

## 4. PARNI KOTLOVI

Parni kotlovi su uređaji u kojima se voda kao medij putem zagrijavanja isparava tj. pretvara se u paru.

Potrebna toplota se dobiva sagorijevanjem nekog goriva u ložištu kotla. Goriva koja se koriste za zagrijavanje parnog kotla mogu biti u čvrstom, tečnom i gasovitom stanju. Glavna prirodna čvrsta goriva su: drvo, treset, mrki ugalj, kameni ugalj i antracit, od tečnih goriva koristi se nafta, a od plinovitih najčešće je u upotrebi zemni gas.

### 4.1. KOLIČINA TOPLOTE I SPECIFIČNA TOPLOTA

Različite tvari trebaju različitu količinu toplote da se zagriju za 1°C, pa količina toplote koja je potrebna da se 1 kg neke tvari zagrije za 1°C zove se **specifična toplota**. Kako se toplota mjeri u džulima (J), odnosno kilodžulima (kJ) to iz definicije specifične toplote izlazi da se ona mjeri u džulima po kilogramkelvinu (J/kg · °K), odnosno kilodžulima po kilogramkelvinu (kJ/kg · °K). Poznavajući specifičnu toplotu neke tvari, možemo naći potrebnu količinu toplote za zagrijavanje tijela na neku višu temperaturu  $Q = c \cdot m (t_2 - t_1) \text{ (J)}$ .

Voda ima najveću specifičnu toplotu ( $c = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ), dok je za druge materije ona različita i manja od specifične toplote vode.

**Toplotna vrijednost goriva.** Toplotna energija koja se oslobađa pri sagorijevanju 1 kg goriva (kod čvrstih i tečnih goriva) ili jedan normalni metar kubni (1 Nm<sup>3</sup>) kod gasovitih goriva, naziva se toplotna vrijednost goriva.

Pregled toplotnih vrijednosti za neke vrste goriva date su u tabeli:

Vrsta goriva	Prosječna toplota vrijednost goriva
drvo (suho na vazduhu)	12 000 – 13 400 kJ po 1 kg goriva
treset (suh na vazduhu)	10 500 – 17 000 "
lignit (suh na vazduhu)	14 000 – 18 000 "
smeđi ugalj	18 000 – 23 000 "
kameni ugalj	25 000 – 33 500 "
antracit	33 500 – 35 600 "
nafta	40 000 – 46 000 "
plinsko ulje za dizel - motore	42 000 "
benzin	45 600 "
petrolej	46 000 "
prirodni zemni gas	33 500 – 55 000 kJ po 1 Nm <sup>3</sup> goriva

## 4.2. PRETVARANJE TOPLOTE U RAD

Kako je toplota jedna vrsta energije, ona se može pretvoriti u neku drugu vrstu, naprimjer u mehaničku. Pri pretvaranju toplotne energije u mehaničku postoji stalan odnos između utrošene toplote i proizvedenog mehaničkog rada. Tako 1 džul toplote odgovara 1 Nm mehaničkog rada. Budući da je  $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ , te će rad 1 kW u satu biti:

$$1\ 000 \cdot 3\ 600 = 3\ 600\ 000 \text{ Ws.}$$

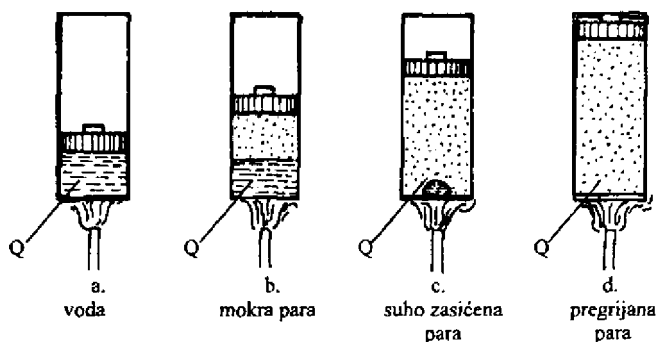
Iz ovoga se dobija da je

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ} = 3600 \text{ kNm.}$$

## 4.3. VODENA PARA

Vodena para se proizvodi u posudi, tj. u parnom kotlu koji je izložen zagrijavanju. Razmotrimo taj proces prelaženja vode u paru u cilindru u kojem se nalazi 1 kg vode pod stalnim pritiskom (sl.4.1.). Na sl.4.1a. voda u cilindru ima temperaturu  $0^\circ\text{C}$ . Zagrijavanjem cilindra temperatura vode će rasti, i kada dostigne temperaturu ključanja, počće da ključa. Temperatura ključanja vode, odnosno bilo koje tečnosti ne zavisi samo od temperature, nego i od pritiska pod kojim se tečnost nalazi.

**Mokra para.** Zagrijavamo li vodu i dalje od tačke ključanja, u cilindru će početi isparavanje vode, sl.4.1b., tj. voda se pretvara u paru. Ako se isparavanje vrši u zatvorenoj posudi, kao naprimjer u parnom kotlu, ono će se s vremenom usporiti i nastaće ravnoteža, tj. koliko se čestica vode ispari, toliko će ih se kondenzovati natrag u vodu. Tada kažemo da je prostor iznad površine vode zasićen.



Slika 4.1.

Zato se para koja se nalazi iznad vode zove **zasićena**, ali je mokra jer se u njoj nalaze kapljice vode. Mokra para ima svojstva da pri određenom pritisku ima potpuno određenu temperaturu koja se zove **temperatura zasićenja**. Mokra para je bijele boje i pri najmanjem ohlađenju prelazi u tekuće stanje. Kako je voda kao medij nestišljiva, mogla bi pri radu oštetiti parnu mašinu, pa je ova para nepodesna za rad parnih mašina.

**Suhozasićena para** (sl.4.1.c.). Temperatura vode zagrijavanjem se neće povećati sve dok se i posljednja kapljica vode ne ispari. Kada se zagrijavanjem posljednja kapljica vode ispari, nastaće tzv. **suhozasićena para**. Ova para je prozirna, bezbojna i sadrži u sebi najviše 3% vlage.

**Pregrijana para (sl.4.1d.).** Ova se dobija od suhozasićene pare koja se odvodi iz kotla i u pregrijaču pregrijava na višu temperaturu. Pregrijana para po svom ponašanju bitno se razlikuje od suho zasićene pare i ima gotovo sva svojstva plina. Pri hlađenju prelazi najprije u suho zasićenu, a zatim u mokru (vlažnu), a daljnjim se hlađenjem kondenzuje u tečno stanje. Pregrijavanje pare ima svoju granicu iz razloga što pregrijana vodena para u cilindru parne mašine dolazi u dodir sa uljem za podmazivanje i sa sredstvima za zaptivanje. Ograničenje pregrijavanja ne odnosi se na parne turbine jer kod njih para ne dolazi u dodir sa mazivom.

