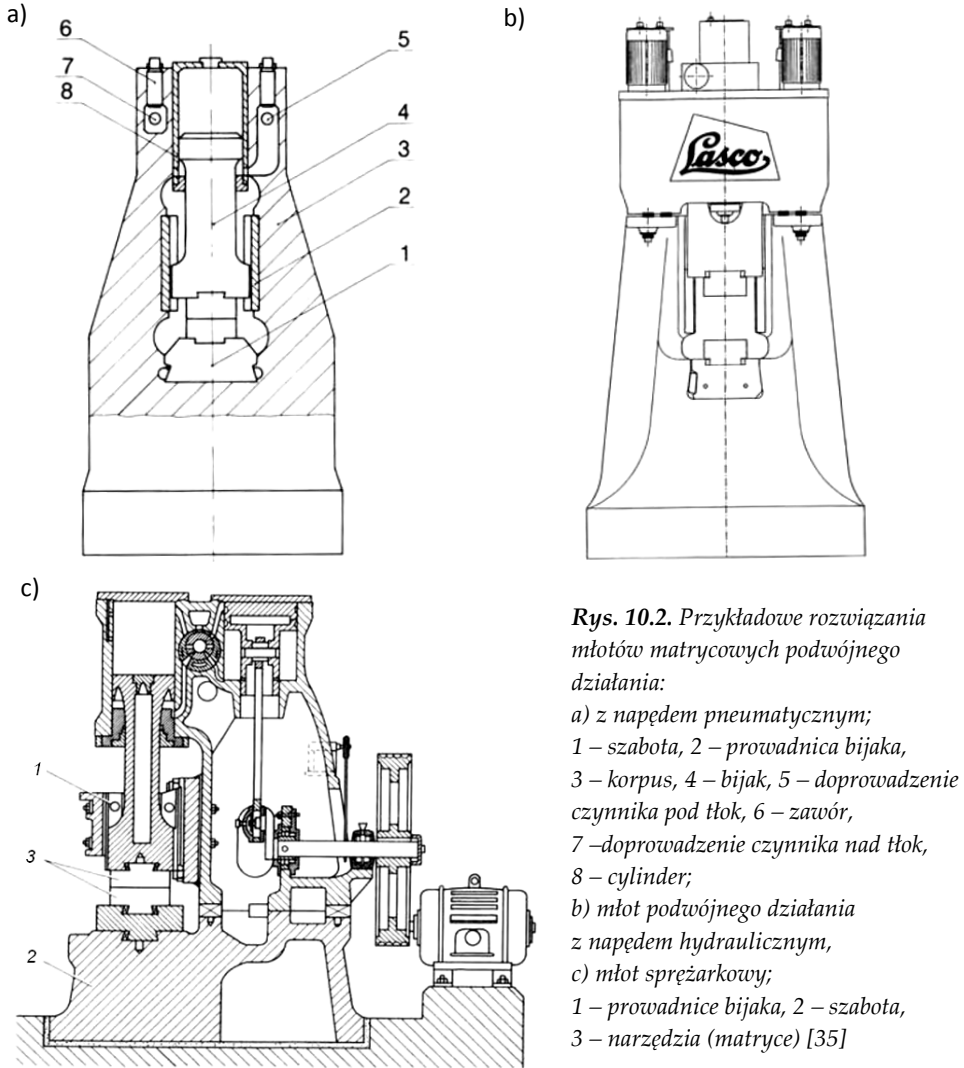
10.3. Młoty podwójnego działania

W młotach podwójnego działania oprócz energii potencjalnej zmagazynowanej w bijaku młota, wykorzystuje się dodatkowy czynnik zwiększający prędkość ruchu bijaka i narzędzi. Dzięki temu możliwe jest zwielokrotnienie energii uderzenia w stosunku do młotów pojedynczego działania. Jako czynnik roboczy najczęściej wykorzystuje się ciśnienie powietrza, pary, cieczy lub energię sprężystości. Przykładowe rozwiązania młotów matrycowych podwójnego działania przedstawiono na rysunku 10.2.

Wśród młotów podwójnego działania najliczniejszą grupę stanowią maszyny o napędzie parowo-powietrznym. Młoty tego typu charakteryzują się prostą konstrukcją, łatwą regulacją energii uderzenia. Natomiast ich wadą jest niewielka sprawność energetyczną.

Młoty parowo-powietrzne podwójnego działania z tłoczyskiem normalnym

Młoty tego typu charakteryzują się energią uderzenia do 50 kJ oraz liczbą uderzeń (przy pełnym skoku) w zakresie 55 ÷ 80 na minutę. Posiadają dobre prowadzenie bijaka i łatwą regulację energii uderzenia (rys. 10.3). Nadają się do wielowykrojowego kształtowania odkuwek. Wadą młotów parowo-powietrznych z tłoczyskiem normalnym jest niewielka trwałość tłoczyska, które często ulega pękaniu w trakcie pracy.

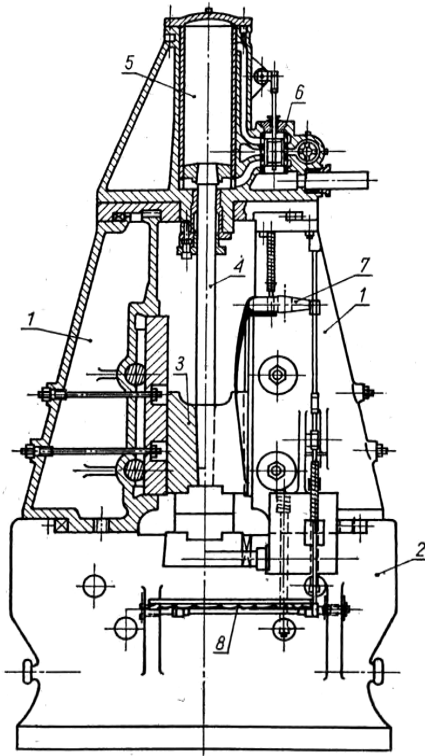


Rys. 10.2. Przykładowe rozwiązania młotów matrycowych podwójnego działania:

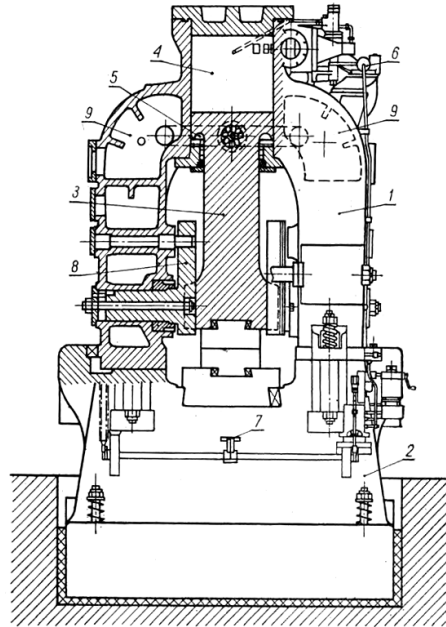
- a) z napędem pneumatycznym;
 1 – szabota, 2 – prowadnica bijaka,
 3 – korpus, 4 – bijak, 5 – doprowadzenie czynnika pod tłok, 6 – zawór,
 7 – doprowadzenie czynnika nad tłok, 8 – cylinder;
 b) młot podwójnego działania z napędem hydraulicznym,
 c) młot sprężarkowy;
 1 – prowadnice bijaka, 2 – szabota,
 3 – narzędzia (matryce) [35]

Młoty matrycowe podwójnego działania parowo – powietrzne krótkoskokowe

Maszyny tego typu odznaczają się sztywną i zwartą konstrukcją. Składają się z dwóch zasadniczych części: stojaków i szaboty (rys. 10.4). Dwa stojaki 1 wraz z cylindrem 4 stanowią całość, dodatkowo w stojakach umieszczone są dwie komory 9, do których doprowadzane jest sprężone powietrze służące do unoszenia oraz przyspieszania bijaka. Młoty krótkoskokowe charakteryzują się energią uderzenia w zakresie $10 \div 100$ kJ oraz liczbą uderzeń wynoszącą od 90 do 100 w ciągu minuty.



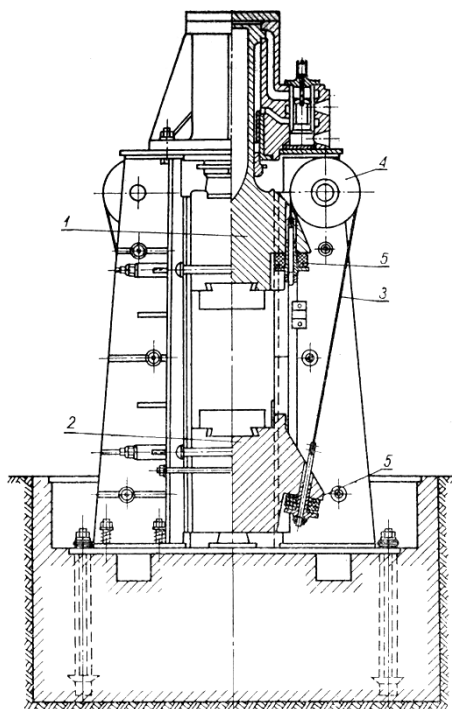
Rys. 10.3. Młot matrycowy parowo-powietrzny z tłoczyskiem normalnym: 1 – stojaki, 2 – szabota, 3 – bijak, 4 – trzon tłoka, 5 – cylinder, 6 – suwak, 7 – układ sterowania młota [15, 17]



Rys. 10.4. Młot matrycowy parowo-powietrzny krótkoskokowy: 1 – stojaki, 2 – szabota, 3 – bijak z tłokiem i tłoczyskiem, 4 – górna przestrzeń cylindra, 5 – dolna przestrzeń cylindra, 6 – układ sterowania, 7 – pedał sterowania, 8 – prowadnice bijaka, 9 – komory powietrzne [15]

