

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Примењена механика и аутоматско управљање

Предмет: Механика флуида

Број индекса: 123/2015

Стефан В. Димитријевић

**Хидраулични системи на примеру
хидрауличне пресе
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Слободан Савић-ментор

Датум одбране: _____

2. _____

Оцена: _____

3. _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- ❖ проучи одговарајућу литературу везану за материју која се обрађује,
- ❖ на основу прикупљених и систематизованих података из препоручене и друге литературе ове области прикаже и методолошки изложи компоненте хидрауличног система са техничког аспекта и
- ❖ прикаже функционалност хидрауличног система кроз конкретан пример хидрауличне пресе.

Препоручена литература:

[5] Вилотић Д., Хидрауличне пресе и чекићи, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2014

Крагујевац, септембар 2020.

Ментор:

Проф. др Слободан Савић

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се литературом и својим стеченим знањем.

Стефан Димитријевић 123/2015

Садржај

Увод.....	6
1. Хидраулични системи кроз законе хидраулике.....	7
1.1. Принцип рада хидрауличних система	8
2. Компоненте хидрауличног система са техничког аспекта	12
2.1. Хидраулични преносник	13
2.1.1. Хидрауличне променљиве	14
2.1.2. Енергетски прорачун	16
3. Хидрауличне пресе.....	18
3.1. Начин рада пресе.....	21
3.2. Основне особине хидрауличних преса.....	22
3.2.1. Радни циклус хидрауличне пресе	25
3.2.2. Функционисање хидрауличне пресе	26
3.2.3. Радна течност	27
3.2.4. Степен корисног дејства хидрауличних преса	29
3.3. Врсте хидрауличних преса	30
3.4. Хидраулична преса са клиповима у истој хоризонталној равни	31
4. Закључак	33
ЛИТЕРАТУРА	34

Резиме

У овом раду обрађене су основне теме из Хидрауличних система и Хидрауличних преса: принцип рада хидрауличних система, компоненете хидрауличних система, хидраулични преносник, хидрауличне променљиве, енергетски прорачун. Говори се о начину рада пресе, основним особинама преса, врстама хидрауличних преса.

Кључне речи: хидраулични систем, хидрауличне пресе, хидраулични преносник, хидраулични мотор, Паскалов закон

Abstract

This paper deals with the basic topics from Hydraulic Systems and Hydraulic Presses: the principle of operation of hydraulic systems, components of hydraulic systems, hydraulic transmission, hydraulic products, energy calculation. There is talk about the mode of operation of the press, the basic features of the press, the types of hydraulic presses.

Keywords: hydraulic system, hydraulic presses, hydraulic transmission, hydraulic motor, Pascal's law

Увод

Хидраулични систем је технички систем за претварање, пренос енергије и управљање њоме. У овом раду се анализирају:

- основне функције хидрауличног система,
- хидраулични преносник,
- основне хидрауличне променљиве и
- основни енергетски прорачуни.

Функције хидрауличног система су: претварање механичке енергије у хидрауличну (и обрнуто), пренос енергије с једног места на друго и одговарајуће управљање.

У хидраучном систему се притисак који делује на течност, у било ком тренутку времена, преноси без губитака. Та течност делује под притиском на сваки део посуде и ствара силу. Користећи ову силу и у зависности од тога како је примењена, могу се подизати велика оптерећења, као и обављати прецизни задаци.

Водећи разлог за употребу хидрауличних система је могућност развијања великих сила и једноставност конструкције.

1. Хидраулични системи кроз законе хидраулике

Под хидрауличким системом, у општем случају, подразумева се скуп уређаја способних да врше пренос енергије и информације помоћу хидрауличке течности. Хидраулички систем претвара механичку енергију у хидрауличку и обратно.

У хидрауличним системима пренос енергије врши нестишљива течност под притиском. Притисак течности се правилно распростире на све стране у затвореном систему. У хидрауличним системима се најчешће користи специјално уље које се назива хидраулично уље. Основна функција хидрауличног уља је да делује као медијум за преношење силе. Поред тога хидраулично уље мора да:

- обезбеди адекватно подмазивање,
- обезбеди одговарајуће заптивање,
- штити систем од рђања и корозије,
- обезбеди одговарајућу јачину уљног филма у циљу смањења хабања,
- поседује могућност брзог таложења и издвајања нерастворних честица које уђу у систем,
- добро одводи топлоту,
- поседује добре вискозно-температурне карактеристике.

Хидраулични системи се деле на две велике гране: хидродинамички и хидростатички системи.

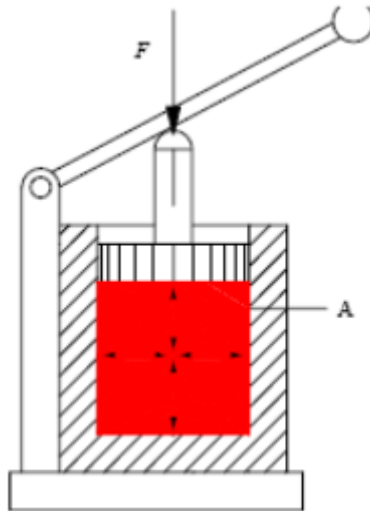
Хидродинамички систем преноси енергију посредством кинетичке енергије струје радне течности. У хидродинамичким системима хидраулична пумпа са погоном изван система производи висок радни притисак који се преко хидрауличног уља преноси на хидраулични мотор или радни цилиндар.

Хидростатички систем преноси енергију посредством потенцијалне енергије радне течности (енергија притиска). Код хидростатичког система енергија која делује на цилиндар давача преноси се на радни цилиндар преко стуба течности. Хидростатички погони су погодни за регулацију па се веома често примењују у регулационим системима.

1.1. Принцип рада хидрауличних система

Принцип рада хидростатичких уређаја је у основи заснован на нестишљивости хидрауличке течности и на Паскаловом закону.

Паскал је установио да се поремећај изазван дејством спољашње силе на мирну течност узатвореном суду, простире на све стране једнако и има исту вредност (то важи за сваки флуидни делић). Шематски је то приказано на слици 1.



Слика 1. Стварање притиска у затвореном цилиндру [1]

Ако се делује спољашњом силом F на покретни клип цилиндра (слика 1) у течности испред клипа ствара се притисак p . Његову величину одређује сила F која делује на површину покретног клипа A (активна површина клипа која је у директном контакту са течностима).

$$p = \frac{F}{A} \quad (1.1)$$

где су: p [Pa] - притисак,

F [N] - сила и

A [m²] - активна површина клипа.

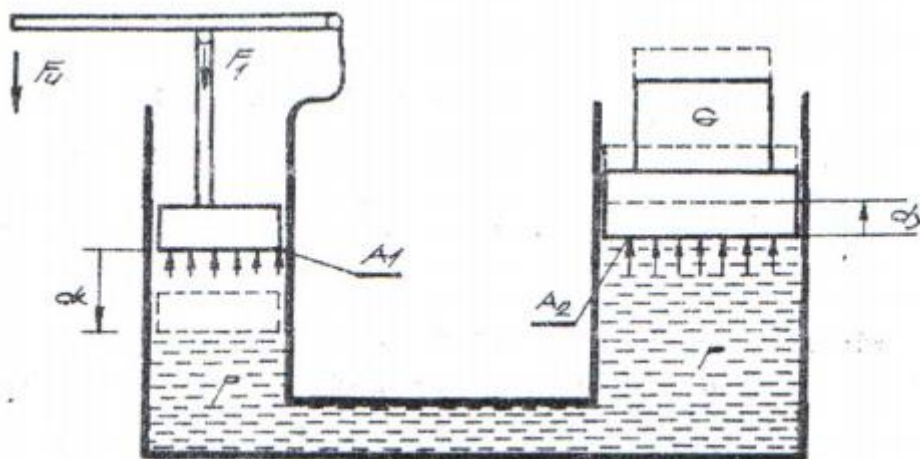
Хидростатички притисак, пропорционалан са висином стуба течности у цилиндру, густином и убрзањем силе земљинетеже, може се занемарити (јер му је вредност мала).