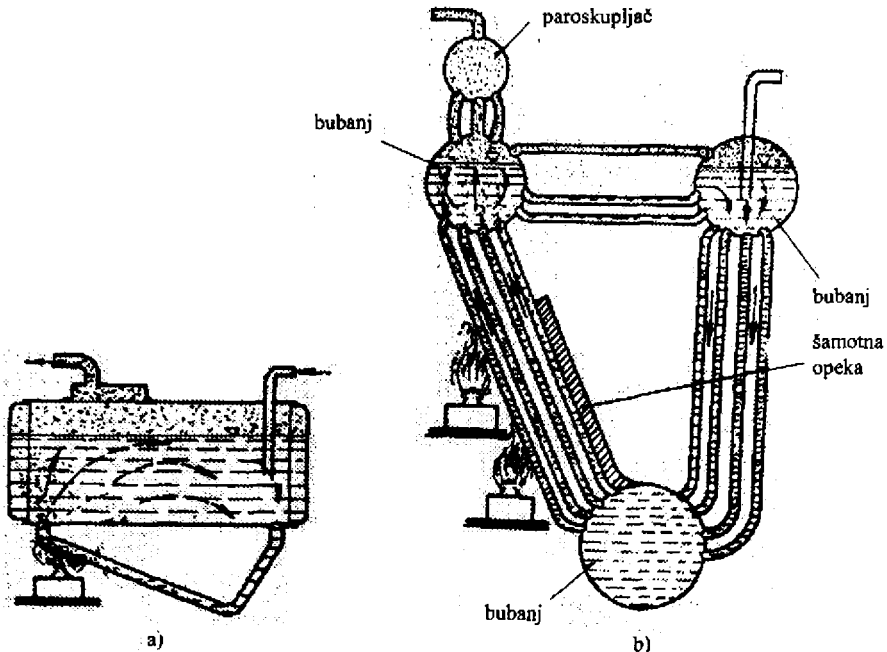
Vodena para, uopće, zbog svoje sposobnosti da se širi i da vrši rad, ima raznoliku primjenu kod klipnih parnih mašina, parnih turbina, u industriji za različite hemijsko-mehaničke procese, u metalurgiji, za zagrijavanje itd.

#### 4.4. PARNI KOTLOVI SAVREMENOG TIPA

##### 4.4.1. UVOD I PODJELA PARNIH KOTLOVA

Parni kotao je aparat koji toplotom dobijenom sagorijevanjem goriva zagrijava vodu koju sadrži u zatvorenom sudu i pretvara tu vodu u vodenu paru s pritiskom većim od atmosferskog. Ovako dobijena para nosilac je potencijalne energije koja ima sposobnost da izvrši rad. **Prema tome, zadatak parnog kotla je da izvrši što ekonomičnije pretvaranje vode u vodenu paru sa određenim natpritisom i temperaturom.**

Parni kotao u užem smislu jeste zatvoreni čelični sud koji je velikim dijelom ispunjen vodom i koji se na jednom mjestu zagrijava dovođenjem toplote dobijene sagorijevanjem goriva.



Slika 4.2.

Para se stvara blizu mjesta gdje se voda zagrijava i u vidu mjehurića se kao specifički lakša, penje naviše i ispunjava prostor iznad površine vode i skuplja u posebno izdignutom dijelu kotla (paroskupljaču). Na dno kotla, odakle su se mjehurići odvojili, dolazi hladnija voda kao specifički teža. Time se u kotlu stvara strujanje (cirkulacija) koja još više pomaže obrazovanje pare na mjestu zagrijavanja. Proces isparavanja teče neprekidno, ako proizvedenu količinu pare stalno odvodimo iz kotla, a odgovarajuću količinu svježe vode stalno dovodimo kotlu. Jača cirkulacija, a time i intenzivnije stvaranje pare, postiže se ako se na kotao postavi jedna odnosno snop cijevi maloga prečnika koje su nagnute (sl.4.2a.). Što su ove cijevi više nagnute i što ih ima više, biće i veća grijna površina pri istim spoljnim dimenzijama parnog kotla, pa je tada stvaranje pare brže i ekonomičnije. Savremeni kotlovi koriste ovu osobinu i grade se sa više bubnjeva povezanih međusobno snopovima nagnutih ili strmih cijevi malog prečnika, (sl.4.2b.). Prenosjenje toplote od mjesta gdje sagorijeva gorivo (ložišta) na vodu vrši se:

- zračenjem usijanog goriva i usijanih produkata sagorijevanja na zidove kotla i cijevi,
- dodirom usijanih produkata sagorijevanja na zidove kotla i cijevi,
- provođenjem toplote kroz zidove kotla i cijevi,
- dodirom vode i vodene pare sa vrelim zidovima kotla i cijevi,
- strujanjem (konvekcijom) kroz vodu i vodenu paru.

Dio površine kotla koji je s jedne strane u neposrednom dodiru sa vrelim gasovima, a s druge u dodiru sa vodom naziva se **grijna površina kotla** i mjeri se u m<sup>2</sup>. Prostor koji zauzima voda u kotlu naziva se **vodeni prostor**, a prostor koji zauzima para **parni prostor**. Površina na kojoj sagorijeva čvrsto gorivo u ležištu kotla naziva se **rešetka** i mjeri se u m<sup>2</sup>.

Dobar parni kotao treba da je što lakši, čvrst i siguran, da zauzima što manje prostora, da je što ekonomičniji i što jeftiniji, da što brže proizvodi potrebnu količinu pare, da se što brže može staviti pod propisani pritisak, da je što trajniji itd.

#### **Podjela parnih kotlova.**

##### **a. Prema namjeni i mjestu upotrebe:**

- neopokretni i stabilni,
- polustabilni,
- pokretni.

**Stabilni kotlovi** čvrsto su uzidani na svoje temelje, ozidani vatrootalnim materijalom i obično odvojeni od parnih mašina, tj. nalaze se u posebnim prostorijama (kotlovnica). To su obično kotlovi većih dimenzija. Grade se za fabrike, električne centrale i druga veća industrijska postrojenja.