Młoty przeciwbieżne

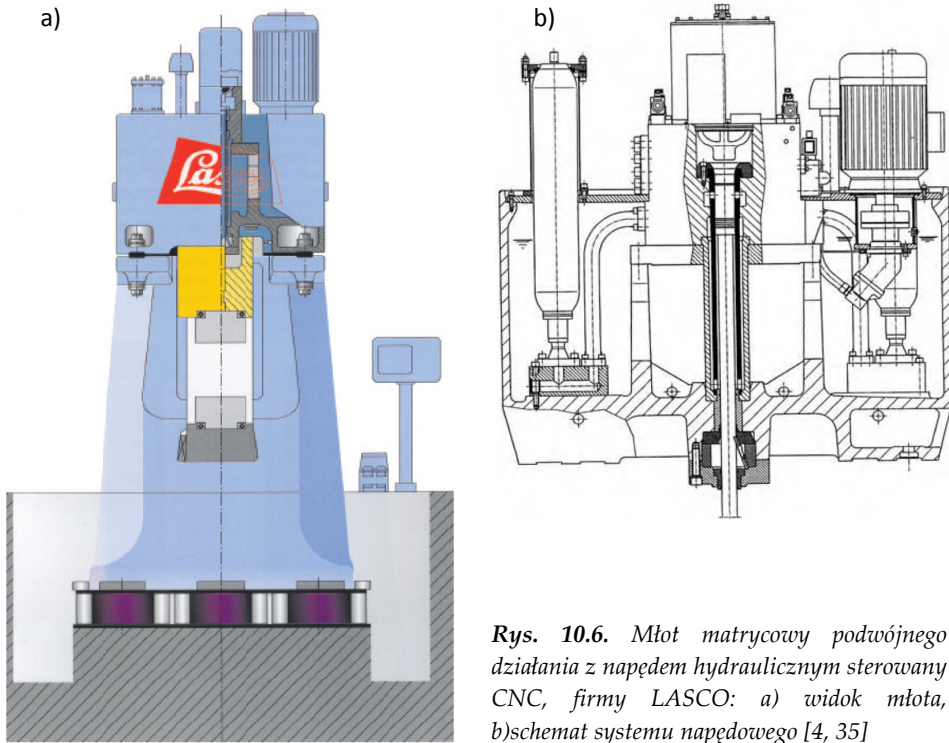
Młoty tego typu charakteryzują dwa bijaki poruszające się w przeciwnych kierunkach oraz brak szaboty. Bijaki z matrycami przenoszą energię uderzenia na kształtowany materiał, a powstające siły, jako wewnętrzne, znoszą się. Dlatego też młoty te nie wymagają ciężkich fundamentów i mogą być ustawione w pobliżu obiektów wrażliwych na wstrząsy. Łączna prędkość końcowa bijaków wynosi ok. 6 m/s, i jest zbliżona do prędkości bijaka występującej w normalnych młotach parowo-powietrznych. Masa młota przeciwbieżnego stanowi ok. 35% masy młota szabotowego, przy takiej samej energii. Młoty te buduje się o energii uderzenia rzędu 100÷200 kJ. Stojaki młotów przeciwbieżnych mają najczęściej konstrukcję spawaną, natomiast bijaki są wykonywane ze staliwa. Schemat młota przeciwbieżnego taśmowego i pokazano na rysunku 10.5.



Rys. 10.5. Młot przeciwbieżny taśmowy:
 1 – bijak górny wraz z trzonem i tłokiem,
 2 – bijak dolny,
 3 – taśma stalowa,
 4 – rolka,
 5 – podkładka gumowa [15, 17]

Młoty podwójnego działania hydrauliczne

W nowoczesnych młotach podwójnego działania podnoszenie, a następnie przyśpieszanie bijaka wraz z narzędziami odbywa się w wyniku działania ciśnienia cieczy. Obecnie budowane młoty tego typu wyposażone są już w numeryczne systemy sterowania i kontroli pracy maszyny. Młoty hydrauliczne budowane są o szerokim zakresie energii uderzenia (od 6,3 kJ do 400 kJ) i prędkościach bijaków 5 m/s. Charakteryzują się wysoką sprawnością i zwartą konstrukcją. Hydrauliczny układ napędowy z własnym silnikiem i pompą umieszczony jest w głowicy młota, która również jest zbiornikiem oleju. Dzięki temu eliminuje się konieczność stosowania dodatkowych systemów doprowadzających olej do cylindra. W czasie skoku roboczego bijaka, olej podawany jest przez system pomp do górnej części cylindra, wymuszając ruch tłoka i bijaka do dołu. Po wykonaniu uderzenia przesterowuje się układ zaworów i podaje się ciecz pod wysokim ciśnieniem pod tłok, wymuszając jego ruch powrotny do góry. W chwili osiągnięcia przez tłok połowy drogi w cylindrze roboczym, rozpoczyna się napełnianie cieczą górnej cylindra. W młotach tego typu stosowane są poduszki hydrauliczne, które pozwalają zmniejszyć masę młota nawet o 50% w stosunku do tradycyjnych rozwiązań.



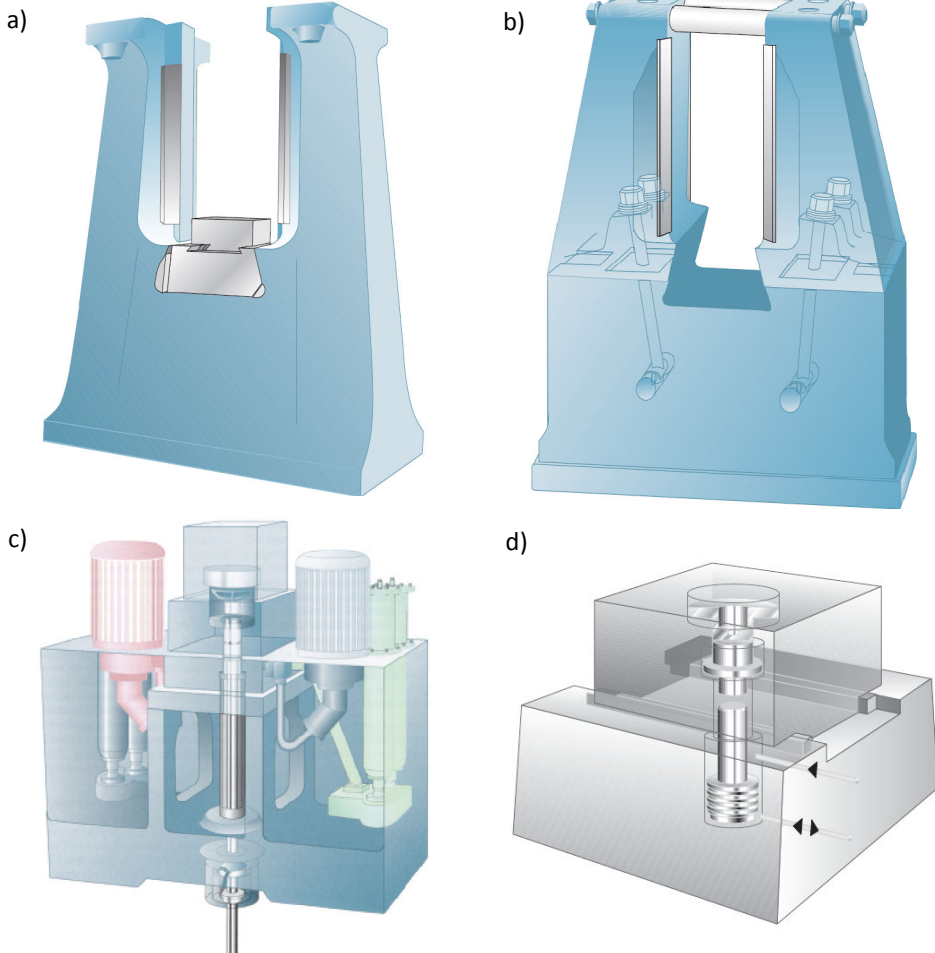
Rys. 10.6. Młot matrycowy podwójnego działania z napędem hydraulicznym sterowany CNC, firmy LASCO: a) widok młota, b) schemat systemu napędowego [4, 35]

Młoty podwójnego działania hydrauliczne sterowane numerycznie o energiach do 200 kJ, charakteryzują się stosunkowo krótkim skokiem oraz zwartym i sztywnym korpusem, którego dolna część w kształcie litery „U” stanowi odlew stalowy (rys. 10.7a). Na ramionach wewnętrznych korpusu wykonane są gniazda do mocowania prowadnic bijaka młota. W młotach o większych energiach uderzenia (powyżej 200 kJ) stosuje się korpusy segmentowe, które składają się z szaboty, dwóch stojaków i głowicy. Całość jest usztywniona stalowymi ściągaczami (rys. 10.7b). Korpusy głowic wykonuje się jako stalowe odlewy, w których umieszczone są zbiorniki oleju oraz kanały doprowadzające (rys. 16.7c). Nowoczesne konstrukcje młotów wyposaża się również w wyrzutniki, które ułatwiają proces kucia odkuwek wysokich i umożliwiają zmniejszenie pochyłości kuźniczych, a tym samym ograniczenie nadatków technologicznych.

10.4. Fundamentowanie młotów

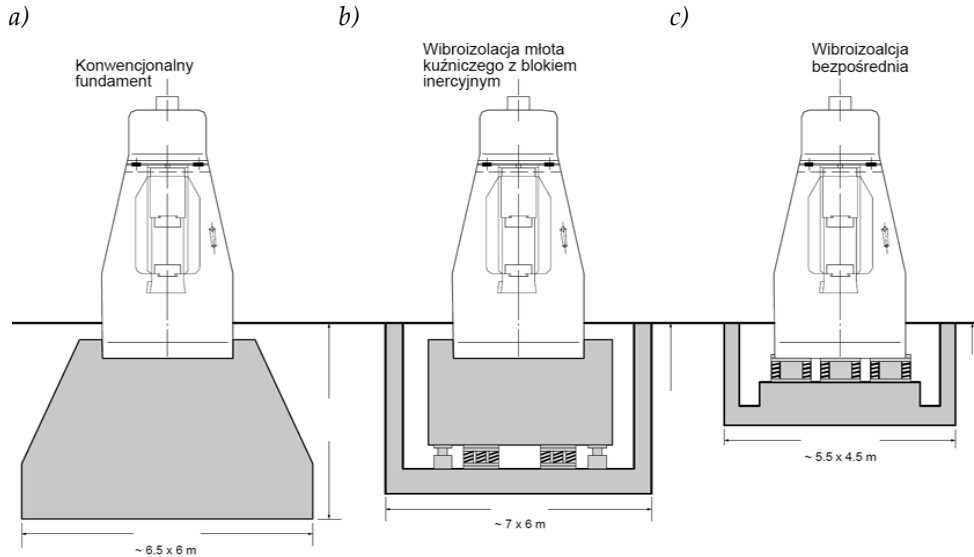
Dużym problemem w eksploatacji młotów jest sposób ich posadowienia. W trakcie pracy generują znaczne ilości energii, która jest rozpraszana do otoczenia w postaci drgań. Dlatego też konwencjonalne fundamenty, na których ustawiano maszyny, wykonane były w postaci ciężkich, zbrojonych betonowych

bloków, pochłaniających i przenoszących energię bezpośrednio do gruntu (rys. 10.8a). Drgania generowane przez młoty mają szkodliwe skutki na maszyny znajdujące się w pobliżu, pracowników, konstrukcję hal produkcyjnych, a nawet konstrukcję sąsiadujących budynków.