Мерна јединица за притисак у SI систему је Паскал [Pa]. Међутим у техничкој пракси се користе и друге јединице (Табела 1).

Табела 1. Мерне јединице за притисак

	Pa [N/m ²]	bar [daN/cm ²]	MPa [daN/mm ²]	M H ₂ O
Pa [N/m ²]	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	1,02 x 10 ⁻⁴
bar [daN/cm ²]	10 ⁵	1	0,1	10,2
MPa [daN/mm ²]	10 ⁶	10	1	102
M H ₂ O	9,81 x 10 ³	9,81x10 ⁻²	9,81x10 ⁻³	1

Својство нестишљивости хидрауличке течности искоришћено је за рад хидростатичког погона, односно за пренос енергије флуида са једног места на друго, што се може објаснити на примеру двасукцесивно спојена цилиндра (слика 2).



Слика 2. Принцип рада хидростатичког погона [1]

Ако се силом F_1 делује на клип површине A_1 првог цилиндра доћи ће до појаве притиска p који делује у свим правцима, па према томе и на клип површине A_2 другог цилиндра.

Деловање силе F_1 доводи до помака првог клипа за вредност dx , односно другог клипа за вредност dy .

Сила F_1 се уравнотежава притиском p :

$$F_1 = A_1 \cdot p \quad (1.2)$$

Сила терета G такође се уравнотежава притиском p :

$$G = F_2 = A_2 \cdot p \quad (1.3)$$

Уз претпоставку да су цилиндри апсолутно херметични, да је флуид апсолутно нестишљив и да су силе трења занемариве, на основу израза (1.2) и (1.3) се може написати следећи однос:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1.4)$$

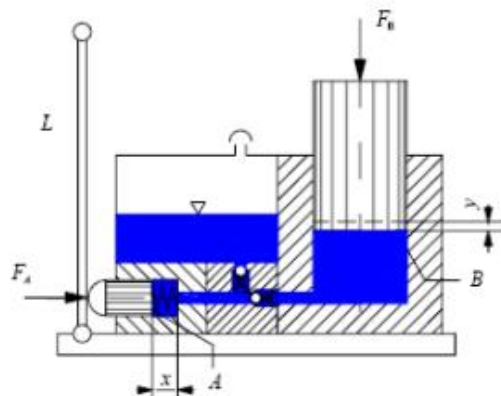
На основу горњих разматрања може се закључити да је притисак у хидростатичком систему функција оптерећења:

$$p = \frac{F_2}{A_2} \quad (1.5)$$

У првом цилиндру се механички рад претвара у хидрауличку енергију притиска. Такав уређај називамо хидрауличком пумпом. У другом цилиндру се хидрауличка енергија претвара у механички рад, а уређај називамо хидрауличким мотором.

При димензионисању хидрауличких система притисак у систему p одређује се на основу оптерећења. То значи да пројектант на основу максималног оптерећења и свих губитака притиска у систему бира максимални притисак – $p_{\max}$ и на основу тога врши димензионисање мотора. У случају хидрауличног цилиндра то димензионисање се своди на одређивање површине клипа A_2 .

Ово својство хидрауличног система користи се код преса или дизалица (слика 3).



Слика 3. Хидраулички систем – хидрауличка дизалица [1]

Два цилиндра са покретним клиповима, спојена су каналима испуњеним радном течношћу, преко једносмерних вентила. Клип мањег цилиндра (активна површина клипа A) може се померати под деловањем спољне силе F_A . Потребна количина радне течности налази се у резервоару изнад мањег клипа.

Уводе се следеће претпоставке:

- радна течност је нестишљива,
- нема деформација зидова цилиндара,
- нема губитака радне течности,
- нема трења при кретању клипова и
- маса клипова је занемарљиво мала.

Кад спољна сила F_A делује на мањи клип, он се помера у десно. У течности настаје притисак p . Чело клипа потискује течност кроз једносмерни вентил у већи цилиндар (активна површина клипа B). Он се помера на горе и генерише силу F_B .

Клип мањег цилиндра (површине клипа A) помери се за величину x кад на њега делује сила F_A . Притоме у течности настаје притисак $p = F_A / A$, а чело клипа потисне запремину течности $V = A \cdot x$. Истовремено, клип у већем цилиндру (површине клипа B) помера се за величину y услед деловања силе $F_B = p \cdot B$ настале због притиска у хидрауличком систему (Паскалов закон, затворен суд испуњен нестишљивом течношћу). Преношење енергије са клипа A на клип B , остварено је физичким премештањем запремине течности:

$$V = A \cdot x = B \cdot y.$$

Однос величина хода клипова је обрнуто пропорционалан активним површинама.

$$\frac{x}{y} = \frac{B}{A} \quad (1.6)$$

Наведени примери илуструју основне функције хидрауличног система:

- претварање механичке енергије у хидрауличку (мањи цилиндар и покретни клип),
- пренос енергије (цилиндри су затворени спојени судови испуњени нестишљивом течношћу),
- претварање хидрауличке енергије у механичку (већи цилиндар и покретни клип) и
- појачање силе ($F_B > F_A$).

2. Компоненте хидрауличног система са техничког аспекта

Основне компоненте хидростатичког система су:

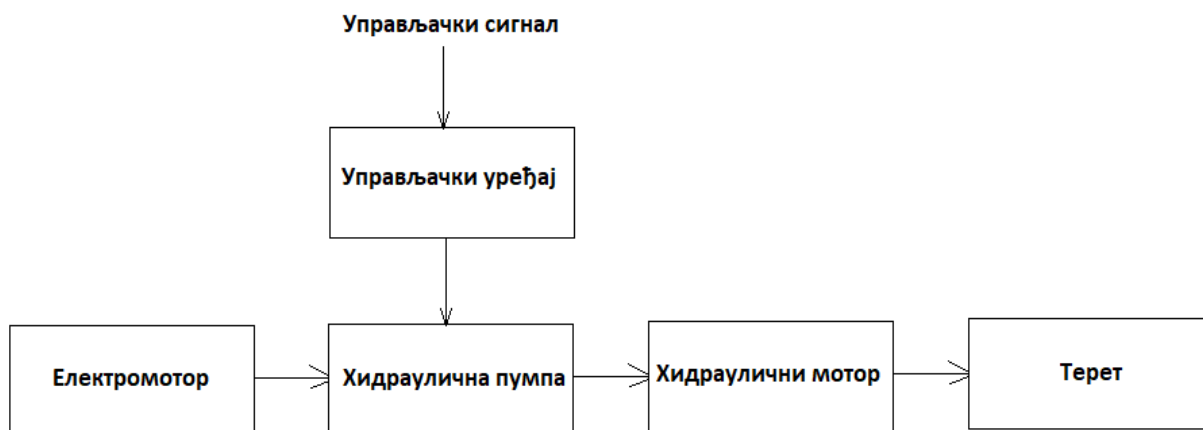
- генератор хидрауличке енергије (пумпа, акумулатор),
- управљачке компоненте (разводник, серво разводник, регулатор притиска, регулатор протока итд.),
- извршне компоненте (хидромотори, цилиндри) и
- помоћне компоненте (цевоводи, резервоари, филтри, измењивачи топлоте итд.).

Хидрауличка пумпа је уређај који механичку енергију преводи у хидрауличку енергију (енергију притиска).