**Polustabilni kotlovi** nisu čvrsto uzidani, već se samo oslanjaju na čvrsto zidane temelje i nemaju zidanih dimanjaka. Upotrebljavaju se za manja industrijska postrojenja, za parno grijanje, za manje pilane i dr.

**Pokretni kotlovi** nemaju svoje stabilno mjesto i mogu se prema potrebi prevoziti s jednog mjesta na drugo. U tu vrstu kotlova ubrajaju se lokomotivski, lokomobilski i brodski kotlovi, kotlovi parnih dizalica, bagera, valjaka itd.

**b. Prema veličini pritiska kotlovi su:**

- niskog pritiska, do 0,5 bara,
- srednjeg pritiska, do 20 bara,
- visokog pritiska, do 60 bara,
- kotlovi vrlo visokog pritiska, do 225 bara.

**c. Prema sadržaju vode u kotlu postoje:**

- kotlovi sa velikim sadržajem vode koji za svaki metar kubni ( $m^3$ ) vode imaju do  $10 m^2$  ogrjevne površine kotla,
- kotlovi sa srednjim sadržajem vode koji za svaki metar kubni ( $m^3$ ) vode imaju više od  $40 m^2$  ogrjevne površine kotla.

**d. Prema upotrebi goriva postoje:**

- kotlovi za loženje čvrstim gorivom,
- kotlovi za loženje ugljenom prašinom,
- kotlovi za loženje tekućim i plinovitim gorivom,
- kotlovi za kombinovano loženje (čvrstim, tekućim i plinovitim gorivom),
- kotlovi u kojima se vodena para proizvodi pomoću jeftine električne struje,
- kotlovi u kojima se vodena para proizvodi kontrolisanom nuklearnom reakcijom.

**e. Prema konstrukciji postoje:**

- kotlovi sa plamenim cijevima,
- kotlovi sa dimnim cijevima,
- kotlovi sa strmim vodocijevima,
- kotlovi sa kosim vodocijevima,
- kotlovi specijalne konstrukcije koji rade pod visokim i vrlo visokim pritiskom pare.

#### 4.4.2. OPIS NEKIH KONSTRUKCIJA PARNIH KOTLOVA

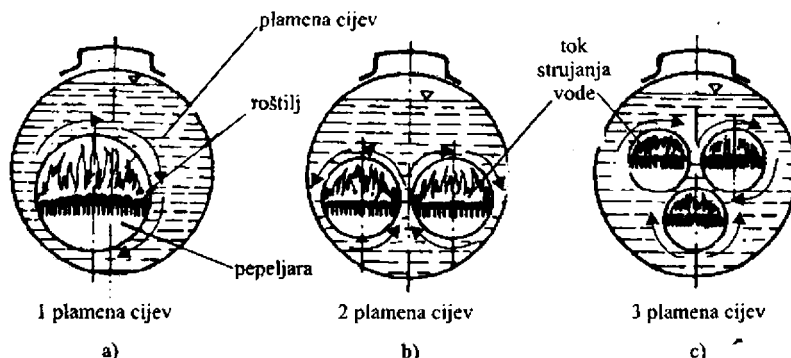
##### 4.4.2.1. Kotao sa plamenim cijevima

Ovaj kotao (sl.4.3.) sastoji se od cilindričnog kazana u kome su ugrađene jedna ili dvije, rjeđe tri obično talasaste cijevi (plamene cijevi) u kojima se s prednje strane nalazi roštilj - rešetka. Kroz plamene cijevi prolazi plamen i vrući dimni gasovi, a u kotlu i oko zida plamene cijevi cirkulira voda. Vreli dimni gasovi koji se stvaraju na roštilj - rešetki, pošto prođu kroz plamenu cijev, dolaze do takozvane dimnjače u kojoj se nalazi pregrijač pare. Odavde gasovi skreću između kotla i zida prema jednoj strani i drugoj strani (pošto je kotao pregrađen odgovarajućim zidom) i odlaze u dimnjak. Kotao je snabdjeven neophodnom kotlovskom armaturom i aparaturom.

Ako kotao ima jednu plamenu cijev, zove se **kornvolški**, a ako ima dvije cijevi **lankaširski** (oba imena potječu od imena pokrajina u Engleskoj). Plamene cijevi se postavljaju uvijek ekscentrično u valjkastom kotlu (sl.4.3.) radi bolje cirkulacije vode. Radi povećanja grijne površine u plamenoj cijevi ugrađuju se neizmjenično više kratkih cijevi poprečno na plamenu cijev kroz koje prolazi voda.

Kornvolški kotao se gradi za grijne površine do  $50 m^2$ , a lankaširski do  $100 m^2$ . Prečnik valjkastog kotla je do 2,4 m, a plamenih cijevi od 0,6 do 1 m. Na jedan metar kvadratni ( $1 m^2$ ) grijne površine može se dobiti od 15 do 20 kg pare na sat. Ovi kotlovi se lahko održavaju, lahko čiste od kotlovskog kamenca, dobro iskorišćavaju toplotu i daju pregrijanu

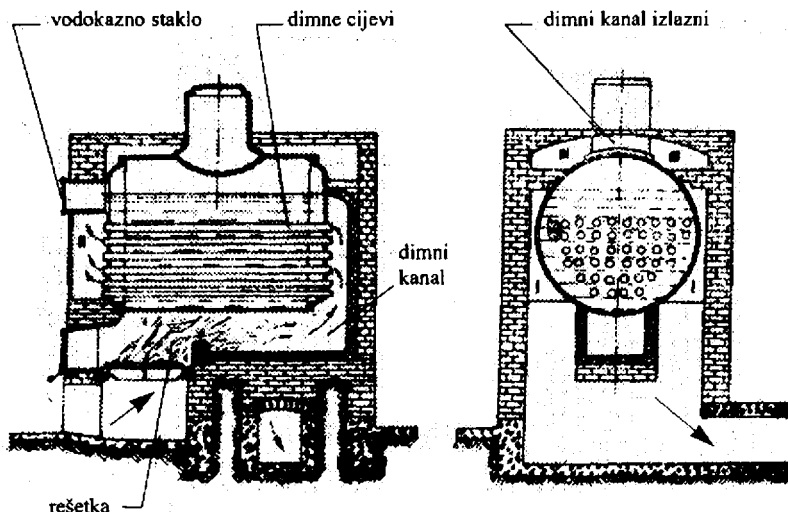
paru posredstvom pregrijača pare. Zauzimaju veliki prostor i nisu za velike pritiske (do 15 bara). Usljed naslage pepela u plamenim cijevima prenošenje toplote nije uvijek najpovoljnije.