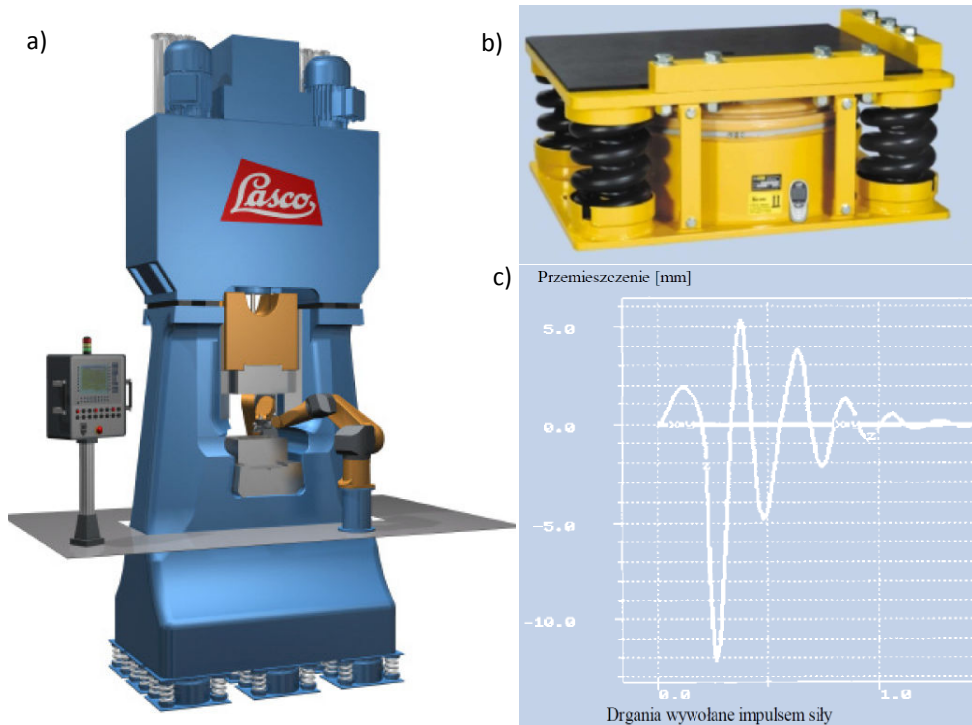


Rys. 10.7. Konstrukcja korpusów młotów podwójnego działania firmy LASCO: a) korpus dolny monolityczny w kształcie litery „U”, b) korpus składany, stosowany w młotach o energii powyżej 200 kJ, c) głowica młota wraz z układem napędowym, d) wyrzutnik hydrauliczny umieszczony w dolnym narzędziu [4]

W celu zmniejszenia masy i wymiarów fundamentów, zwiększenia ich efektywności i trwałości opracowano specjalne systemy wibroizolacji maszyn (rys. 10.8b oraz rys. 10.8c), w których wykorzystano specjalne układy łączące elementy sprężyste z tłumikami wiskotycznymi (rys. 10.9).



Rys. 10.8. Sposoby fundamentowania młotów kuźniczych: a) fundament konwencjonalny, b) fundament z wibroizolacją oraz blokiem pochłaniającym energię, c) fundament z wibroizolacją bezpośrednią [3, 8]



Rys. 10.9. Posadowienie młota: a) wibroizolacja młota kuźniczego, b) wibroizolator z tłumikami wiskotycznymi, c) charakterystyka tłumienia drgań wywołanych uderzeniem bijaka [3, 8]

W rezultacie fundamenty stają się znacznie lżejsze i tańsze, a ich skuteczność znacznie wyższa. Wibroizolatory z tłumikami wiskotycznymi są stosowane do fundamentowania młotów o energiach uderzenia nawet do 400 kJ.

10.5. Kowarki

Kowarki są to maszyny kuźnicze wielobijakowe (wielokowadełkowe) do kształtowania materiału na gorąco lub zimno, a także do przekuwania kęsisk i kęsów. Cechą charakterystyczną kowarek jest uderowa praca narzędzi, które uderzają promieniowo w kształtowany półfabrykat. Kowarki przeznaczone są do kształtowania przedmiotów wzdłużnie, tzn.: odkuwek o osi wydłużonej z półfabrykatów w postaci prętów, rur, itp. Na kowarkach można kształtować zarówno powierzchnie zewnętrzne wyrobu, jak również ich powierzchnie wewnętrzne, dzięki zastosowaniu odpowiednich trzpieni. Wyroby te odznaczają się dużą gładkością powierzchni i dokładnością wymiarów.

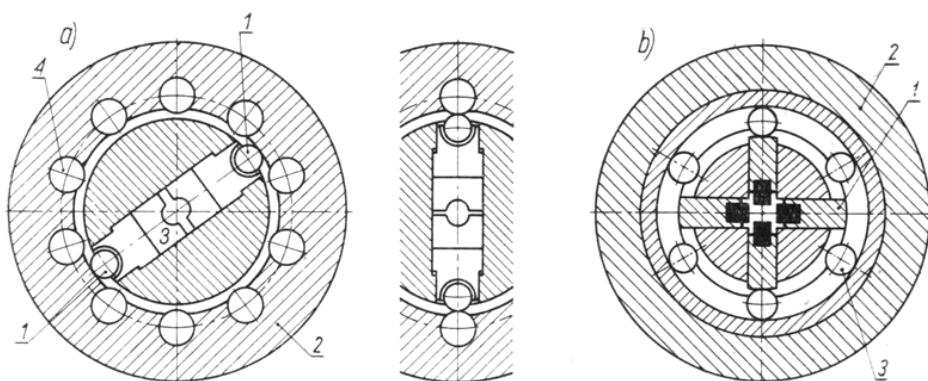
W zależności od kinematyki ruchu narzędzi oraz półfabrykatu kowarki można sklasyfikować na:

- kowarki suwakowe,
- kowarki promieniowe.

W zależności od skoku bijaków można wyróżnić kowarki:

- o stałym skoku, wśród których rozróżnia się kowarki z wirującą osłoną oraz kowarki z wirującymi bijakami,
- o zmiennym skoku, które pracują automatycznie, wg wcześniej założonego programu.

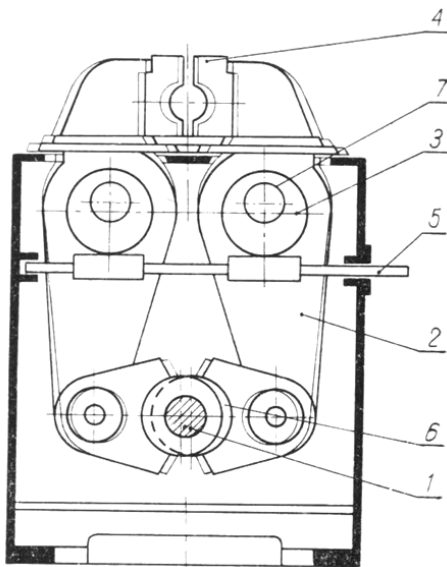
Schemat kinematyczny kowarek promieniowych o stałym skoku pokazano na rysunku 10.10. W kowarce z wirującymi bijakami (rys. 10.10a), narzędzia 3 (bijaki) zakończone są rolkami 1 i prowadzone w obrotowej oprawie.



Rys. 10.10. Kowarki rotacyjne: z wirującymi bijakami; 1 – rolki, 2 – osłona, 3 – bijaki, 4 – rolki oporowe; b) z wirującą osłoną; 1 – bijaki, 2 – wirująca osłona, 3 – rolki [11]

W czasie obrotu bijaków, rolki 1 uderzają o rolki 4, które są osadzone w nieruchomej osłonie 2, co powoduje przemieszczanie bijaków w kierunku osi półfabrykatu. Powrót bijaków do położenia początkowego jest wywołany działaniem siły odśrodkowej. Kowarki tego typu umożliwiają kształtowanie odkuwek o przekroju kołowym. W kowarce z wirującą osłoną (rys. 10.10b), przemieszczanie się bijaków 1 jest wywołane wirującą osłoną 2, która za pośrednictwem rolek 3 przesuwają bijaki w kierunku osi kształtowanego półfabrykatu. Powrót bijaków jest wywołany działaniem sprężyn. Na tego typu kowarkach można kształtować wyroby o dowolnym zarysie przekroju poprzecznego.

Kowarki kopiujące charakteryzują się możliwością zmiany skrajnych położenia bijaka w czasie pracy maszyny w sposób ciągły, zgodnie z wcześniej założonym programem pracy. Tego typu kowarki wykonywane są jako pionowe i poziome. Schemat kowarki kopiującej, dwubijakowej, która może być również sterowana ręcznie przedstawiono na rysunku 10.11. Kowadła 4 umieszczone na wahaczach 2 osadzone są mimośrodowo na osi 3. Mimośrodowo napędzające wahacze są umieszczone na wale głównym 1 maszyny. Zmiana odległości bijaków od osi kształtowanego materiału realizowana jest przez obrót mimośrodków 7, za pomocą mechanizmu ślimakowego 5. Tego typu kowarki stosowane są do kształtowania odkuwek pełnych i drażonych o zmiennym przekroju. Częstotliwość uderzeń bijaków zawiera się w przedziale od 450 do 1000 na minutę. Naciski wywierane przez bijaki zależą od wielkości maszyny i zawierają się w przedziale od 300 kN do nawet 4000 kN.



