

## Práškové ohniště

je charakterizováno spalováním v letu

=> vyžaduje velmi jemné palivo ve formě prášku =>  
typicky uhlí

- tříděné uhlí má povrch 1 až 2 m<sup>2</sup>/kg, potřebná doba vyhoření na roštu je 15 až 20 minut
- namletím uhlí na jemný prášek se zvýší jeho reakční povrch 600 až 1000 x  
=> spalování proběhne tolikrát rychleji
- uhelný prášek má povrch 100 až 2000 m<sup>2</sup>/kg, doba vyhoření v letu je 0,5 až 2 sekundy

1

## Výkon práškových ohnišť

- roštová ohniště dovolují stavět kotle s maximálním jmenovitým parním výkonem 80 až 100 t/h (250 t/h)
- u práškových kotlů mezního jmenovitého výkonu nebylo dosud dosaženo dnešní maximum přes 4 000 t/h (blok 1300 MWe)

2

## Příprava paliva ke spalování v letu

- sušení
  - mletí
  - třídění
- ⇒ je nákladnější než u jiných způsobů spalování
- ⇒ až 85% popela odchází jako jemný popílek
- ⇒ usazuje se v kotli a zanáší výhřevné plochy
  - ⇒ způsobuje jejich abrazi
  - ⇒ odlučuje se ze spalin za kotlem
  - ⇒ problémy s ukládáním

3

## Dva typy práškových ohnišť

dělení podle způsobu odvodu tuhých zbytků

- granulační
  - nižší teploty v SK
  - teplota popelovin pod teplotou tečení
  - odvod ve formě škváry
- výtavné
  - vyšší teploty v SK
  - teplota popelovin nad teplotou tečení
  - odvod ve formě strusky
  - dnes málo používané – vysoká emise  $\text{NO}_x$

4

## Velikost a tvar ohniště z hlediska spalování

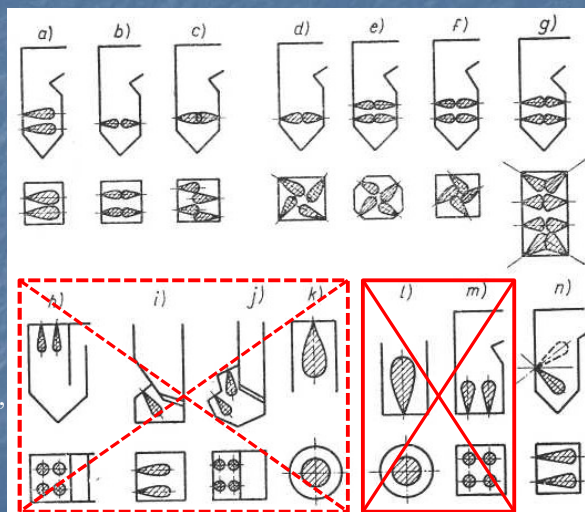
při návrhu se musí zohlednit 2 hlavní funkce

- uvolňování tepla co nejdokonalejším spalováním – zohledňuje se
  - středním měrným tepelným zatížením ohniště  $q_V$
  - měrným průřezovým zatížením  $q_S$
  - dobou spalování nejhrubších zrn paliva  $\tau_s$  a dobou jejich setrvání v ohništi  $\tau_o$
- vychlazení ohniště
  - zajistit odvod popelovin v nelepivém stavu
  - zabránit poškození materiálu navazujících přehříváků

5

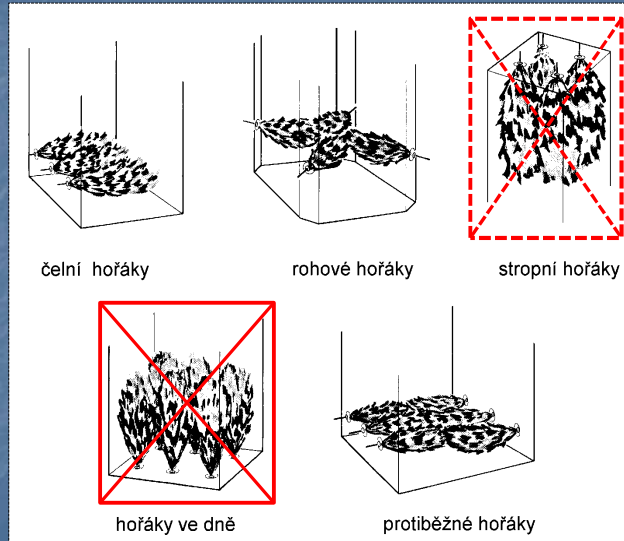
## Umístění hořáků u práškových ohnišť

- a* - dvouřadé čelní,
- b* - jednořadé protiběžné,
- c* - jednořadé vystřídané,
- d* - jednořadé rohové,
- e* - dvouřadé tangenciální (osmiúhelníkový průřez),
- f* - dvouřadé tangenciální (čtvercový průřez),
- g* - dvouřadé kombinované,
- h* - stropní,
- i* - uspořádání v šikmé stěně (U-plamen u tavícího prostoru výtavných ohnišť),
- j* - dvouřadé uspořádání šikmé,
- k* - stropní hořák,
- l* - ve dně ohniště
- m* - dvouřadé ve dně čtyřhranného průřezu,
- n* - naklápěcí hořáky