Slika 4.3.

#### 4.4.2.2. Kotao sa dimnim cijevima

Ovaj kotao se sastoji iz cilindričnog kotla u kome je ugrađen veći broj (obično do 40) cijevi manjeg prečnika (sl.4.4.).Kroz ove cijevi, prečnika od 70 do 120 mm, prolaze dimni gasovi, a oko njih struji voda. Pošto je debljina zida cijevi relativno mala (3 do 5 mm), prenošenje toplote je brže, tako da ovi kotlovi daju veću količinu pare (do 16 kg/m<sup>2</sup> grijne površine). Grijna površina kod ovih kotlova je do 150 m<sup>2</sup>. Dimni gasovi se obrazuju na ravnoj rešetki i prolaze ispod kotla kroz dimni kanal. Zatim dimni gasovi prolaze kroz gasne cijevi u tankom sloju. Iz dimnih cijevi topli gasovi prolaze još jednom oko kotla i odaju preostalu količinu toplote kotlu prije nego što izađu kroz dimni kanal u atmosferu. Na kotlu se nalaze manometar, vodokazno staklo i druga kotlovska armatura.



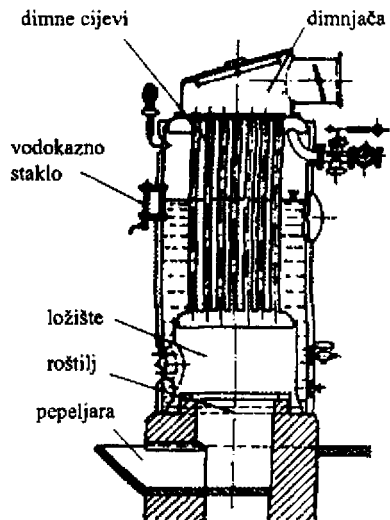
Slika 4.4.

Dobra strana ovih kotlova je što zauzimaju malo prostora, brzo se zagrijavaju i proizvode paru i što mogu upotrebljavati goriva slabije toplotne moći kao: drvene strugotine, prašinu mrkog uglja i razne biljne otpatke.

Mana ovih kotlova je što se cijevi više istežu od kotla usljed čega se kotao brzo ošteti. Pritisak pare znatno se mijenja pri neravnomjernoj potrošnji pare. Za napajanje ovih kotlova voda treba da bude vrlo čista.

#### 4.4.2.3. Vertikalni ili uspravni kotao

Vertikalni kotao upotrebljava se uglavnom za pomoćne svrhe i gdje je potrebna mala količina pare. Grade se sa uspravnim ili vertikalnim dimnim cijevima (sl.4.5.). Ogrjevna površina je 2 do 30 m<sup>2</sup>, a pritisak do 15 bara. Specifična proizvodnja pare iznosi do 20 kg/m<sup>2</sup>h. Nedostaci su: mala vodena površina, a time i proizvodnja mokre pare, zatim slabo kruženje vode i teško čišćenje.



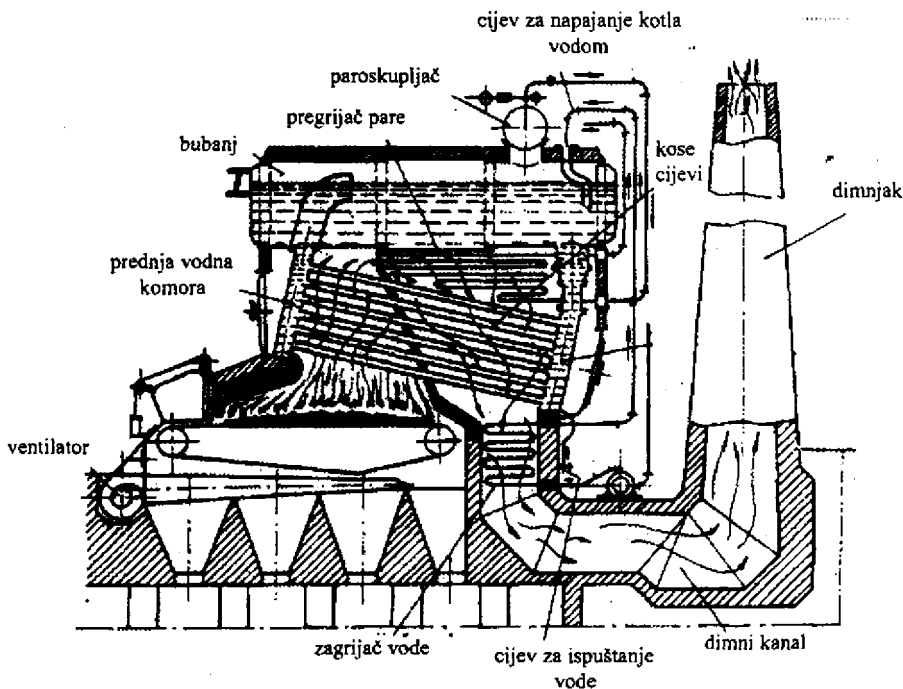
Slika 4.5.

#### 4.4.2.4. Kotao sa vodostrujnim cijevima

Karakteristika ovog kotla je što kroz cijevi koje su nagnute ili strmo postavljene cirkuliše voda, a sa spoljne strane cijevi struje topli gasovi. Na ovaj način postiže se velika grijna površina, bolje prenošenje toplote od dimnih gasova na vodu i bolja cirkulacija vode u kotlu. Zbog relativno male količine vode brzo se stvara para velike količine i velikog pritiska. Ovi kotlovi zauzimaju malu površinu za smještaj. Ložišni prostor je veliki tako da se na rešetku može nabaciti i deblji sloj lošijeg goriva. Zbog svojih dobrih osobina ovi se kotlovi upotrebljavaju u industrijskim preduzećima, termoelektranama itd. Mogu biti sa nagnutim ili strnim vodostrujnim cijevima.