Rys. 10.11. Schemat kowarki dwubijakowej:

- 1 – wał główny kowarki,
- 2 – wahacze,
- 3 – oś,
- 4 – kowadła,
- 5 – mechanizm zmiany odległości bijaków,
- 6 – mimośrodky napędowe,
- 7 – mimośrodky regulacyjne [11]

11. Maszyny o ruchu obrotowym narzędzi

Wśród maszyn do obróbki plastycznej liczną grupę stanowią urządzenia, w których narzędzia wykonują ruch obrotowy. Wyróżnia się tutaj takie maszyny jak walcarki, wykorzystywane przede wszystkim w przemyśle hutniczym do wytwarzania wyrobów i półfabrykatów walcowanych na gorąco i zimno (blachy, taśmy, kształtowniki, rury i inne). Różne konstrukcje walcarek spotyka się również w kuźnictwie, gdzie są stosowane do kształtowania odkuwek i przedkuwek. Odmianą grupę maszyn, w których narzędzia wykonują ruch obrotowy stanowią profilarki do gięcia i kształtowania blach, które charakteryzują się dużą wydajnością, w związku z czym są stosowane do wytwarzania kształtowników zimnogiętych oraz blach profilowych. Ruch obrotowy narzędzi wykorzystuje się również do zwijania różnego rodzaju powłok i tulei z blach, gięcia poprzecznego kształtowników, gięcia rur.

Tak szerokie rozpowszechnienie procesów obróbki plastycznej przy pomocy obrotowych narzędzi związane jest z dużą wydajnością, mniejszym obciążeniem narzędzi oraz stosunkowo łatwą mechanizacją i automatyzacją maszyn.

11.1. Walcarki

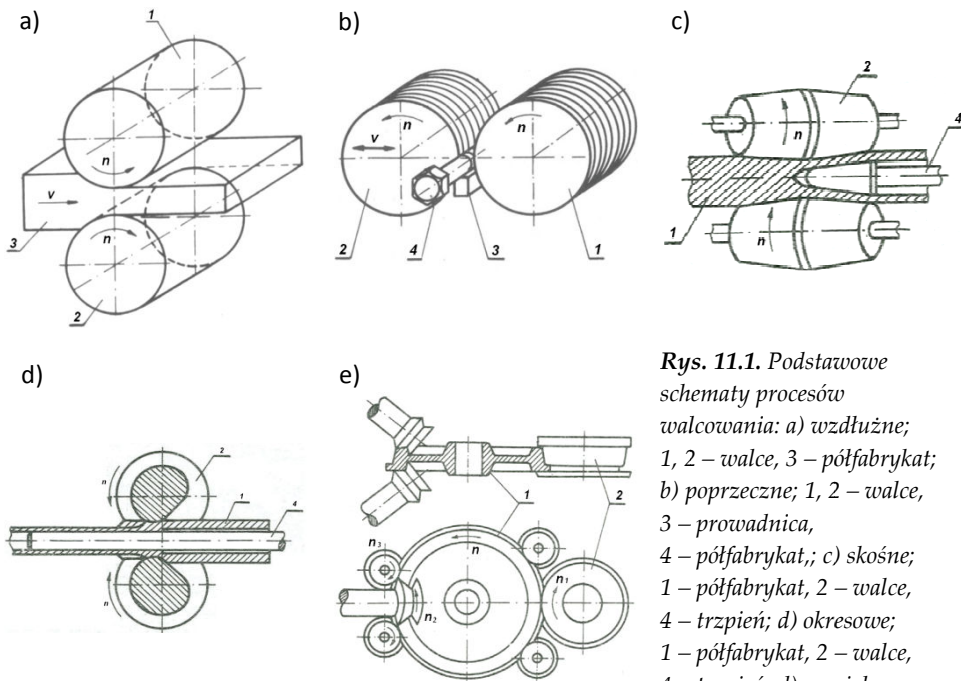
Klasyfikacja

Walcowanie jest obróbką plastyczną, która polega na plastycznym odkształcaniu materiału przez jego zginięcie między obracającymi się walcami, rolkami, krążkami. Ze względu na rodzaj ruchu, jaki wykonuje walcowany materiał, kształtu i ustawienia walców rozróżnia się walcowanie:

- wzdłużne (rys. 11.1a), w którym materiał wykonuje ruch postępowy wzdłuż swojej osi, a walce o osiach wzajemnie równoległych obracają się w przeciwnych kierunkach - otrzymuje się tak głównie blachy, taśmy, pręty i kształtowniki,
- poprzeczne (rys. 11.1b), w którym materiał wykonuje ruch obrotowy, a walce o osiach równoległych obracają się w zgodnym kierunku - wykonuje się tak śruby, wkręty, koła zębate, wałki stopniowane i inne,
- skośne (rys. 11.1c), w którym materiał wykonuje ruch postępowo - obrotowy, a walce o osiach wzajemnie skośnych obracają się w zgodnych kierunkach - wytwarza się tak tuleje rurowe, kule i inne,
- okresowe (rys. 11.1d), w którym materiał wykonuje ruch postępowy lub postępowo - zwrotny, a walce o osiach równoległych (o przekrojach niekołowych) obracają się w przeciwnych kierunkach - kształtuje się w ten sposób tuleje rurowe, przedkuwki, wyroby ornamentowe i inne,

- specjalne, które jest kombinacją omówionych sposobów walcowania – wykorzystując tą metodę walcowania, wytwarza się bosc koła wagonowe, wiertła i inne o złożonych kształtach (rys. 10.1e).

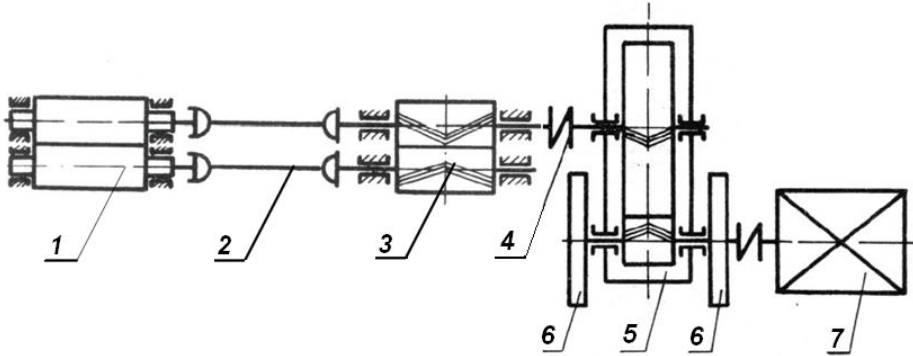
Większość wyrobów stalowych i z metali nieżelaznych w pierwszym etapie wytwarzania jest walcowana. Często wyroby walcowane służą jako materiał wyjściowy do procesów kucia, ciągnięcia, wyciskania, tłoczenia. Również bardzo chętnie wykorzystuje się techniki walcownicze do wytwarzania wyrobów gotowych, co wynika z szeregu zalet kształtowania narzędziami obrotowymi. Dlatego też walcarki stanowią obszerną grupę maszyn do obróbki plastycznej metali i ich stopów. Różnorodność metod walcowania, jaka jest spotykana w przemyśle, powoduje występowanie wielu różnych rozwiązań konstrukcyjnych walcarek. Z uwagi na ograniczoną objętość opracowania, omówione zostaną jedynie podstawowe typy walcarek, na bazie których powstały bardziej złożone konstrukcje, przeznaczone do realizacji specyficznych procesów walcowania.



Rys. 11.1. Podstawowe schematy procesów walcowania: a) wzdłużne; 1, 2 – walce, 3 – półfabrykat; b) poprzeczne; 1, 2 – walce, 3 – prowadnica, 4 – półfabrykat; c) skośne; 1 – półfabrykat, 2 – walce, 4 – trzpień; d) okresowe; 1 – półfabrykat, 2 – walce, 4 – trzpień; e) specjalne; 1 – półfabrykat, 2 – walce [19]

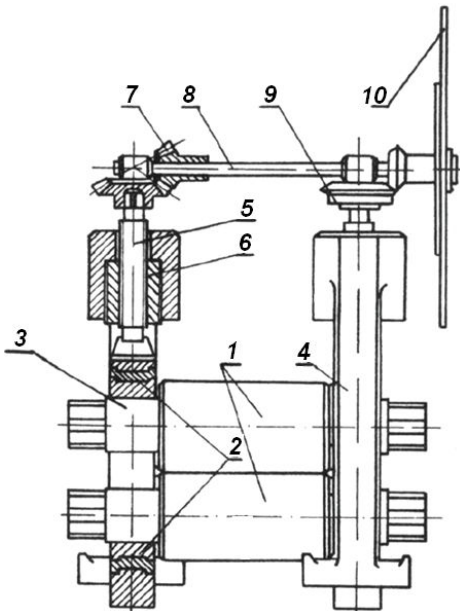
Podstawowymi urządzeniami do walcowania są walcarki oraz urządzenia pomocnicze, tworzące razem tzw. zespoły walcownicze. Walcarką (rys. 11.2) nazywa się urządzenie złożone zwykle z trzech zasadniczych zespołów: klatki walcowniczej, silnika napędowego oraz mechanizmu przenoszącego ruch obrotowy silnika na walce. Do mechanizmów przenoszenia ruchu obrotowego zalicza się takie zespoły jak: sprzęgła główne łączące silnik z przekładnią,

łączniki przegubowe, które służą do połączenia walców z klatką walców zębatych, przekładnie zębate, służące do zmniejszania prędkości obrotowej, klatka walców zębatych, służąca do rozdzielenia i przeniesienia ruchu obrotowego na dwa lub trzy walce, koła zamachowe, umieszczone na wałach pośrednich przekładni i służące jako akumulator energii.