Хидраулички мотор хидрауличку енергију преводи у механичку енергију.

На слици 4 илустрован је ток енергије и информације у хидростатичком систему.

Широка примена хидрауличких уређаја у готово свим областима технике условљена је великим бројем предности у односу на остале погоне.



Слика. 4. Илустрација преноса енергије и информације у хидростатичком систему

Основне предности хидростатичких погона над осталим погонима су:

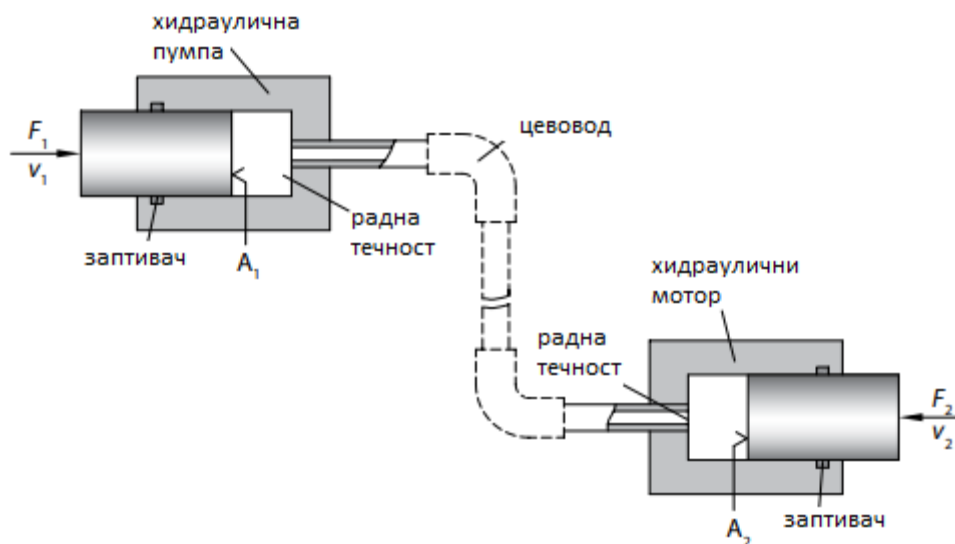
- веома мала маса, габарити и моменти инерције,
- једноставна заштита од преоптерећења,
- могућност добијања великих преносних односа без употребе редуктора,
- могућност континуалне промене брзине и смера,
- веома једноставно претварање обртног у транслаторно кретање,
- велика брзина одзива, због практичне нестишљивости хидрауличног уља.

Хидростатички системи имају и одређене недостатке:

- осетљивост на прљавштину,
- губитак енергије, која се претвара у топлоту, нарочито код пригушног упављања,
- појава унутаршњих и спољашњих губитака
- могућност продора ваздуха у систем,
- утицај промене температуре на рад система, и сл.

2.1. Хидраулични преносник

Идеалан хидраулични преносник је хидраулични систем чије су функције претварање и пренос енергије; поједностављено је приказан на слици 5. Основни елементи хидрауличног преносника су: хидраулична пумпа, радна течност, цевовод и хидраулични мотор. [2]



Слика 5. Идеалан хидраулични преносник [2]

Претпоставља се да је радна течност идеална тј. савршена (није стишљива ни вискозна) и да се у хидрауличном преноснику не губи енергија.

Клип хидрауличне пумпе површине A_1 под деловањем силе F_1 потискује испред себерадну течност и ствара притисак p_1 у њој. Истиснута течност из пумпе кроз цевовод долази у хидромотор и потискује клип хидромотора површине A_2 . Притисак на пумпи, p_1 , једнак је притиску p_2 на хидромотору (идеални услови рада, нема губитака енергије).

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = p_2 = \frac{F_2}{A_2} \quad (2.1)$$

Сила F_2 на клипу цилиндра мотора има вредност:

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 \quad (2.2)$$

Однос активних површина клипа мотора и пумпе, A_2 / A_1 , је коефицијент појачања силе у хидрауличном преноснику.

Како су претпостављени идеални услови, испред клипа хидромотора доспева сва истиснута течност из хидрауличне пумпе, тј. постоји једнакост запремина.

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad (2.3)$$

где су v_1 и v_2 [m/s] – брзина клипа пумпе и мотора.

Брзина клипа мотора, v_2 , изражена је формулом:

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot v_1 \quad (2.4)$$

Однос активних површина клипа мотора и пумпе, A_1 / A_2 , је коефицијент појачања силе у овом преноснику.

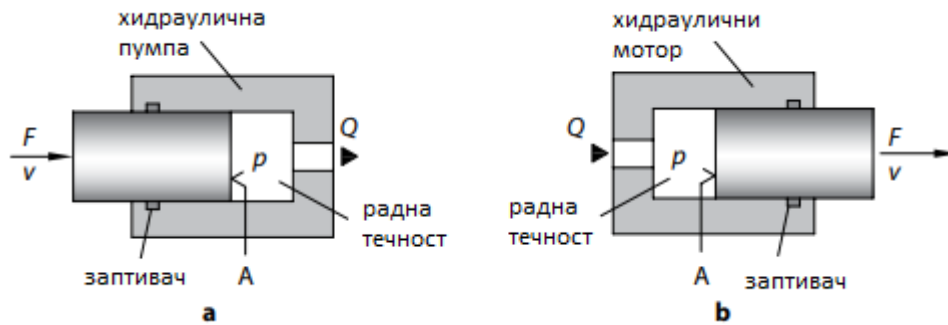
За практичну реализацију функције управљања хидрауличном енергијом у хидрауличном систему (хидрауличном преноснику) примењују се два начина:

- пригушивање протока радне течности пре уласка у хидраулични мотор (пригушно управљање),
- промена радне запремине хидрауличне пумпе или мотора у току процеса преношења енергије (запреминско управљање).

2.1.1. Хидрауличне променљиве

Хидраулична енергија се добија посредством покретних механичких делова (клип у цилиндру), претварањем из механичке енергије. То је за сада једина технички прихватљива могућност.

Хидраулична енергија се може добити и деловањем магнетског поља на радну течност која има феромагнетске особине; значи, претварањем из електричне енергије. Таква течност не постоји у природи али се може добити вештачким путем. Течности с феромагнетским особинама веома су скупе, што ограничава могућности евентуалне примене за генерисање хидрауличне енергије.



Слика 6. Елементарна хидраулична пумпа (а) и хидраулични мотор (б) [2]

Елементарна хидраулична пумпа (генератор хидрауличне енергије) има цилиндар и покретни клип са активном површином A , и приказана је шематски на слици 6а. Простор испред клипа испуњен је радном течношћу. Притисак p , који настаје услед деловања силе F на клип површине A , има вредност:

$$p = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

где су:

p [Pa] – притисак,

F [N] – сила и

A [m²] – активна површина клипа.

Запремински проток Q радне течности из хидрауличне пумпе изражава се формулом:

$$Q = v \cdot A \quad (2.6)$$

где су:

Q [m³/s] – проток и

v [m/s] – брзина кретања клипа.