**Kotao sa nagnutim vodostrujnim cijevima.** Kotao se sastoji od uzdužnog bubnja, zatim od dvije pljosnate vodostrujne komore (prednje i zadnje) (sl.4.6.). Ove komore vezane su snopom vodostrujnih cijevi kroz koje cirkuliše voda. Topli dimni gasovi koji se stvaraju

sagorijevanjem goriva, nailaze na snop šahovski razmještenih vodostrujnih cijevi preko kojih predaju toplotu vodi. Ti gasovi na svom putu, koji je određen, nailaze poslije vodostrujnih cijevi na snop cijevi pregrijača pare. Topli dimni gasovi ovdje predaju jedan dio doplate pari i povećavaju temperaturu pare preko tačke isparavanja za određeni pritisak. Ovakvo već dosta ohlađeni gasovi na svom daljem putu predaju toplotu snopu cijevi grijaču vode. Zagrijana voda u grijaču ubacuje se prinudno pumpom u kotao. Na kraju topli gasovi odlaze kroz dimni kanal u dimnjak iz koga odlaze u atmosferu. Zagrijana voda cirkuliše nagnutim cijevima sa mjesta zagrijavanja naviše u prednju komoru, a odavde u bubanj gdje isparava i kao zasićena para se skuplja u paroskupljaču.



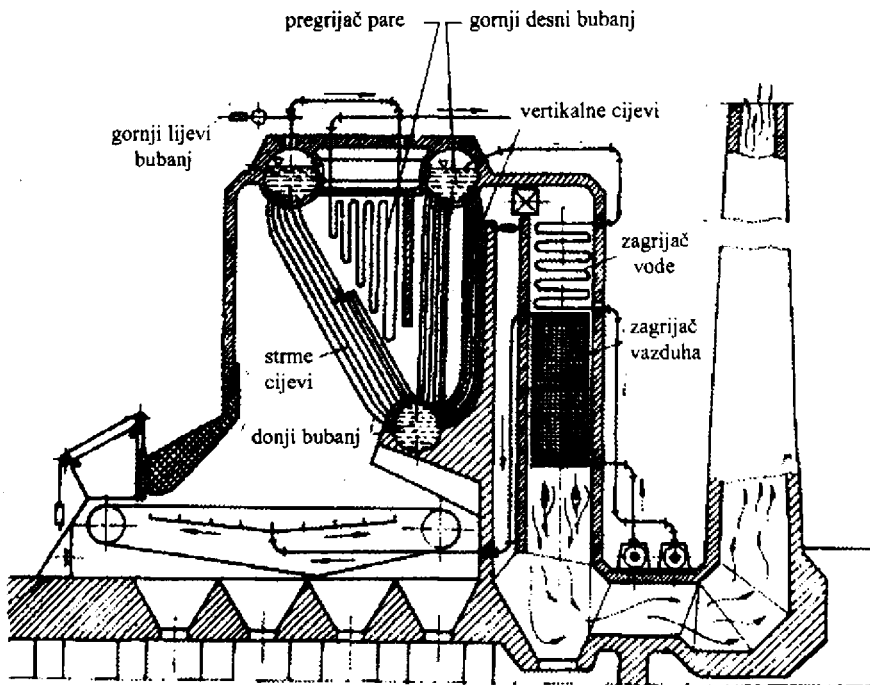
Slika 4.6.

Na mjesto zagrijane dolazi hladna voda iz bubnja preko zadnje komore. Ovi kotlovi imaju ogrjevnu površinu od  $450 \text{ m}^2$ , a pritisak do 25 bara dok im je specifična proizvodnja pare do  $60 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ .

**Kotao sa strmim cijevima.** Ovaj kotao sastoji se iz više bubnjeva, međusobno vezanih sa nekoliko snopova cijevi (sl.4.7.). Put toplih gasova određen je položajem šamotnih pregradara. I ovi kotlovi imaju pregrijač pare, zatim grijač vode i grijač vazduha. Vodostrujne cijevi imaju prečnike od 80 mm. Donji bubanj potpuno ispunjen vodom, a gornji samo do polovine. Ovi kotlovi spadaju u najmodernija postrojenja i primjenjuju se najčešće za termoelektrane.

Imaju veliku grijnu površinu do  $3000 \text{ m}^2$ , daju paru visokog pritiska do 120 bara, i proizvode paru do  $200 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ .





Slika 4.7.

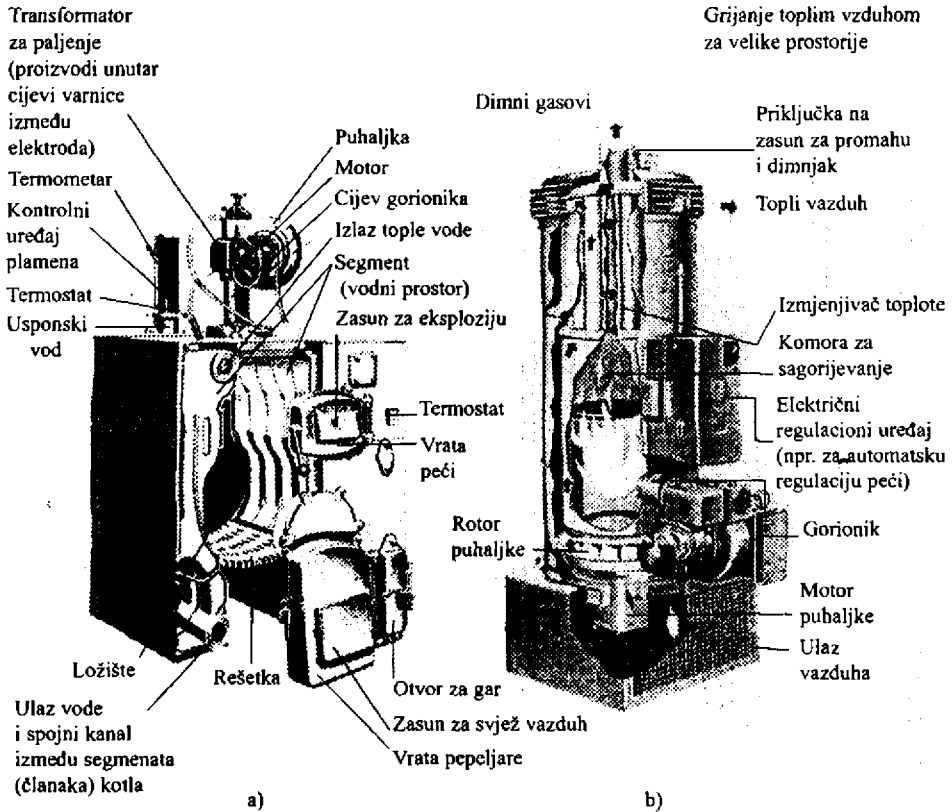
#### 4.4.2.5. Kotlovi specijalne konstrukcije

Ovi su kotlovi naročite vrste i njihova je konstrukcija prilagođena fizičkim osobinama vode na većim i velikim pritiscima. Grade se u svrhu dobijanja pregrijane pare vrlo velikog pritiska - do 225 bara, čija temperatura dostiže i do 500°C i veliku proizvodnju pare - do 200 kg / m<sup>3</sup>h. Ovdje spadaju kotlovi: Šmit Leflerov, La Montov, Sulcerov, veloks, atmos, Bensonov i drugi.