Rys. 11.2. Schemat kinematyczny walcarki: 1 – walce robocze, 2 – łączniki przegubowe, 3 – walce zębate, 4 – sprzęgło, 5 – przekładnia zębata, 6 – koła zamachowe, 7 – silnik [32]

Podstawowa klatka walcownicza (rys. 11.3) składa się z walców roboczych 1, łożysk 2, w których obracają się czopy walców 3, urządzeń nastawczych 10 służących do regulacji wzajemnych odstępów walców, stojaków 4 połączonych ściągaczami, które stanowią kadłub klatki walcowniczej oraz uzbrojenia walców służących do prowadzenia materiału przy wejściu i wyjściu z walców.



Rys. 11.3. Klatka walcownicza duo:

- 1 – walce robocze,
- 2 – łożyska,
- 3 – czopy,
- 4 – stojaki,
- 5 – śruby nastawcze,
- 6 – nakrętki,
- 7 – koło stożkowe,
- 8 – wał napędowy mechanizmu nastawczego,
- 9 – wskaźnik odległości między walcami,
- 10 – koło nastawcze [32]

Wszystkie walcarki można sklasyfikować według trzech kryteriów:

- według liczby i układów walców,
- według układu klatek roboczych w zespole walcowniczym,
- według przeznaczenia walcarek.

W zależności od liczby walców w kłatkach roboczych, walcarki można podzielić na pięć podstawowych grup:

- walcarki duo, w których występują dwa walce robocze,
- walcarki trio, wyposażone w trzy walce robocze,
- walcarki kwarto, posiadające dwa walce robocze i dwa oporowe, podpierające walce robocze,
- walcarki wielowalcowe, (sześciowalcowe, dwunastowalcowe, dwudziestowalcowe), w których występują dwa walce robocze, a pozostałe służą jako oporowe,
- walcarki uniwersalne, które posiadają zarówno poziome jak i pionowe walce robocze.

W zależności od układu ułożenia walców roboczych w kłatkach walcowniczych, wyróżnia się walcarki:

- z poziomym ułożeniem walców,
- z poziomym ułożeniem walców,
- z pionowym i poziomym ułożeniem walców,
- ze skośnym ułożeniem walców,
- walcarki różne, w których walce ułożone są w różnych płaszczyznach.

Proces walcowania prowadzony jest najczęściej w kilku przepustach (przejściach półfabrykatu między walcami), które można zrealizować w jednej walcarence lub w całym zespole walcowniczym, co wymaga zastosowania kilku, a nawet kilkunastu klatek roboczych. W zależności od wzajemnego rozmieszczenia klatek roboczych, można wyróżnić układy walcownicze:

- liniowe,
- równoległe,
- szachownicowe,
- ciągłe i półciągłe.

W zależności od przeznaczenia, walcarki można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- walcarki do walcowania na gorąco,
- walcarki do walcowania na zimno.

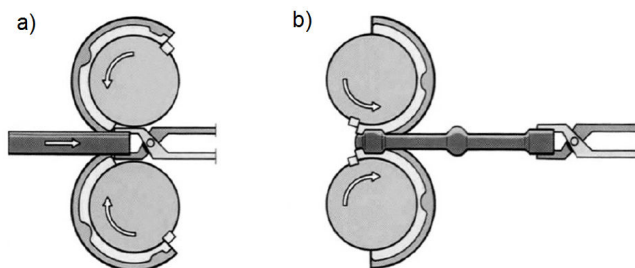
Walcarki do walcowania na gorąco to przede wszystkim zgniatacze, walcarki do walcowania wstępnego (duże), walcarki do szyn, kształtowników grubych, średnich i drobnych, walcarki do blach grubych, średnich i cienkich, walcarki do

blach szerokich, walcarki do walcowania taśm do produkcji rur ze szwem, walcarki do walcowania rur bez szwu.

Walcarki do walcowania na zimno obejmują walcarki do blach średnich i cienkich oraz folii, walcarki do blach na opakowania i taśm.

Walcarki kuźnicze wzdłużne

Równie obszerną grupę maszyn o obrotowym ruchu narzędzi stanowią walcarki kuźnicze, wykorzystywane w procesach walcowania odkuwek i przedkuwek. Proces walcowania wzdłużnego, kuźniczego polega na kształtowaniu metalu między dwoma obracającymi się walcami, na których zamocowane są segmenty robocze. Na segmentach roboczych nacięte są wykroje w postaci bruzd, które współpracując ze sobą powodują zgniatanie materiału i nadanie mużądanego kształtu. Szkic procesu walcowania kuźniczego przedstawiono na rysunku 11.4.



Rys. 11.4. Schemat procesu walcowania kuźniczego przedkuwek : a) początek procesu, b) koniec procesu

Walcarki kuźnicze wzdłużne budową i sposobem pracy przypominają walcarki hutnicze duo. Pod względem konstrukcyjnym walcarki kuźnicze można podzielić na cztery zasadnicze grupy:

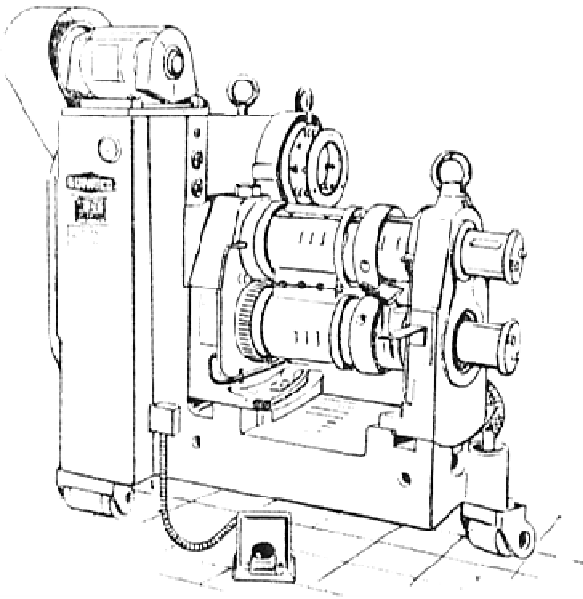
- walcarki ramowe dwustojakowe,
- walcarki konsolowe (wysięgowe),
- walcarki ramowo – konsolowe,
- wieloklatkowe automaty walcownicze.

Walcarki kuźnicze ramowe, dwustojakowe charakteryzują się jedną parą wałów roboczych, które są łożyskowane dwustronnie w stojakach maszyny. Średnice segmentów roboczych wahają się w granicach od 200 do 900 mm. Tego typu walcarki odznaczają się sztywną konstrukcją, dzięki czemu uzyskane wyroby posiadają wyższe dokładności, a stosowane gnioty są znacznie większe.

Walcarki kuźnicze konsolowe (z walcami wysięgowymi) charakteryzują się jednostronnym ułożyskowaniem wałów. Segmenty robocze umieszczone są na końcach wysięgowych wałów, znajdujących się z boku walcarki. Z uwagi na mniejszą sztywność, średnica segmentów roboczych jest znacznie mniejsza niż w walcarkach ramowych i wynosi od 200 mm do 500 mm. Dodatkowo wartość

jednorazowych gniotów jest mniejsza w stosunku do walcarek dwustojakowych. Zaletą walcarek kuźniczych konsolowych jest łatwy dostęp do przestrzeni roboczej oraz znacznie łatwiejszy i szybszy sposób wymiany narzędzi.

Walcarki ramowo – konsolowe należą do grupy walcarek kuźniczych najbardziej rozpowszechnionych w kuźniach matrycowych. Charakteryzują się tym, że posiadają walce robocze zarówno w układzie ramowym, dwustronnie łożyskowane w stojakach, oraz walce wysięgowe. Walcarki tego typu łączące w sobie cechy walcarek ramowych i wysięgowych są stosowane do wytwarzania przedkuwek oraz odkuwek na gotowo. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne wzdłużnej walcarki ramowo – konsolowej pokazano na rysunku 11.5.



Rys. 11.5. Schemat walcarki kuźniczej ramowo – konsolowej [36]

Wielokłatkowe automaty walcownicze są walcarkami kuźniczymi o specjalnej konstrukcji z wydzieleniem każdego wykroju w oddzielną niezależną klatkę walcowniczą. W zależności od sposobu ustawienia klatek roboczych wyróżnia się automaty kuźnicze wielokłapkowe z liniowym ustawieniem klatek walcowniczych, w których ruch materiału odbywa się po linii prostej oraz automaty o promieniowym ustawieniu klatek, przy którym ruch materiału między kłatkami odbywa się po okręgu.

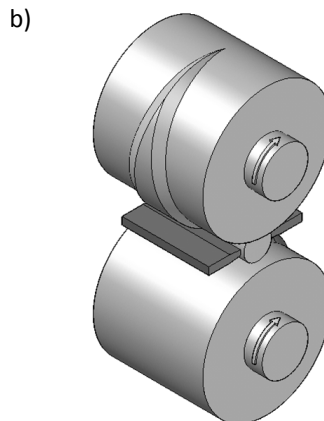
Walcarki kuźnicze poprzeczne

Jedną z dynamicznie rozwijających się technologii kształtowania odkuwek i przedkuwek jest proces walcowania poprzeczno – klinowego (WPK), który polega na plastycznym kształtowaniu wyrobów osiowo – symetrycznych,

w wyniku oddziaływania narzędzi w kształcie klinów. Narzędzia te mogą być montowane na obrotowych wałach lub przesuwnych, płaskich płytach walcarek poprzecznych. W zależności od kinematyki procesu oraz kształtu narzędzi, walcarki poprzeczne stosowane do realizacji procesów WPK dzieli się na dwie grupy:

- walcarki, w których narzędzia wykonują ruch obrotowy,
- walcarki płasko klinowe, w których narzędzia w kształcie płaskich klinów przemieszczają się ruchem postępowym.

Dość szerokie zastosowanie posiadają walcarki poprzeczne pracujące w układzie dwóch walców roboczych. W zależności od położenia osi walców względem siebie spotyka się walcarki poziome lub pionowe (rys. 11.6). W czasie pracy walcarki, walce obracają się z jednakowymi prędkościami w tym samym kierunku, wprawiając kształtowany półfabrykat w ruch obrotowy. Wsad w czasie pracy utrzymywany jest w przestrzeni roboczej przez dwie prowadnice.