Хидраулична снага P је:

$$P = Q \cdot p \text{ [W]} \quad (2.7)$$

Елементарни хидраулични мотор, шематски приказан на слици 6.б, претвара доведену хидрауличну енергију у механички рад. [2]

Сила F на клипу хидромотора пропорционална је притиску p (који влада у течности испред клипа) и величини активне површине A клипа мотора:

$$F = p \cdot A \quad (2.8)$$

Брзина клипа v хидромотора пропорционална је доведеном протоку Q и површини клипа A :

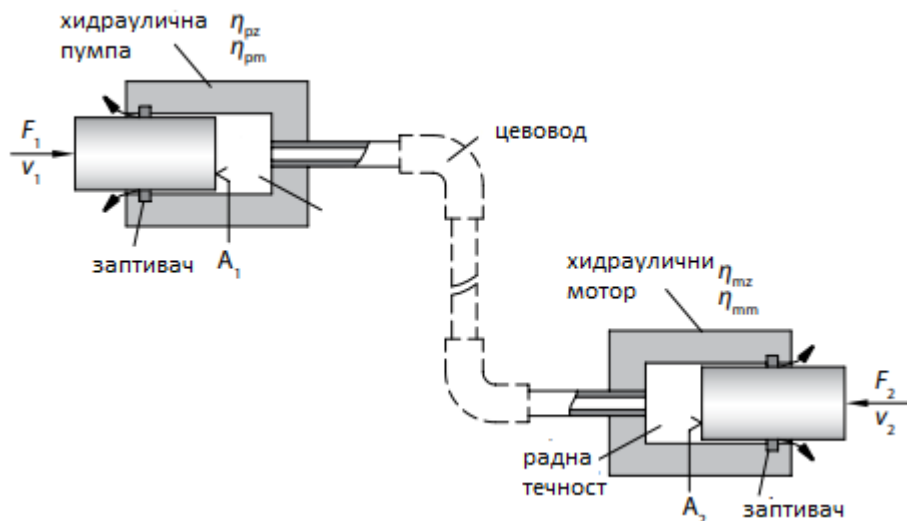
$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.9)$$

Моторни режим је инверзан генераторском. Хидраулични мотор теоријски може даради као хидраулична пумпа и обратно.

2.1.2. Енергетски прорачун

Идеалан хидраулични преносник (до сада разматран) преноси енергију без губитака. Енергија добијена на хидромотору једнака је енергији доведеној на пумпу. Такав систем није могуће технички реализовати.

Реални хидраулични преносник, шематски приказан на слици 7, има значајне губитке енергије. Механичка енергија добијена на хидромотору мања је од енергије која се доводи на хидрауличну пумпу. Радна течност је стишљива и вискозна. Између покретних делова система (клип и цилиндар), постоји зазор. Материјали од којих се праве елементи система су еластични итд. [2]



Слика 7. Шематски приказ реалног хидрауличног преносника [2]

Део радне течности губи се кроз зазор клипа и цилиндра на пумпи и хидромотору. Резултат тога је да се сва расположива течност не пренесе са пумпе на мотор, тј. не учествује у корисном преносу енергије.

Стварни проток пумпе је мањи од теоријског. Проток који улази у радну комору хидромотора већи је од оног који помера клип хидромотора. Део доведене енергије утроши се да се савладају силе механичког трења покретних елемената, силе трења слојева течности, силе инерције услед струјања течности итд.

Део енергије се неповратно губи у хидрауличној инсталацији од пумпе до мотора. То су губици у цевоводу (цурење на спојевима и заптивним уређајима), губици због еластичности цевовода, вискозности и стишљивости радне течности итд.

У енергетским прорачунима хидрауличних система користи се степен искоришћења:

- запремински η_z ,
- механички η_m и
- укупни η .

Укупни степен искоришћења η једнак је:

$$\eta = \eta_z \cdot \eta_m \quad (2.10)$$

Степени искоришћења су дефинисани за хидрауличне пумпе и моторе као основни параметри. Нумеричка вредност се одређује експериментално, а зависи од типа пумпе или мотора и квалитета израде. [2]

3. Хидрауличне пресе

Хидраулична преса је хидраулични механизам који се користи за примену велике силе потиска или притиска. То је хидраулични механизам са једном полугом. Познат је под именом Брамах, а добио је име по изумитељу Јосипу Брамаху. Он је реализовао патент и отпочео производњу 1795. године. [3]

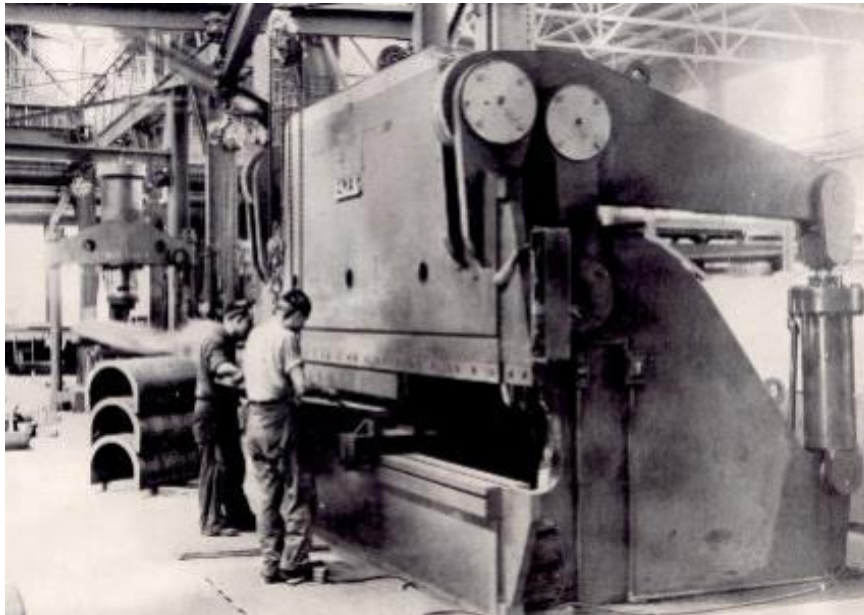
Данас на тржишту постоје многа решења у вези обликовања лимова деформисањем већих и мањих димензија за велико серијску производњу, као и ону производњу која захтева мањи број али компликованијих извођења. Врло рано током бронзаног и гвозденог доба, почиње обликовање деформисањем-ковањем ужарених делова. Пре индустријске револуције прављене су примитивне машине које би својом масом са једне стране погониле бат са друге (често помоћу животиња попут волова или коња) законом полуге и тиме олакшали обликовање лимова већих дебљина.

Индустријска револуција и парне машине донеле су велико олакшање за људе и животиње, у погледу тешког посла обликовањем гвозђа и лима ударањем. Будући да људи и животиње нису имали довољно ефикасну снагу за ширу производњу, циљ је био употребити машине који имају константнији рад.

Након парне машине и друге индустријске револуције конструисане су хидрауличне пресе, пнеуматске пресе, као и друге пресе на различите погоне. Посебно су значајне хидрауличне пресе које су користиле електричну струју као извор енергије за погон.

Јосип Брамах је био бравар из Енглеске који сматра се изумитељем хидрауличне пресе. Брамах је 1795 године патентирао „хидростатску машину“ као помоћ за свој други изум - браву која се не може пробити конвенцијалним методама, односно помицањем цилиндра у брави са танким предметима кроз кључаоницу.

Брамах је конструисао прву хидрауличну пресу применом Паскаловог експеримента са хидростатским притиском. Преса се састојала из два цилиндра и два клипа различитих површина попречног пресека. Ако би се на мањи клип довела сила, на већем клипу би се јавила већа сила од улазне. Разлика у силама је пропорционална разлици површина ова два клипа. Брамахова хидраулична преса имала је бројне индустријске примене које су у употреби и данас. У време када је Брамах остварио своје концепте, област хидротехнике била је готово непозната наука. Хидраулична преса је по свом проналазачу и даље позната као Брамах преса.[6]



Слика 8. Рад на једној од првих хидрауличних преса у САД [4]

Хидрауличне пресе намењене су за обраду материјала деформацијом, као што су:

- Пробијање,
- Просецање,
- Дубуко извлачење,
- Савијање и
- за пресовање експлозивних материјала.