#### 4.4.2.6. Kotlovi za centralno grijanje

Kotlovi za centralno grijanje imaju zadatak da zagrijavaju neki medij koji provodi toplotu (većinom vodu ili vazduh) koji se odvodi u grijna tijela (sl.4.8a i b).

Kotlovi za centralno grijanje koji koriste vodu kao medij (sl.4.8a) su najrasprostranjenija vrsta kotlova za centralno grijanje. Pošto je medij za provođenje toplote voda, konstrukcija kotla i sigurnosni uređaji su dosta jednostavni, tj. manje složeni. Grijna instalacija se lahko održava i reguliše i ne zahtijeva poseban nadzor. Kod ovih kotlova voda se zagrijava do maksimalno 85°C. Grijna tijela u kotlu mogu biti od livenog gvožđa ili od zavarenih limova. Danas se sve više grade kotlovi koji mogu koristiti kako čvrsta tako i tečna kao i gasovita goriva. Qd čvrstih goriva se upotrebljavaju mrki i kameni ugalj, dok se kao tečno gorivo koristi lož-ulje, a kao gasovito zemni gas. Lož-ulje u sve većoj mjeri zamjenjuje čvrsta goriva zbog lakše manipulacije samog goriva.



Slika 4.8.

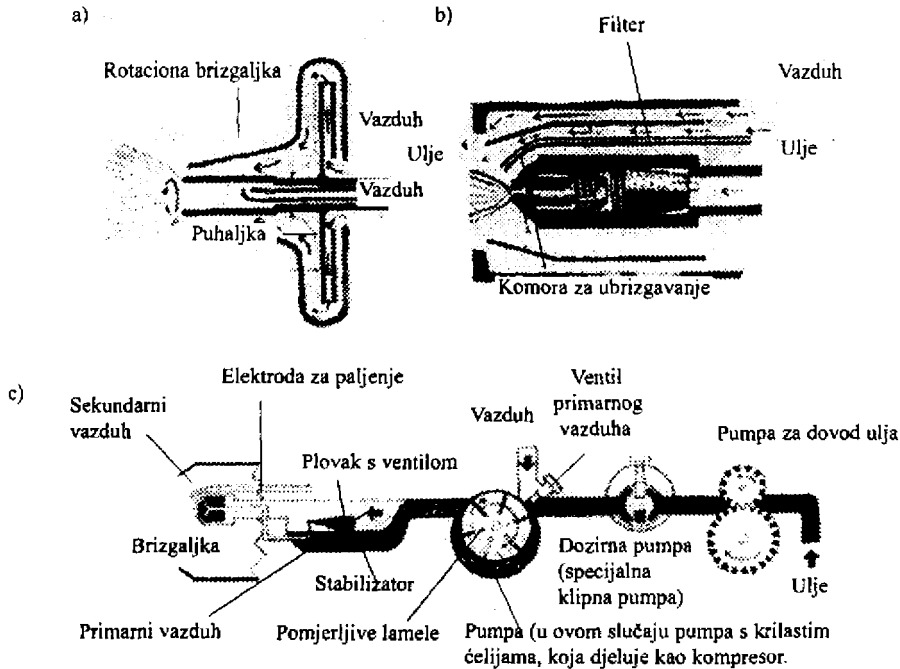
Upotreba lož-ulja kao goriva zahtijeva i opremanje kotla gorionikom za ulje, koji treba da omogući pravilno sagorijevanje lož-ulja.

Gorionici mogu biti: rotacioni, gorionici sa uljem pod pritiskom i gorionici sa miješanjem.

**Rotacioni gorionik** radi na sljedeći način. Ulje se pumpa u rotirajuću brizgaljku i centrifugalnom silom sabija uz zid brizgaljke. Kako je brizgaljka konusna, ulje se na njenom zidu potiskuje naprijed, zatim se rasprskava i miješa sa vazduhom za sagorijevanje, koji sabija puhaljka, i potiskuje iz gorionika (sl.4.9a.).

**Gorionik sa uljem pod pritiskom** radi tako da se ulje pumpom sabija i dolazi u komoru za ubrzanje preko kosih kanala, tako da se na ulje prenosi brzo obrtno kretanje i ulje se iz gorionika kroz mlaznicu rasprskava i miješa sa vazduhom za sagorijevanje, koji sabija puhaljka i potiskuje iz gorionika (sl.4.9b.).

**Gorionik sa miješanjem** radi na sljedeći način. Dozirna pumpa potiskuje ulje ka pumpi koja radi kao kompresor i koja usisava svjež vazduh (primarni vazduh) koji se zatim miješa sa uljem. Stabilizator drži u ravnoteži dovod ulja i vazduha, koji dopijevaju u gorionik različitim putevima. Primarni vazduh u brizgaljki povlači i rasprskava ulje koje se ponovo miješa sa vazduhom za sagorijevanje (sekundarni vazduh) gdje se pali i vrši zagrijavanje grijnih tijela u kotlu (sl.4.9c.)