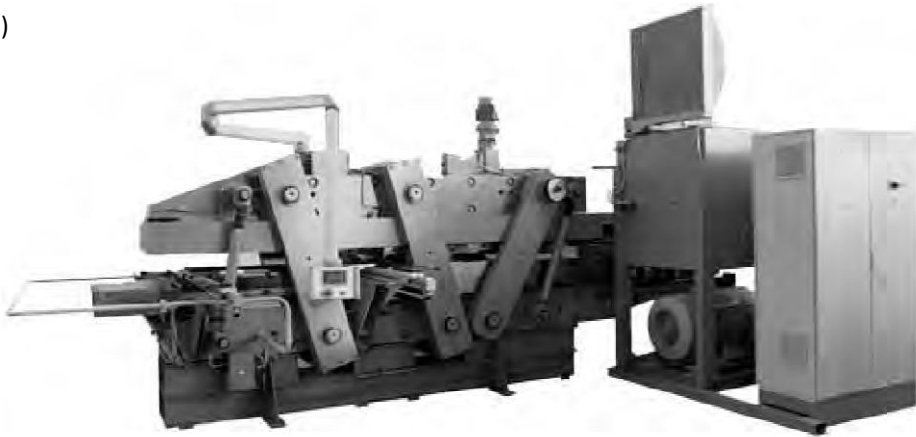


Rys. 11.6. Nowoczesna walcarka poprzeczna, wykorzystywana w procesach WPK firmy Šmeral – a), oraz schemat walcowania poprzeczno-klinowego dwoma walcami – b) [22, 72]

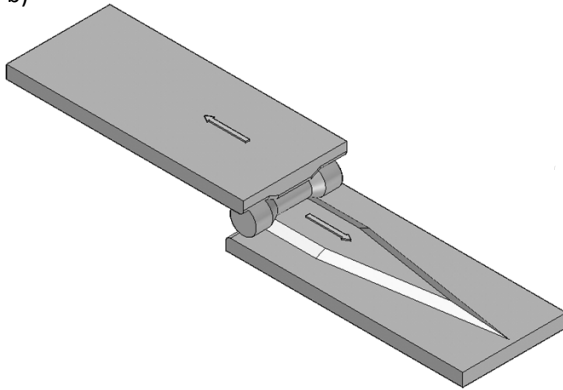
Szeregiem zalet charakteryzuje się proces walcowania poprzecznego narzędziami płaskimi, do realizacji którego wykorzystuje się płaskoklinowe walcarki (rys. 11.7). Do głównych zalet tego typu maszyn można zaliczyć między innymi ich prostą konstrukcję, znacznie niższe koszty narzędzi płaskich w stosunku do walców, łatwość wymiany narzędzi, brak konieczności

stosowania prowadnic. Walcarki płasko klinowe budowane są w wersji z pionowo przemieszczającymi się płytami oraz z płytami przemieszczanymi w płaszczyźnie poziomej. Natomiast w zależności od kinematyki ruchu narzędzi, spotyka się walcarki z jedną płytą ruchomą, przemieszczającą się nad drugą oraz z dwiema płytami, przemieszczającymi się przeciwbieżnie względem siebie.

a)



b)

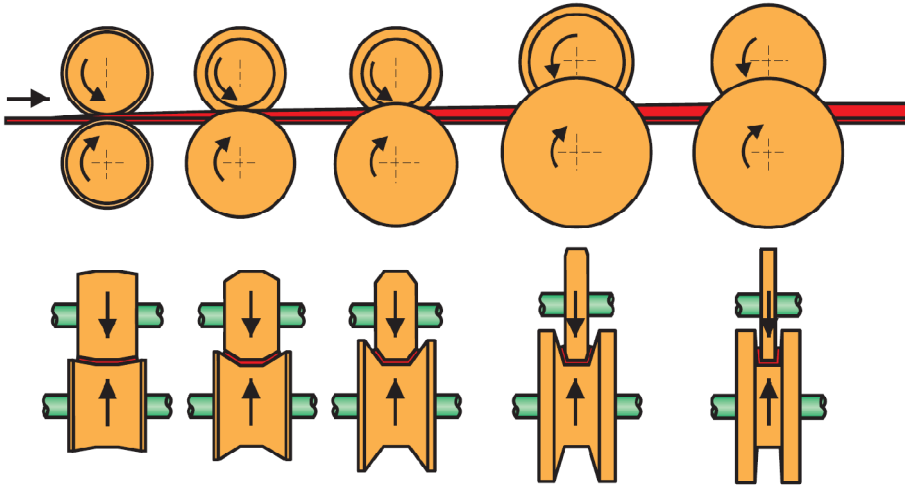


Rys. 11.7. Walcarka płasko klinowa SP-4200, produkowana przez Beltechnologia & M - a), oraz schemat walcowania poprzeczno-klinowego narzędziami płaskimi - b) [22]

11.2. Profilarki wielorolkowe

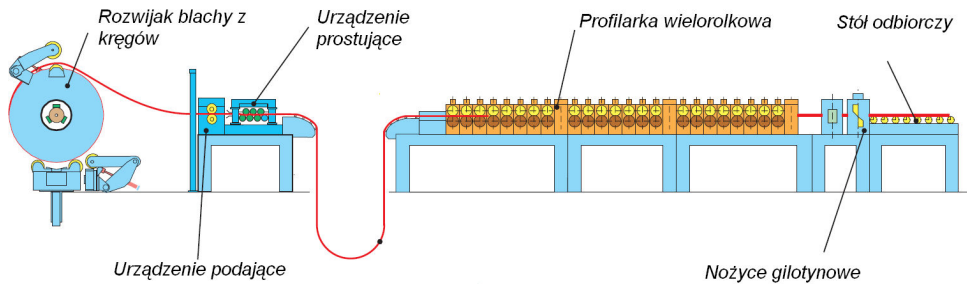
Jedną z metod gięcia cienkościennych kształtowników jest profilowanie ich z taśm za pomocą walcowania wzdłużnego. Polega ono na przepuszczaniu płaskiej blachy lub taśmy kolejno przez szereg par walców, które stopniowo zaginają taśmę, nadając jej żądany zarys przekroju poprzecznego (rys. 11.8). Z uwagi na wysoką wydajność profilarek rolkowych, są one stosowane do seryjnej i masowej produkcji kształtowników zimnogiętych i blach profilowych. Profilarki rolkowe wykorzystuje się również do kształtowania szerokiej gamy

profilu otwartych, półotwartych, bądź zamkniętych (kątowniki, zetowniki, ceowniki, rury ze szwem itp.) oraz blach profilowych (blachy trapezowe, blachy na pokrycia dachowe itp.).



Rys. 11.8. Schemat procesu gięcia ceownika na profilarce wielorolkowej [35]

W celu efektywnego wykorzystania, profilarki wielorolkowe najczęściej pracują w liniach automatycznych do gięcia. Linie profilujące w zależności od sposobu pracy można podzielić na dwie grupy. Pierwsza obejmuje linie, w których profilowanie odbywa się w sposób przerywany (linia zostaje zatrzymana w celu wykonania takich operacji jak tłoczenie oraz cięcie). Druga grupa linii profilujących pracuje w sposób ciągły, bez zatrzymywania całego układu kształtowania. Profilowanie blach i taśm według drugiego sposobu pozwala na uzyskanie większych wydajności, jednak wymusza konieczność stosowania znacznie bardziej złożonych konstrukcyjnie urządzeń do tłoczenia i cięcia, które realizowane są w czasie ruchu profilowanego pasma. Schemat linii do profilowania blach w sposób przerywany (start – stop) przedstawiono na rysunku 11.9. W skład linii wchodzi rozwijak blach z kręgów, rolkowe urządzenie prostujące, profilarka wielorolkowa, prasa z tłocznikiem, nożyce gilotynowe oraz stół odbiorczy. Natomiast na kolejnym rysunku 11.10 pokazano profilarkę wielorolkową wraz z prasą hydrauliczną i gilotyną, stosowaną do kształtowania blach na pokrycia dachowe (blachodachówki) firmy PMP DACHPOLL. Profilarka zbudowana jest z segmentowej ramy, w której łożyskowane są wały robocze maszyny. Narzędzia w postaci kształtowych pierścieni osadzone są na wałach roboczych i zabezpieczone przed osiowym przesunięciem przy pomocy nakrętek. Dolne wały maszyny napędzane są przekładnią łańcuchową, natomiast górne wały pozostają nienapędzane i mają możliwość swobodnego obrotu wokół własnej osi.



Rys. 11.9. Schemat linii do profilowania blach w sposób przerywany (start – stop) [20]

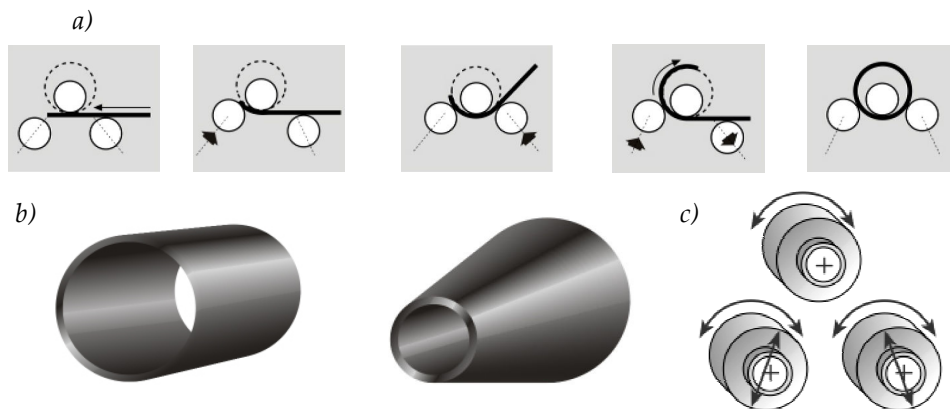
Ukształtowana w profilarce blacha jest przetłaczana w tłoczniku, który stanowi integralną część prasy hydraulicznej, znajdującej się za ostatnią parą walców. Blacha kształtowana w profilarce i tłoczniku jest cięta na dowolne długości przy pomocy nożyc gilotynowych, umieszczone są za prasą i napędzanych mechanicznie układem korbowym. Z uwagi na przerywany cykl pracy wydajność tego typu linii profilującej wynosi około 10 m/min. Sterowanie maszyny realizowane jest w pełni numerycznie.