Пресе су изграђене у три облика:

- Столне,
- Једностубне и
- Четворостубне.

Хидраулична преса (или хидраулични погон) омогућује да се примењена сила F_1 дуж неког пута претвори у већу силу F_2 дуж мањег пута и да се сила повећа онолико пута колико је површина гоњеног хидрауличног цилиндра (A_2) већа од површине погонског хидрауличног цилиндра (A_1):

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1} \quad (3.1)$$

Хидраулична преса ради на основу Паскаловог закона. Паскалов закон је темељни закон хидростатике, који каже: у течности која се налази у затвореној посуди спољни притисак шири се једнако на све стране, тј. флуидни делићи течности преносе притисак у свим правцима једнако. То значи да важи:

$$p_1 = p_2 \quad (3.2)$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (3.3)$$

Хидрауличне пресе се користе за слободно ковање већих и масивнијих отковака и за ковање у отковцима. Иако према врсти ковања постоје и конструктивне разноликости међу хидрауличним пресима заједничке карактеристике су им мале и једнолике брзине кретања алата, миран рад, нешто нижа продуктивност од батова и већа цена. Пресе се користе код великих отковака да би се избегли велики батови који негативно утичу на околину и наматеријале лошије пластичности који не подносе ударце и нагле промене облика. [3]

Хидраулични мотор је претварач механичке енергије неке погонско машине (најчешће електромотора) у енергију притиска течности (уља). Најчешће пумпе су:

- зупчасте са спољним озубљењем
- ламелне пумпе
- вијчане пумпе
- клипне пумпе

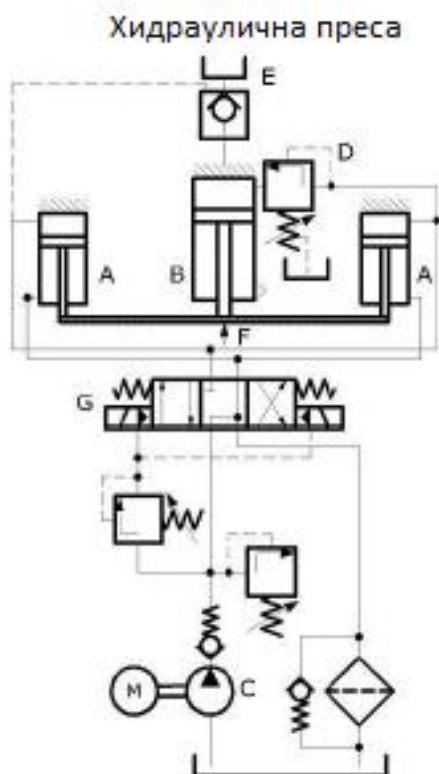
Предности хидрауличног преноса енергије, у односу на друге, су:

- преносе велике силе, док је постројење малих димензија,
- лака промена смера кретања извршног члана (клипа или хидромотора),
- лака и континуирана промена брзине помоћу пригушница или регулатора протока,
- лаган и брз прелаз с малих на велике брзине (и обрнуто),
- лагани прелаз с ротационог у транслацијско кретање,
- континуална регулација и лако ограничење притиска,
- тихи рад и једноставна конструкција,
- у случају преоптерећења једноставно искључивање и заустављање,
- лагана аутоматизација састава.
- компактност,
- сигурност,
- нижи трошкови алата,
- много мањи трошкови улагања и оперативни трошкови и
- хидрауличне пресе су релативно једноставне машине, имају значајну предност у односу на механичке пресе упоредних величина, имају мање покретних делова који су подмазани уљем под притиском.

Због ових предности хидраулике коришћење хидрауличних преса је више него оправдано. [3]

3.1. Начин рада пресе

Код пресе су потребне велике силе притиска, а сходно томе и погонски хидраулични цилиндри. При брзом кретању таквих цилиндара јављају се велики протоци. Ако се такво кретање остварује снагом хидрауличне пумпе (C), потребне су и пумпе великог капацитета. Зато се брзи ход хидрауличне пресе обавља помоћу додатних мањих хидрауличних цилиндара брзог хода (A), а за пуњење главног цилиндра (B) се за то време користе неповратни вентили с хидрауличним деблокирањем (D), тзв. вентили за пуњење. Главни цилиндар пуни се само с једне стране, док је друга повезана с атмосферским притиском. Почетно брзо кретање пресе на доле врши се помоћу два мања цилиндра за брзи ход. Хидраулични флуид се при томе доводи у оба мала цилиндра, док флуид у главни цилиндар дотиче путем вентила за пуњење из засебног вентила (E) смештеног изнад главног вентила. Кад алат пресе налегне на предмет обраде, повећава се оптерећење пресе (сила F), па притисак флуида у саставу расте. Тада се отвара укључни вентил (G), па сва три цилиндра имају пуни притисак. Даље кретање на доле врши се помоћу сва три цилиндра. Повратно кретање пресе обавља се у потпуности помоћу цилиндра брзог хода. Под утицајем притиска флуида деблокира се вентил за пуњење (E), па при кретању на горе клип главног цилиндра само потискује радни флуид натраг у резервоар за пуњење, што за цилиндри брзог хода представља додатно оптерећење. [3]



Слика 9. Шема хидрауличне пресе [3]

3.2. Основне особине хидрауличних преса

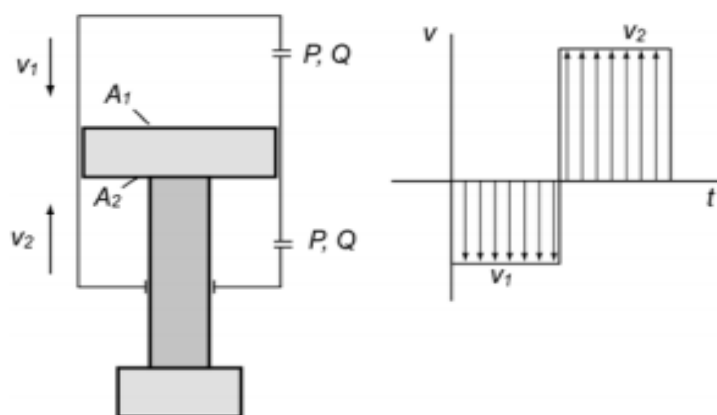
Хидрауличне пресе су машине статичког дејства код којих се потенцијална енергија течности подпритиском претвара у механички рад. Номинална сила машине дефинисана је номиналним притиском радне течности p и површином цилиндра A :

$$F_n = P \cdot A \quad (3.4)$$

Брзина притискивача хидрауличних преса зависи од протока течности Q и попречног пресека радног цилиндра A :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.5)$$