Slika 4.9

#### 4.5. ARMATURA PARNOG KOTLA

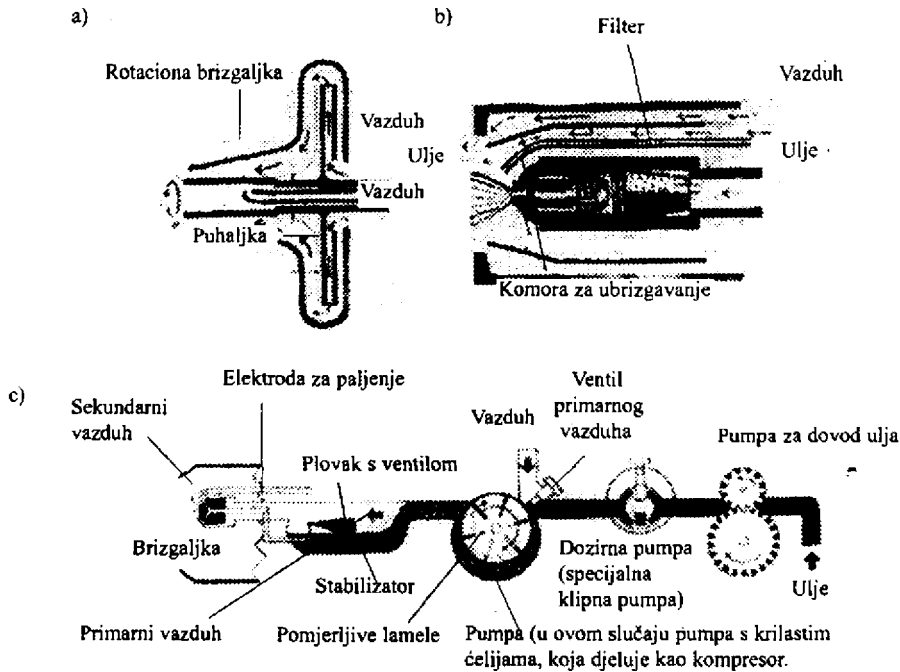
Armaturu parnog kotla čine svi instrumenti i uređaji koji služe za ispravan rad i kontrolu pravilnog rada parnog kotla.

U armaturu spadaju: uređaj za napajanje kotla, ventil za odvod pare i pražnjenje kotla, vodokazno staklo, ventil sigurnosti, manometar i kotlovska pločica.

Uređaj za napajanje kotla. Svaki kotao mora imati najmanje dva uređaja za napajanje vodom koji moraju imati potpuno odvojene pogone. To je potrebno radi toga da uvijek bude u rezervi jedan uređaj za nesmetan rad kotla. Za napajanje parnih kotlova upotrebljavaju se klipne parne pumpe, injektori i centrifugalne pumpe koje pokreće elektormotor ili parna turbina. Pumpe, odnosno uređaji za napajanje vodom moraju proizvesti veći pritisak za 1,5 do 2 puta od pritiska u parnom kotlu da bi voda mogla savladati otpore u cijevima i povratnom, odnosno u odbojnom ventilu, kao i pritisak pare u kotlu. Pumpa za napajanje ima često automatsku regulaciju. Pumpa se automatski stavi u pogon čim nivo vode u kotlu padne ispod dozvoljenog, a isključuje se kad nivo dostigne propisanu vrijednost.

Napojni ventil (sl.4.10.) služi za napajanje kotla vodom. Postavlja se na ono mjesto gdje je razlika u temperaturi ulazne vode i vode u kotlu najmanja.

Napojni ventil se sastoji od povratnog i pomoćnog ventila. Povratni ventil reguliše napajanje kotla vodom, tako što se automatski otvori kada pumpa za vodu radi, a zatvori čim pumpa prestane raditi, te na taj način sprečava povratak vode iz kotla. Između kotla i povratnog ventila nalazi se pomoćni (ručni) ventil koji se prilikom kvara na napojnom vodu ili povratnom ventilu može zatvoriti ručno, kako bi se mogao otkloniti kvar.



Slika 4.9

#### 4.5. ARMATURA PARNOG KOTLA

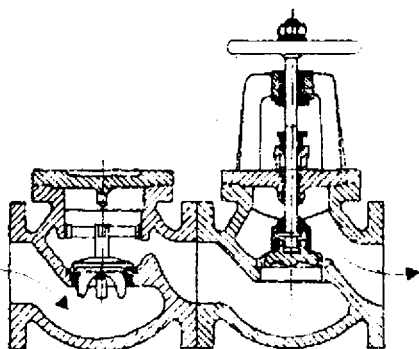
Armaturu parnog kotla čine svi instrumenti i uređaji koji služe za ispravan rad i kontrolu pravilnog rada parnog kotla.

U armaturu spadaju: uređaj za napajanje kotla, ventil za odvod pare i pražnjenje kotla, vodokazno staklo, ventil sigurnosti, manometar i kotlovska pločica.

**Uređaj za napajanje kotla.** Svaki kotao mora imati najmanje dva uređaja za napajanje vodom koji moraju imati potpuno odvojene pogone. To je potrebno radi toga da uvijek bude u rezervi jedan uređaj za nesmetan rad kotla. Za napajanje parnih kotlova upotrebljavaju se klipne parne pumpe, injektori i centrifugalne pumpe koje pokreće elektromotor ili parna turbina. Pumpe, odnosno uređaji za napajanje vodom moraju proizvesti veći pritisak za 1,5 do 2 puta od pritiska u parnom kotlu da bi voda mogla savladati otpore u cijevima i povratnom, odnosno u odbojnom ventilu, kao i pritisak pare u kotlu. Pumpa za napajanje ima često automatsku regulaciju. Pumpa se automatski stavi u pogon čim nivo vode u kotlu padne ispod dozvoljenog, a isključuje se kad nivo dostigne propisanu vrijednost.

**Napojni ventil (sl.4.10.)** služi za napajanje kotla vodom. Postavlja se na ono mjesto gdje je razlika u temperaturi ulazne vode i vode u kotlu najmanja.

Napojni ventil se sastoji od povratnog i pomoćnog ventila. Povratni ventil reguliše napajanje kotla vodom, tako što se automatski otvori kada pumpa za vodu radi, a zatvori čim pumpa prestane raditi, te na taj način sprečava povratak vode iz kotla. Između kotla i povratnog ventila nalazi se pomoćni (ručni) ventil koji se prilikom kvara na napojnom vodu ili povratnom ventilu može zatvoriti ručno, kako bi se mogao otkloniti kvar.



Slika 4.10.



Slika 4.11.

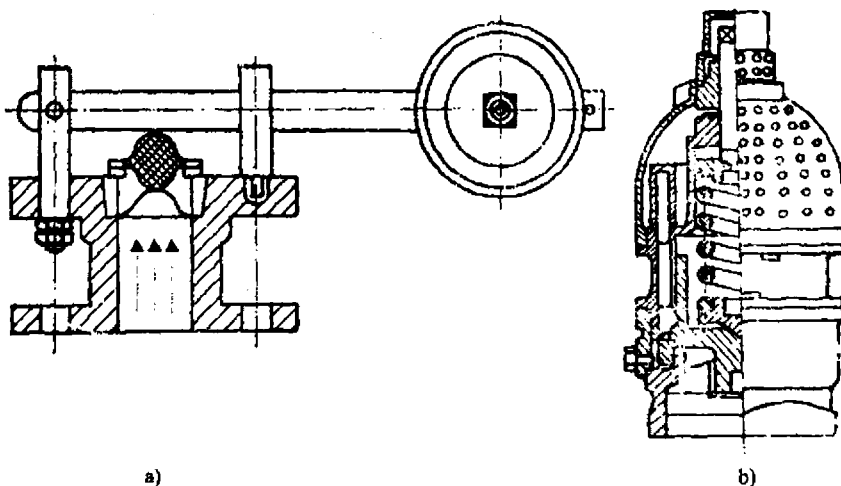
**Vetnil za odvod pare i ispražnjenje kotla.** Oduzimanje pare iz parnog kotla vrši se preko glavnog ventila za paru. Osim glavnog ventila, postoji i pomoćni ventil za paru, koji služi za različite pomoćne uređaje. Za odvođenje pare služi parovod koji se sastoji od Mannesmanovih čeličnih bešavnih cijevi za niže pritiske i temperature, a od legiranog čelika za više pritiske i temperature. Na najnižem mjestu kotla nalazi se ventil za pražnjenje, odnosno ispuhavanje kotla.