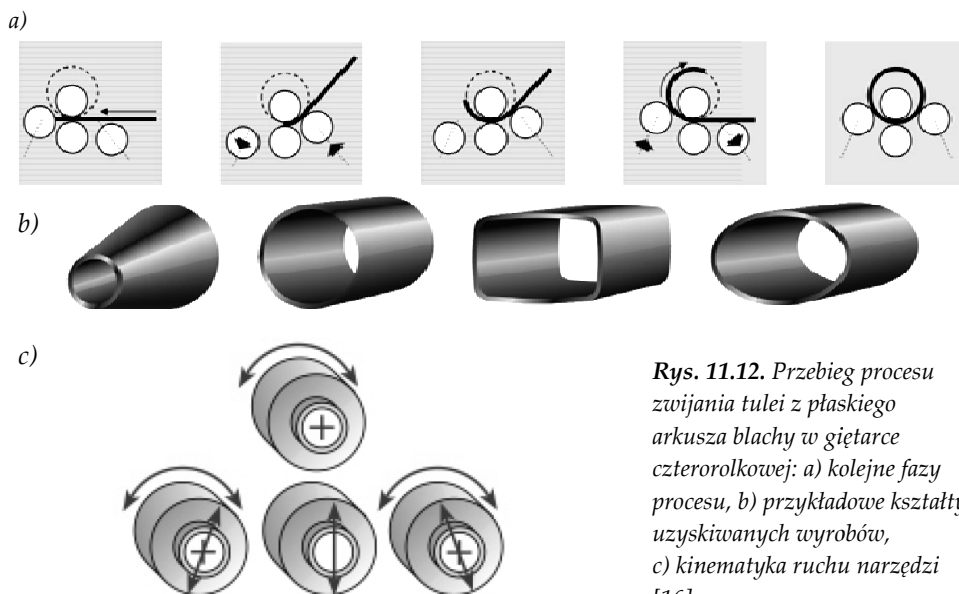
Rys. 11.10. Profilarka wielorolkowa do kształtowania blach na pokrycia dachowe wraz z prasą tłoczącą oraz nożycami gilotynowymi firmy PMP DACHPOLL [70]

11.3. Giętarki rolkowe

Giętarki trójrolkowe oraz czterorolkowe są maszynami uniwersalnymi, stosowanymi do gięcia i zwijania blach, kształtowników oraz rur, ze stosunkowo dużymi promieniami. Ustawianie parametrów gięcia odbywa się w wyniku zmiany położenia jednego, dwóch lub trzech walców. Przebieg procesu zwijania tulei na giętarkach trójrolkowych pokazano na rysunku 11.11, natomiast na rysunku 11.12 przedstawiono kolejne fazy kształtowania wyrobów na giętarkach czterorolkowych.



Rys. 11.11. Przebieg procesu zwijania tulei z płaskiego arkusza blachy w giętarcie trójrolkowej: a) kolejne fazy procesu, b) przykładowe kształty uzyskiwanych wyrobów, c) kinematyka ruchu narzędzi [16]



Rys. 11.12. Przebieg procesu zwijania tulei z płaskiego arkusza blachy w giętarcie czterorolkowej: a) kolejne fazy procesu, b) przykładowe kształty uzyskiwanych wyrobów, c) kinematyka ruchu narzędzi [16]

W zależności od przeznaczenia, grubości giętych blach oraz rodzaju napędu giętarki rolkowe można podzielić na:

- trójwalcowe z napędem ręcznym, stosowane do gięcia i zwijania blach o niewielkich grubościach i wymiarach (do 2 mm grubości) (rys. 11.13),



Rys. 11.13. Giętarka trójwalcowa z napędem ręcznym [74]

- trójwalcowe z napędem mechanicznym oraz ręczną regulacją położenia walca, stosowane do gięcia blach o grubościach do 6 mm (rys. 11.14),



Rys. 11.14. Giętarka trójwalcowa z napędem mechanicznym walców i ręczną regulacją położenia walców [74]

- trójwalcowe z napędem mechanicznym oraz hydraulicznym dosuwem walca gnącego, stosowane do gięcia blach w zakresie do 16 mm (rys. 11.15),



Rys. 11.15. Giętarka trójwalcowa z napędem mechanicznym walców i hydrauliczną regulacją położenia walców [74]

- trójwalcowe z napędem mechanicznym lub hydraulicznym walców oraz hydrauliczną regulacją położenia walców, sterowane numerycznie, stosowane do gięcia blach o grubościach do 180 mm (rys. 11.16),



Rys. 11.16. Giętarka trójwalcowa z napędem mechanicznym walców i hydrauliczną regulacją położenia walców sterowana CNC [53]

- czterowalcowe z napędem hydraulicznym, sterowane numerycznie, stosowane do gięcia blach o grubościach do 180 mm (rys. 11.17)



Rys. 11.17. Giętarka czterowalcowa z napędem hydraulicznym sterowana CNC [51]

Nowoczesne 3-walcowe zwijarki do blachy z hydrauliczną regulacją położenia walców, przeznaczone są do zwijania blachy o grubościach od 2 mm do nawet 180 mm i szerokościach arkuszy do 6000 mm. Walcarki posiadają trzy walce: jeden górny i dwa boczne – obrotowe, które są bezpośrednio napędzane. Boczne walce gnące poruszają się w kierunku góra-dół ruchem planetarnym. Blacha w trakcie zwijania jest ustalona pomiędzy walcami, które obracając się, powodują przemieszczanie blachy i jej zakrzywianie. Walce boczne zapewniają podginanie wstępne oraz zwijanie właściwe.

Giętarki 4-walcowe wyposażone są w dwa walce centralne: górny i dolny - napędzane bezpośrednio przy pomocy motoreduktorów lub silników hydraulicznych, oraz dwa walce gnące – boczne, poruszające się w kierunku góra-dół ruchem planetarnym. Blacha w trakcie zwijania jest zaciśnięta pomiędzy walcami centralnymi, które obracając się, wymuszają ruch blachy (w wyniku siła tarcia na działających na powierzchni kontaktu narzędzia – gięty półfabrykat). Zastosowanie czterech walów roboczych minimalizuje długość odcinka prostego zwijanej blachy oraz zapewnia większą precyzję zwijania dzięki mocnemu i stałemu zaciśnięciu blachy pomiędzy walcem górnym a dolnym.

Giętarki rolkowe wykorzystuje się również do gięcia płaskowników, kątowników, prętów kwadratowych, okrągłych, profili o przekroju kwadratowym, prostokątnym, rur, ceowników, teowników i innych profili specjalnych. Zasada ich działania jest identyczna, jak giętarek trójwalcowych do zwijania blach. Maszyny wyposażone są w trzy obrotowe rolki gnące, z których przynajmniej dwie są napędzane. Zmiana krzywizny wyrobu jest wynikiem docisku jednej z rolek na kształtowany materiał lub wzajemnego przemieszczania się dwóch rolek względem trzeciej. Giętarki rolkowe do gięcia profili budowane są poziomym położeniem walców oraz pionowym ułożonym walców. Giętarke rolkową w układzie poziomym do gięcia profili pokazano na rysunku 11.18. W przedstawionej giętarce dwie dolne rolki nie zmieniają swojego położenia i wykonują ruch obrotowy, natomiast górna rolka ma możliwość swobodnego obrotu wokół własnej osi i jednocześnie jest przemieszczana w prowadnicach wzdłuż osi pionowej. Przemieszczenie liniowe górnej rolki jest wywołane działaniem siłownika hydraulicznego.



Rys. 11.18. Giętarka trójrolkowa do gięcia profili z narzędziami w układzie poziomym [40]



Rys. 11.19. Duża giętarka trójrolkowa do gięcia profili z narzędziami w układzie poziomym firmy SAHINLER [69]

Giętarka pokazana na rysunku 11.19 przeznaczona jest do gięcia większych profili. Posiada trzy napędzane rolki robocze w układzie poziomym. Sam proces gięcia jest wywołany planetarnym przemieszczaniem się dwóch dolnych narzędzi w stosunku do rolki górnej.

Giętarki w układzie poziomym walców roboczych stosowane są do gięcia i zwijania profili o stosunkowo niewielkich wymiarach i masach. Natomiast do gięcia profili ciężkich stosuje się giętarki pracujące w układzie poziomym (rys. 11.20). Przy czym w dużych giętarkach z pionowym usytuowaniem walców, trzy rolki są napędzane, wykonując ruch obrotowy, a dodatkowo dwie rolki robocze przemieszczają się względem rolki obrotowej.