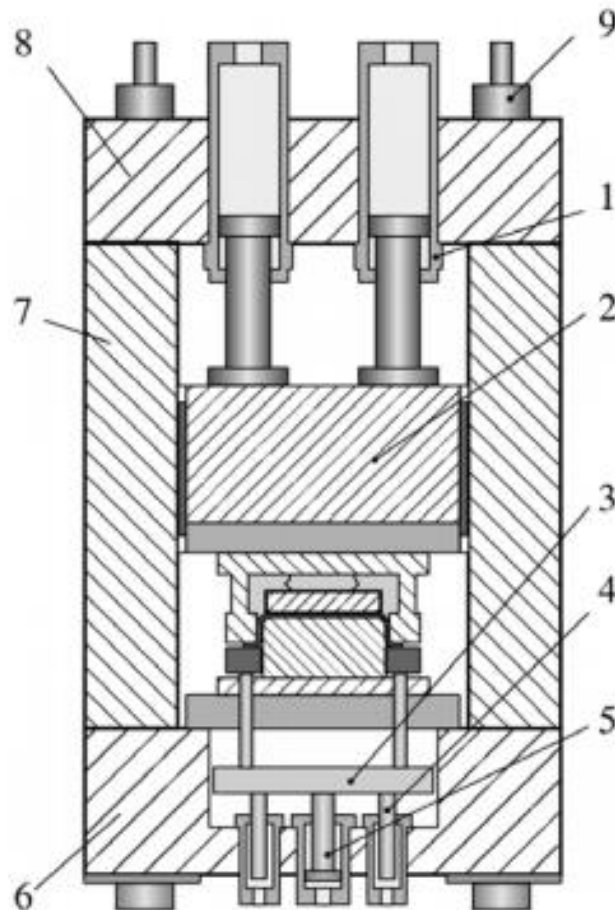
Ако се проток не мења тада је брзина притискивача константна у одређеној фази рада машине (слика 10). Константност брзине притискивача током процеса деформисања је значајна предност у односу на кривајне пресе. Промена брзине притискивача по фазама радног циклуса је могућа а остварује се променом протока и величине попречног пресека цилиндра, што је илустровано на слици 10, где је брзина притискивача у повратном ходу знатно већа од брзине у радном ходу пресезахваљујући малом попречном пресеку цилиндра са доње стране клипа. [5]



Слика 10. Брзина притискивача хидрауличне пресе [5]

Брзина притискивача код ових машина у фази приближавања притискивача и повратном ходу је до 500 mm/s а у радном ходу је до 200 mm/s и може се подешавати у складу са захтевима технолошке методе обликовања и фазе рада (приближавање, радни ход, повратни ход).

Хидрауличне пресе се одликују великим распоном величине хода притискивача и могућношћу функционисања машине уз извођење смањеног хода (ход притискивача мањи је од максималног), за разлику од кривајних преса код којих се увек изводе комплетни двојни ходови. Ове особине хидрауличних преса у неким случајевима су од пресудног значаја када је у питању избор машине за задату технолошку операцију обликовања.



Слика 11. Шема хидрауличне пресе [5]

Основни системи (структура) хидрауличне пресе (слика11):

- Погонски систем који се састоји из пумпе и радног цилиндра. Снага пумпе (N) одређује се на основу радног притиска p и протока радног флуида Q :

$$N = \frac{PQ}{\eta} \quad (3.6)$$

Где је :

η – коефицијент корисног дејства

Погонски систем хидрауличних преса може бити: директни пумпнипогон, пумпно-акумулаторски, мултипликаторски, што зависи од тражених техничких карактеристика, односно намене пресе. Уграђени цилиндри у пресе могу бити једностраног или двостраног дејства. Пумпе које се користе код хидрауличних преса могу бити: кривајно клипне и ротационо клипне, крилне и зупчасте.

- Извршни део хидрауличне пресе је притискивач на који се поставља покретни део алата. На неким пресама улогу извршног дела има сто пресе који је покретан. Покретање притискивача изводи се са једним или више хидрауличних цилиндара зависно од његових димензија.

- Систем управљања хидрауличне пресе обезбеђује остварење свих функција и перформанси пресе. Састоји се из хидрауличних компоненти (вентила) и електронских компоненти (граничника и контролера).

- Систем за подмазивање обезбеђује подмазивање вођица притискивача.

- Носећа структура хидрауличне пресе обједињује све делове у јединствену целину, а може бити отворена и затворена.

На слици 11 приказана је хидраулична преса једноструког дејства с јастуком за извлачење, која се састоји из следећих делова: 1 – радни цилиндар, 2 – притискивач, 3 – плоча јастука, 4, 5 – цилиндри јастука за извлачење, 6 – доња траверза (сто пресе), 7 – стубови, 8 – горња траверза, 9 – завртањ за преднапрезање стубова пресе.

Према броју дејстава хидрауличне пресе могу бити пресе једноструког дејства и пресе вишеструког дејства. Код преса једноструког дејства пожељно је да се у сто машине угради јастук за извлачење који повећава опсег примене такве машине. [5]

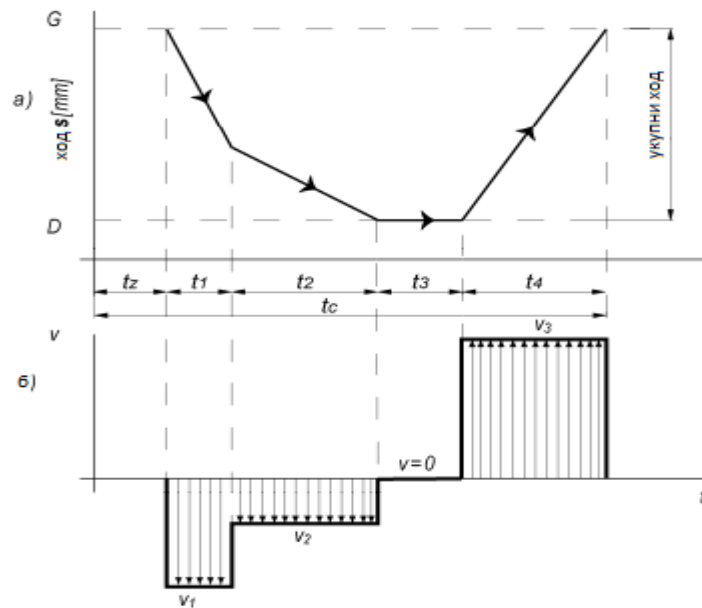
У погледу намене хидрауличне пресе се деле на:

- Пресе за обликовање лима – које се користе за обраду раздвајањем, савијањем, дубоким извлачењем, развлачењем итд.
- Пресе за запреминско обликовање – које се користе за слободно ковање, ковање у калупу, исправљање и калибрисање, истискивање цеви и профила, истискивање комадних делова, утискивање гравура итд.
- Хидрауличне пресе специјалне намене: пресе за хидростатичку обраду, за изостатичко пресовање праха, пресе за монтажу итд.
- Хидрауличне пресе за неметале, на пример за гуму, пластику, дрво, папир, текстил, кожу и др.

3.2.1. Радни циклус хидрауличне пресе

Приближни радни циклус хидрауличне пресе приказан је на слици 12 и дефинише основне временске компоненте:

$$t_c = t_z + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (3.7)$$



Слика 12. Приближни радни циклус хидрауличне пресе а) дијаграм хода притискивача, б) дијаграм брзине притискивача [5]

При томе су:

t_z – време потребно за вађење обратка и убацивање припремка у алат

t_1 – време приближавања,

t_2 – време обраде,

t_3 – време задржавања обратка под оптерећењем

t_4 – време повратка у почетни (горњи) положај

Број радних циклуса у јединици времена:

$$n_c = \frac{60}{t_c} [\text{min}^{-1}] \quad (3.8)$$

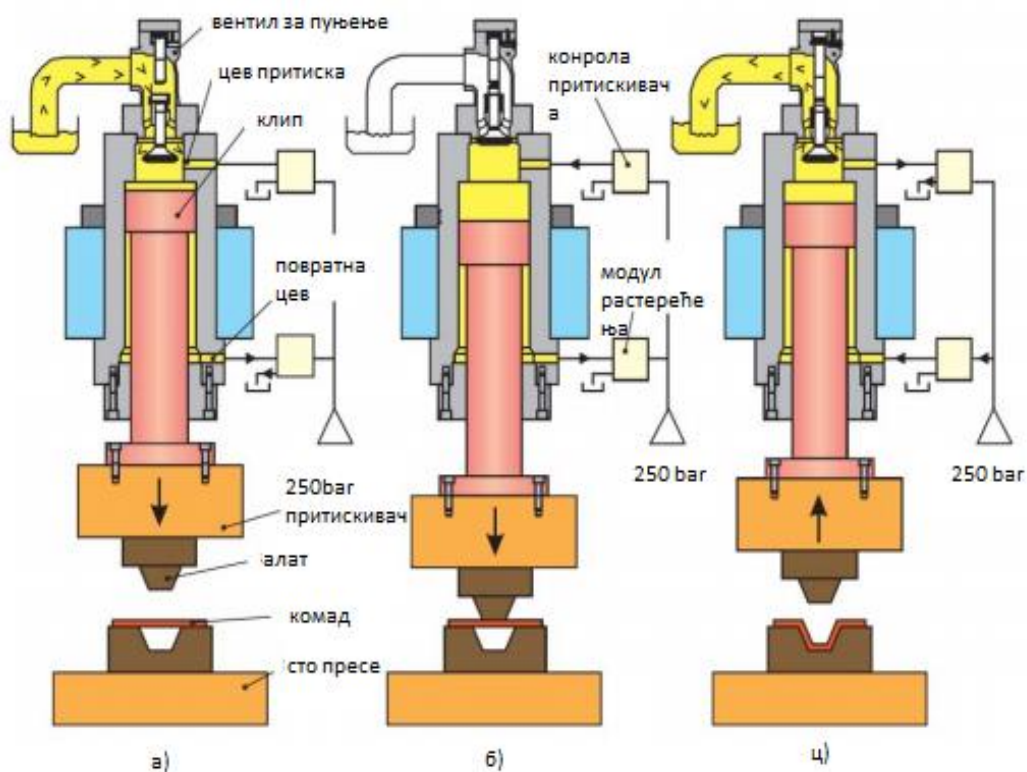
Компоненте времена t_1 , t_2 и t_4 се израчунавају на основу одговарајућег хода h_i и брзине кретања притискивача v_i :

$$t_i = h_i / v_i. \quad (3.9)$$

3.2.2. Функционисање хидрауличне пресе

Фазе рада хидрауличне пресе у складу с дијаграмом радног циклуса приказане су на слици 13 састоје се од:

- а) брзог примицања притискивача, које карактерише низак притисак и велики проток течности. Та течност се преко серво вентила из резервоара уводи у цилиндар. При томе мора бити обезбеђен одвод течности са доње стране клипа.
- б) фазе деформисања, која се изводи са смањеном брзином притискивача (у односу на претходну фазу) и повећаним притиском флуида, односно, довођењем течности високог притиска из пумпе преко одговарајућег вентила. При томе је такође, обезбеђено одвођење течности са доње стране клипа.
- ц) фазе повратног кретања, која се остварује помоћу течности из пумпе високог притиска која се преко одговарајућег вентила доводи са доње стране клипа, обезбеђујући велику брзину повратног кретања притискивача због мале површине клипа са доње стране цилиндра. Одвод течности са горње стране делимично се врши преко вентила притиска а у већој количини преко серво вентила течност одлази у резервоар ниског притиска. [5]



Слика 13. Фазе функционисања хидрауличне пресе а) приближаване, б) деформисање, ц) повратни ход [5]

На избор хидрауличне пресе утичу технолошки захтеви, тј. њихово усклађивање с техничким карактеристикама пресе у које спадају:

- номинална сила главног дејства пресе,
- номинална сила осталих дејстава,
- брзина притискивача: а) приближавање, б) деформисање, ц) повратни ход,
- брзине извршних елемената помоћних дејстава машине (држач лима и избацивач, ако постоје),
- ход притискивача,
- ход помоћних дејстава,
- димензије притискивача,
- димензије стола машине,
- карактеристике пумпе (p , q),
- снага машине,
- габарити машине и
- маса пресе.

3.2.3. Радна течност

Радна течност код хидрауличних преса је компонента која је веома значајна за исправно функционисање ове врсте машина. Радна течност обезбеђује пренос хидрауличне снаге од пумпе до радног цилиндра, подмазује покретне делове пумпе и у радном цилиндру обезбеђује антикорозиону заштиту површина пумпе, радног цилиндра управљачких елемената и цевовода и одводи топлоту и нечистоће из хидрауличног система. [5]

Радна течност у погонским системима хидрауличних преса може бити:

- вода са додатком емулзије и
- минерално уље.

Погонски системи модерних хидрауличних преса користе минерално уље чије карактеристике су одређене стандардима појединих земаља, као на пример DIN 51524 део 2 (у Републици Србији хидраулична уља на минералној бази дефинисана су стандардом JUS ISO 6743-4/1991) према којем хидраулично уље мора да испуњава следеће захтеве:

- константан ниво вискозности у температурном интервалу од 20 до 60 степени целзијуса,
- отпорност на температурне промене и високу тачку паљења,
- ниску стишљивост (комперисбиност),
- ниску склоност ка стварању пене при струјању,
- ниску апсорпцију ваздуха,
- добре могућности филтрирања и
- ниску цену.

Хидрауличне јединице пројектују се у складу са наведеним стандардом. Радни век течности, избор радног притиска и материјала заптивки повезан је са врстом хидрауличног уља.

Један од проблема у хидрауличном систему преса је стишљивост радне течности која је нарочито изражена при високим притисцима који се по правилу појављују при раду хидрауличне пресе. Компресибилност радног флуида умањује тачност извршавања радног хода, односно тачност коначних димензија предмета обраде, успорава одзив хидрауличног система и мора се узети у обзир при пројектовању пресе. При раду пресе са хидрауличним уљем може се очекивати смањење запремине од 0,7 до 0,8 % за сваких 100 бар притиска. Висока стишљивост хидрауличног уља отежава постизање високог притиска и ствара проблеме код растерећења машине. Избор хидрауличног уља код преса зависи од врсте погонског система, затим од врсте пумпе и нивоа радног притиска чије вредности су стандардизоване.

Вискозитет минералног уља код хидрауличних преса односи се на температуру од 40° C, креће се у границама од ISO VG 22, 32, 46, 68, 100 и 150. Рафинерија нафте Нови Сад за хидрауличне пресе препоручује хидраулично уље „HIDROL HM“, чија се вискозност на 40° C креће од 22 до 150 mm²/s, а тачка паљења је у интервалу 196 до 222° C.

Машине старије конструкције, претежно машине са пумпно-акумулаторским и мултипликаторским погонским системом, као радну течност користе воду са додатком емулзије, како би се умањила корозија елемената погонског система. Примена воде обезбеђује ниску вискозност и смањене губитке због трења, могућност остварења великог протока кроз мале попречне пресеке цевовода, елиминише опасност од паљења, еколошки је чиста и цена је врло ниска.

Минерално уље омогућује градњу компактних погонских система, добро подмазује елементе система те смањује њихово хабање, има добру антикорозиону заштиту и обезбеђује дуготрајност елемената погонског и управљачког система пресе. Потребне особине минералних уља постижу се додавањем адитива. Радни век хидрауличног минералног уља треба да износи око 5000 часова. Приликом замене хидрауличног уља у погонском систему пресе треба поступити према препоруци произвођача машине у погледу врсте уља и филтера за пречишћавање.

Избор хидрауличног уља врши се у фази пројектовања погонског система и зависи од врсте пумпе уграђених у погонски систем. За случај ротационо клипних пумпи препоручује се уље кинематске вискозности од 20 до 45 mm²/s, зупчасте пумпе раде са уљима чија је вискозност у границама од 35 до 50 mm²/s док се за крилне пумпе препоручује вискозност од 30 до 45 mm²/s.