**Vodokazno staklo.** Svaki parni kotao mora imati dvije vodokazne naprave koje potpuno nezavisno jedna od druge pokazuju nivo vode u kotlu. Jedna od tih naprava je vodokazno staklo, a kao druga mogu poslužiti vodokazne slavine. Vodokazno staklo (sl.4.11.) je cijev koja se tako ugrađuje u kotao da spaja međusobno vodeni i parni prostor. U njemu je voda na istoj visini kao i u kotlu. Na vodokaznom staklu mora biti označen najniži dozvoljeni nivo vode za dotični kotao. Vodokazno staklo je zatvoreno u staklenoj kutiji sastavljenoj od Klingerovih staklenih pločica. To su debele staklene pločice izbrazdane žljebovima u kojima se zbog preloma svjetlosti voda vidi kao crna tekućina, a para kao sjajna srebrna površina.

Kotao ima dvije vodokazne slavine. Jedna se ugrađuje u visini najnižeg, a druga u visini najvišeg nivoa u kotlu. Kad se otvori gornja slavina, iz nje mora izlaziti para, a kad se otvori donja, mora izlaziti voda, ako se nivo vode nalazi u dozvoljenim granicama.

**Ventil sigurnosti.** Svaki parni kotao mora imati najmanje jedan ventil sigurnosti, koji se automatski otvara čim pritisak pare prekorači normalnu vrijednost za 0,25 bara, a kad pritisak u kotlu padne ispod normalne vrijednosti on se zatvara. Osjetljivost sigurnosnog ventila mora biti takva da se otvori čim pritisak prekorači normalnu vrijednost za 0,25 bara. Pokretni kotlovi imaju sigurnosni ventil sa oprugom (sl.4.12b.), a stabilni kotlovi ventil sa utegom (sl.4.12a.).

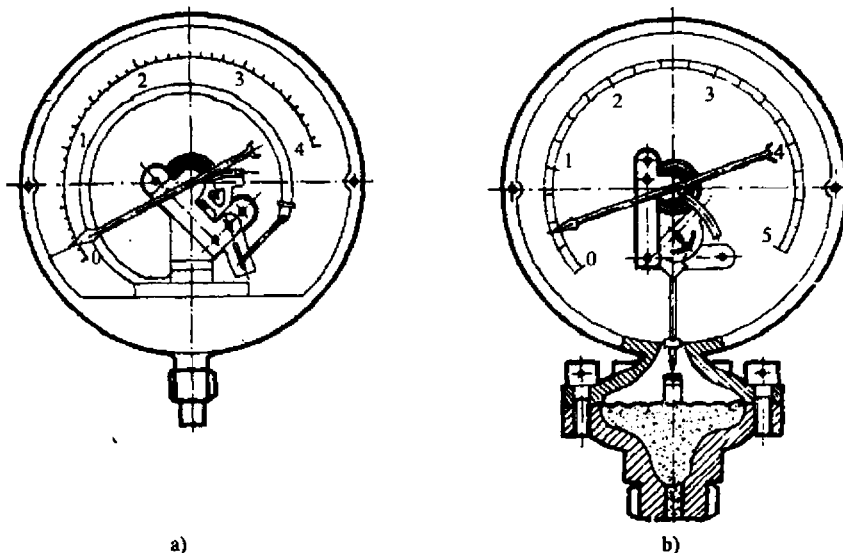
**Manometar.** Svaki parni kotao mora također imati manometar koji pokazuje pritisak pare u kotlu. Na manometru mora biti crvenom crtom vidljivo označen najveći dopušteni radni pritisak. Na parnim kotlovima najviše se upotrebljavaju manometri sa Burdanovom cijevi (sl.4.13a.) i manometri sa membranom (sl.4.13b.). Manometar sa Burdanovom cijevi radi tako da se elastična savijena cijev (tzv. Burdanova cijev) pod djelovanjem fluida čiji se pritisak mjeri, ispravlja zbog razlike u veličini izbočene i udubljene površine cijevi. Zbog ispravljanja cijevi kojoj se suprotstavlja njezina elastičnost, pomiče se njezin slobodni kraj.



Slika 4.12.

To se pomicanje pomoću podesnog mehanizma prenosi na kazaljku koja pokazuje veličinu pritiska na odgovarajućoj skali. Za pritiske manje od 50 bara cijev je izrađena od bronce, a za veće pritiske od čelika. Manometri sa membranom mogu biti s jednom ili dvije membrane. U prostor između dvije membrane dolazi para kojoj se pritisak mjeri. Zbog toga dolazi do pomicanja membrane (širenja). To se širenje pomoću mehanizma prenosi na kazaljku. Za pritiske do 5 bara upotrebljavaju se manometri sa jednom membranom, a za pritiske do 20 bara, sa dvije membrane. Membrane su valovite radi veće elastičnosti i preciznijeg mjerenja. Manometri ovog tipa su otporni na udare, pa se primjenjuju na lokomotivama.

Pri izboru manometra treba paziti da se radni pritisak koji se mjeri kreće u granicama od jedne do dvije trećine najveće vrijednosti na skali, ako se pritisci ravnomjerno mijenjaju.



Slika 4.13.

Ako se pritisak naglo mijenja, onda se njihove vrijednosti moraju kretati u granicama od jedne trećine do jedne polovine najveće vrijednosti na skali.

**Kotlovska pločica.** Na svakom kotlu, iako to nije dio armature kotla, mora biti pločica na kojoj je označeno ime proizvođača kotla, broj parnog kotla, godina izrade i najveći dozvoljeni radni pritisak.