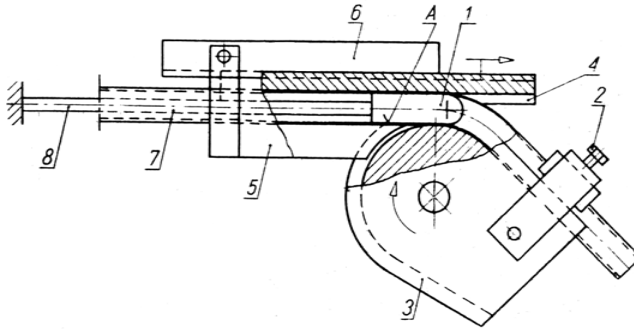


Rys. 11.20. Trójrolkowa giętarka do profili z pionowym usytuowaniem wałów, sterowana CNC [40]

11.4. Giętarki trzpieniowe

Jednym ze sposobów gięcia rur i kształtowników ze względnie małymi promieniami jest proces owijania półfabrykatów na wzorniku obrotowym, w trakcie którego gięty element przyjmuje stopniowo kształt obracającego się wzornika (rys. 11.21). W przypadku gięcia cienkościennych rur i profili zamkniętych pojawia się niebezpieczeństwo utraty stateczności materiału w strefie gięcia, co skutkuje deformacją kształtowanych elementów (pofałdowanie ścianki wyrobu, deformacja przekroju poprzecznego). Aby uniknąć deformowania wyrobów w trakcie gięcia elementów cienkościennych,

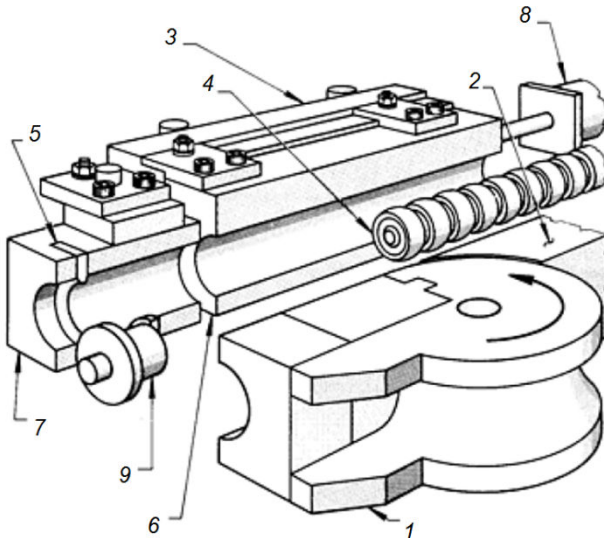
wprowadza się do strefy gięcia (do wnętrza rury lub kształtownika) dodatkowe narzędzie – trzpień, które podtrzymuje ścianki półfabrykatu w trakcie jego owijania na rolce. Ze względu na swoją budowę trzpień stosowane w procesach gięcia kształtowników zamkniętych metodą owijania dzieli się na dwie zasadnicze grupy: trzpień sztywne i trzpień kształtowe.



Rys. 11.21. Schemat gięcia przez owijanie na wzorniku:

- 1 - głowica trzpienia;
- 2 - dociska;
- 3 - rolka gnąca,
- 4 - listwa obtaczająca;
- 5 - listwa wygładzająca;
- 6 - listwa prowadząca;
- 7 - gięta rura;
- 8 - drąg trzpienia [18]

Do gięcia rur i kształtowników zamkniętych metodą owijania stosuje się giętarki trzpieniowe, które obecnie w większości przypadków budowane są z napędem hydraulicznym i sterowaniem CNC. Przestrzeń robocza takiej giętarki (rys. 11.22) składa się z rolki gnącej – 1, na której owijany jest półfabrykat, listwy prowadzącej półfabrykat – 2, oprawy – 3, w której osadzona jest listwa dociskowa – 6, trzpienia kształtowego – 4, zabezpieczającego gięty obszar wyrobu przed deformacją, szczęki gnącej – 5, która powoduje obrót rolki i owinięcie na niej rury, oprawy szczęki – 7, układu dosuwu – 8 oraz zderzaka - 9.



Rys. 11.22. Schemat przestrzeni roboczej giętarki trzpieniowej:

- 1 - rolka kształtowa,
- 2 - listwa prowadząca,
- 3 - oprawa,
- 4 - trzpień dzielony,
- 5 - szczeka gnąca,
- 6 - listwa dociskowa,
- 7 - oprawa szczęki,
- 8 - układ dosuwu,
- 9 - zderzak [7]

Napęd szczęki oraz rolki gnącej realizowany jest hydraulicznie. Dodatkowo takie czynności, jak zaciśnięcie półfabrykatu (rury lub kształtownika), wprowadzenia trzpienia, dojazd prowadnicy są realizowane hydraulicznie. Giętarki takie pracują na zasadzie półautomatycznej i znajdują zastosowanie do seryjnej produkcji giętych elementów o małym stopniu komplikacji. Starsze konstrukcje giętarek sterowanych NC pracują w trybie półautomatycznym i znajdują zastosowanie do seryjnej produkcji giętych elementów o stosunkowo prostych kształtach. Podawanie wsadu oraz jego pozycjonowanie najczęściej odbywa się ręcznie.

Giętarki trzpieniowe w pełni sterowane numerycznie (CNC), mogą pracować w sposób całkowicie automatyczny. Wyposażane są w dodatkowe urządzenia, typu podajniki półfabrykatu, manipulatory, urządzenia kontrolno – pomiarowe, dzięki którym mogą samoczynnie wykonywać sekwencję gięć przestrzennych. Często giętarki trzpieniowe sterowane CNC wyposażone są w dodatkowe rolki „push-bending”, dzięki którym możliwe jest kształtowanie dużych promieni zagięć metoda zwijania na rolkach. Giętarke trzpieniowa do gięcia rur i kształtowników zamkniętych pokazano na rysunku 11.23.



Rys. 11.23. Giętarka trzpieniowa do rur i kształtowników zamkniętych A 100 TNCPB, sterowana numerycznie firmy CSM [55]

Literatura

- [1] Boczarow J. A.: Prasy śrubowe. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1980.
- [2] Cink, Tomczyk J., Wolski T.: Hydrostatyczne układy napędowe maszyn roboczych. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej. Łódź, 1993.
- [3] Dembiński, M.: Wibroizolacja młotów matrycowych. Inżynieria i Budownictwo 2006, R62, nr 3, s. 138-142.
- [4] Die Forging Hammers, Machines for solid metal forming. LASCO Umformtechnik GmbH, 2005.
- [5] FASCINATION OF SHEET METAL. PUNCHING, NIBBLING, AND FORMING. TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH, 2008.
- [6] Forging. Katalog Schuler 2009.
- [7] Forming and Forging, 1988, Volume 14 ASM Metals Handbook.
- [8] GERB. Direct Spring Support of Forging Hammers. Katalog 2000.
- [9] Giesztowtt L., Karaszkiewicz A.: Prasy hydrauliczne. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1972.
- [10] Giesztowtt L.: Prasy Hydrauliczne. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1955.
- [11] Głanowski F.: Urządzenia wydziałów przeróbki plastycznej. Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego, Warszawa 1972.
- [12] Gołatowski T.: Prasy mechaniczne : Konstrukcja, eksploatacja i modernizacja. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1970.
- [13] Gontarz A., Łukasik K., Pater Z., Weroński S. W.: Technologia kształtowania i modelowanie nowego procesu wytwarzania wkrętów szynowych. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. Lublin 2003.
- [14] Grochowski E., Grosman F., Oskędra K.: Maszyny ciągarskie. Katowice, Śląsk 1976.
- [15] Gube G.: Młoty kuźnicze. Wydawnictwo Naukowo Techniczne. Warszawa 1964.
- [16] HACO. Maszyny do obróbki blach. Katalog produktów, 2009.
- [17] Ignatow A. A.: Młoty matrycowe. Państwowe Wydawnictwo Techniczne. Warszawa 1961.
- [18] Korzemiński J. W.: Gięcie rur cienkościennych WNT. Warszawa 1971.
- [19] Leskiewicz W., Jaglarz Z., Morawiecki M.: Technologia i urządzenia walcownicze. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 1977.
- [20] Metal forming handbook, Schuler, Springer, 1998.
- [21] Morawiecki M., Sadok L., Wosiek E.: Przeróbka plastyczna. Podstawy teoretyczne. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1986.
- [22] Pater Z. Walcowanie poprzeczno – klinowe. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. Lublin 2009.
- [23] Piecie grzewcze, Katalog produktów firmy REMIX S.A. 2012.

- [24] Praca zbiorowa: Prasy mechaniczne stosowane w tłocznictwie. Wydawnictwo Naukowo Techniczne. Warszawa 1959.
- [25] Prasa krawędziowa AFM EP. Bystronic 2006.
- [26] Punching. Technology, tools, practical operation. TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH, 2006.
- [27] Romanowski W. P.: Poradnik obróbki plastycznej na zimno. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1976.
- [28] Samołyk G.: Podstawy teoretyczne i modelowanie prasowania obwiedniowego. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2012.
- [29] Samołyk G.: Wybrane zagadnienia technologii i teorii prasowania obwiedniowego. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2012.
- [30] Screw presses, Katalog pras śrubowych, LASCO 2005.
- [31] Stryczek S.: „Napęd hydrostatyczny”, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1990.
- [32] Sypniewski R.: Walcownictwo I Ciągarstwo. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa 1988.
- [33] Technical information, Bending Technology. TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH, 2010.
- [34] Thick Turret Special Tooling. WILSON TOOL Catalogue, 2006.
- [35] Tschachtsch H. Metal Forming Practise. Processes – Machines – Tools. Vieweg Verlag, Wiesbaden 2005.
- [36] Wasiunyk P.: Kucie Matrycowe. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1987.
- [37] www.aida-global.com.
- [38] www.ams-at.eu.
- [39] www.atkinautomation.com.
- [40] www.cnc-projekt.pl.
- [41] www.cuttingmachinecn.com.
- [42] www.directindustry.com.
- [43] www.directindustry.com.
- [44] www.ecvv.com.
- [45] www.finnpower.com.
- [46] www.hacocanada.com.
- [47] www.hbydcn.com.
- [48] www.hydraulic-press-prosperous.com.
- [49] www.indiamart.com.
- [50] www.indiamart.com.
- [51] www.inte.com.pl.
- [52] www.jps-machinery.co.uk.
- [53] www.konstech.info.pl.
- [54] www.machinescentre.com.

- [55] www.macri-italia.pl.
- [56] www.mecamaq.com.
- [57] www.metalformingmagazine.com.
- [58] www.mfrbee.com.
- [59] www.narendrapresstech.com.
- [60] www.nkhhammers.tradeindia.com.
- [61] www.nkmz.com.
- [62] www.para.poznan.pl.
- [63] www.pmpdachpol.pl.
- [64] www.poltechnik.pl.
- [65] www.pressix.it.
- [66] www.qdpress.en.hisupplier.com.
- [67] www.rajeshpowerpress.trustpass.alibaba.com.
- [68] www.revro.com.
- [69] www.sahinlermetal.com.
- [70] www.sangiacomopresse.it.
- [71] www.sgbhydraulics.com.
- [72] www.smeral.cz.
- [73] www.sribalajimachinetool.tradeindia.com.
- [74] www.tabor24.pl.
- [75] www.thefabricator.com.
- [76] www.trumpf-machines.com.
- [77] www.vengle.com.
- [78] www.zamet.com.