3.2.4. Степен корисног дејства хидрауличних преса

Степен корисног дејства хидрауличне пресе одређен је односом корисне и укупне енергије једног радног циклуса:

$$\eta = \frac{W_k}{W_1 + W_2} = \eta_p \cdot \eta_{cev} \cdot \eta_{ak} \cdot \eta_{cil} \quad (3.10)$$

где су:

W_k - користан рад

W_1 - уложен рад у радном ходу

W_2 - уложен рад у повратном ходу

η_p - степен корисног дејства пумпе

η_{cev} - степен корисног дејства цевовода

η_{ak} - степен корисног дејства акумулатора

η_{cil} - степен корисног дејства цилиндра

При одређивању укупног степена корисног дејства није потребно узимати у обзир енергетику повратног хода јер су губици енергије у овом делу циклуса релативно мали и могу се занемарити па је ефективни коефицијент корисног дејства цилиндра дефинисан изразом:

$$\eta_{ec} = \frac{W_k}{W_u} = \frac{W_k}{W_1 + W_2} \quad (3.11)$$

Губици енергије у радном ходу пресе дефинишу се односом одговарајућих енергетских компоненти, тј. степеном корисног дејства цилиндра:

$$\eta_{ec1} = \frac{W_{c1}}{W_1} = \frac{W_k}{W_1} = \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m \quad (3.12)$$

где су:

W_{c1} – корисна енергија цилиндра у радном ходу

W_1 – уложена енергија цилиндра при радном ходу

η_h – хидраулични степен корисног дејства

η_v – волуметријски (запремински) степен корисног дејства

η_m – механички степен корисног дејства

3.3. Врсте хидрауличних преса

Хидрауличне пресе имају широку примену у преради метала и неметала. Због одређених техничких карактеристика, пре свега номиналне силе и хода притискивача, ове машине често преузимају место кривајним пресама. Тако, на пример, истискивање дугачких профила једино је могуће извести на хоризонталној хидрауличној преси.

Поделу хидрауличких преса могуће је извршити према различитим критеријумима и карактеристикама. У погледу броја дејстава исто као и код кривајних преса, хидрауличне пресе могу бити: једноструког и вишеструког (двоструког и троструког) дејства. С обзиром на облик носеће структуре хидрауличне пресе могу бити изграђене са отвореном или затвореном носећом структуром, која може бити још вертикална и хоризонтална. Погон хидрауличних преса може бити горњи и доњи. Број хидроцилиндара код ових машина може бити различит – постоје једноцилиндричне и вишецилиндричне. С обзиром на број радних позиција хидрауличне пресе, такође могу бити једнопозиционе и вишепозиционе. [3]

Основне техничке карактеристике хидрауличних преса проистичу из технолошких захтева појединих метода обраде, па се отуда подела хидрауличних преса може извршити на следећи начин:

- Хидрауличне пресе за обраду лима,
- Хидрауличне пресе за запреминско деформисање,
- Хидрауличне пресе специјалне намене и
- Хидрауличне пресе за неметале.

Хидрауличне пресе за обраду лима

У ову групу спадају следеће врсте преса:

- Универзалне хидрауличне пресе,
- Хидрауличне пресе за раздвајање лима,
- Хидрауличне пресе за фино раздвајање,
- Пресе за сецкање лима,
- Хидрауличне пресе за савијање,
- Хидрауличне пресе за обликовање вишепозиционим алатом,
- Хидрауличне пресе за дубоко извлачење,
- Вишепозиционе хидрауличне пресе и
- Хидрауличне пробне пресе.

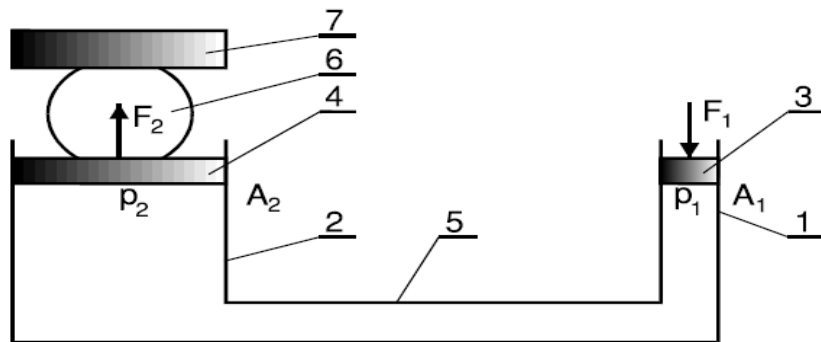
3.4. Хидраулична преса са клиповима у истој хоризонталној равни

Хидраулична преса је један од једноставнијих примера кориштења једначине статике флуида у техничким проблемима. Хидраулична преса је машина помоћу које се може помоћу мале (на пример ручне силе) остварити веома велика сила потребна за пресовање, дизање и сл. Хидраулична преса се састоји од два цилиндра са клиповима различитих пречника, цевовода који повезује те цилиндри. Малом силом F_1 делује се на клип 1. Површина чела клипа је A_1 . Последица дејства силе на клип је притисак p_1 , чија вредност се израчунава по следећем изразу:

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad (3.13)$$

У једноставнијем случају, какав је приказан на слици, чела клипова 1 и 2 су у истој хоризонталној равни. С обзиром да су цилиндри спојени цевоводом притисци течности на оба чела клипа, по једначини статике флуида, су једнаки:

$$p_1 = p_2 \quad (3.14)$$



Слика 14. Хидраулична преса са клиповима у истој хоризонталној равни (1 - цилиндар, 2 - цилиндар, 3 - клип, 4 - клип 2, 5 – цевовод, 6 – објект који се пресује, 7 – подлога) [3]

Дејство притиска течности p_2 на клип 2 изазива силу F_2 , која делује навише на објект који се пресује. Та сила је једнака:

$$F_2 = p_2 \cdot A_2 \quad (3.15)$$

из чега следи:

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2} \quad (3.16)$$

Ако се замене вредности притисака у једначину добија се:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (3.17)$$

из чега следи:

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 \quad (3.18)$$

Помоћу овог израза може се израчунати сила којом се притискује објекат. Види се да та сила зависи од величина чеоних површина клипова и силе којом се дејствује на клип 1. Из претходног произилази да се малим силама могу изазвати веома велике силе притиска на објекат. Претходни изрази важе за случај да су клипови у истој хоризонталној равни. У случају да то није тако потребно је кориговати израз $p_1=p_2$ за вредности разлике хидростатичког притиска која зависи од висинске разлике чеоних површина клипова. [3]

4. Закључак

Хидраулична преса је хидраулични систем помоћу кога се могу произвести врло велике силе притискања, дизања, пробијања, обликовања и слично. Један је од једноставнијих примера коришћења флуида у техничким проблемима.

Хидрауличне пресе имају свестрану примену, али недостатак им је мала радна брзина. Мале преносне хидрауличне пресе служе као дизалице за аутомобиле, али се израђују и за силе дизања веће од 1 000 000 N. Стабилне хидрауличне пресе служе као дизалице и као пресе у многим гранама индустрије . У производњи даје могућност конструисања сложенијих облика и заузима мање простора у односу на механичке пресе исте способности.

Узимајући у обзир све предности које хидраулична преса има, можемо закључити да је њена употреба више него значајна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www2.viser.edu.rs/download.php?id=19082>, приступљено у септембру 2020.
- [2] http://www.mikroknjiga.rs/Knjige/HIDR/01_HIDR.pdf, приступљено у септембру 2020.
- [3] Ђорђевић М., Хидрауличне пресе, Висока техничка школа струковних студија, Београд, 2014.
- [4] Посавац Д., Хидраулична преса, Факултет стројарства и бродоградње, Свеучилиште у Загребу, 2017.
- [5] Вилотић Д., Хидрауличне пресе и чекићи, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2014.
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Bramah, приступљено у септембру 2020.