6

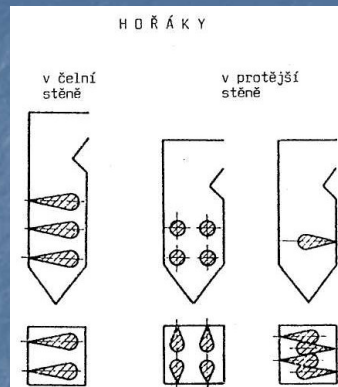
## Umístění hořáků u práškových ohnišť



7

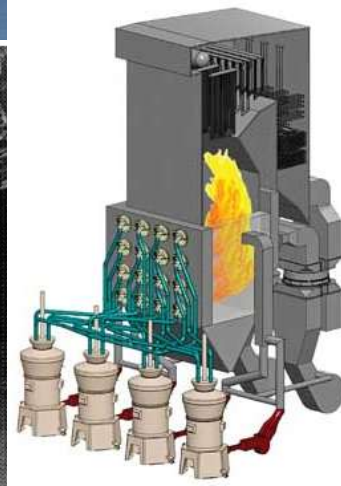
## Ohniště s hořáky ve svislé stěně

- práškové hořáky jsou umístěny
  - v přední stěně ohniště
  - v protějších stěnách
    - v bočních stěnách
    - v přední a zadní stěně
- hořáky mohou být situovány
  - přímo proti sobě
  - vystřídané



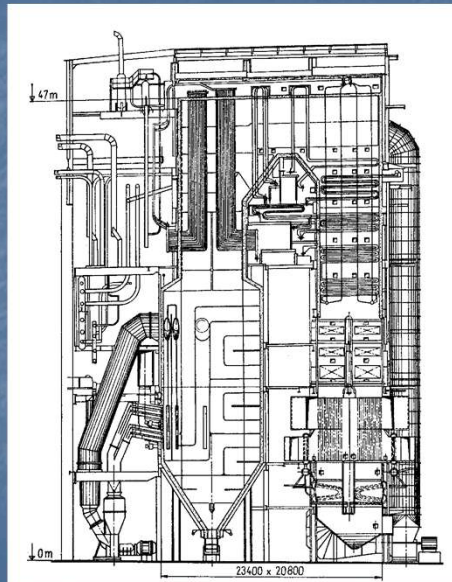
- průřez ohniště a počet a uspořádání hořáků musí být navrženy tak, aby se plamen nedotýkal zadní stěny a ani bočních stěn ohniště

## Ohniště s čelními hořáky



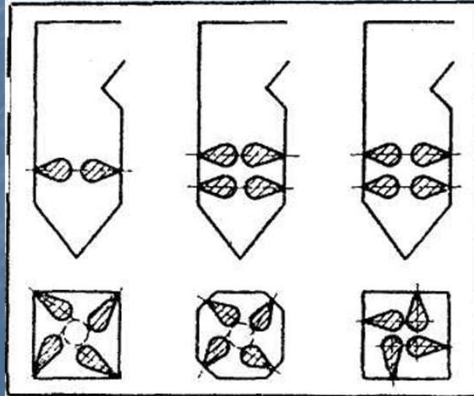
9

## Kotel s čelními hořáky



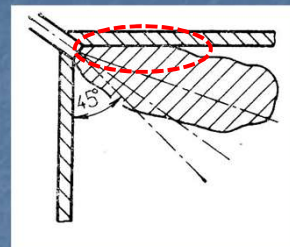
## Tangenciální uspořádání hořáků

- používá se u kotlů středních až nejvyšších výkonů
- hořáky jsou nasměrovány tangenciálně na pomyslnou kružnici v ose ohniště
- hořáky mohou být umístěny
  - přímo v rozích
  - v seříznutých rozích
  - v každé stěně ohniště

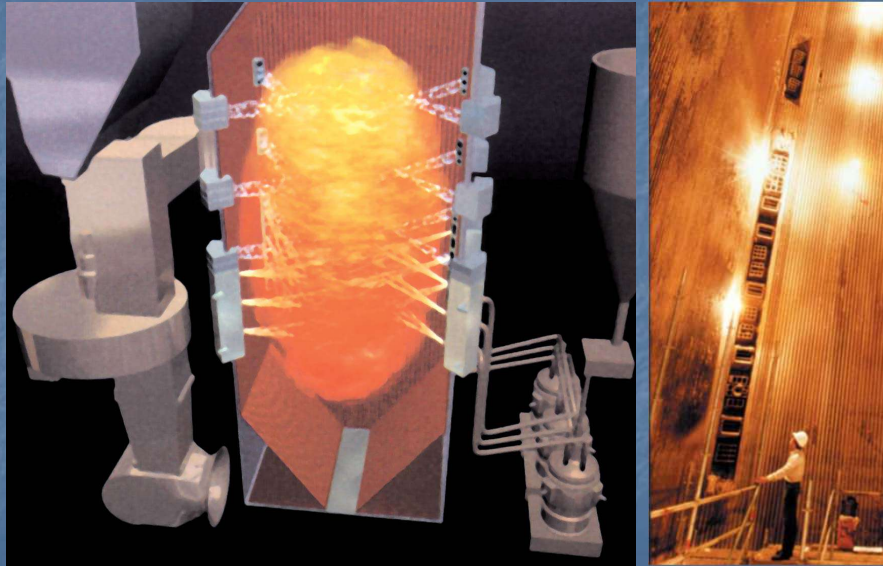


## Tangenciální uspořádání hořáků

- teoreticky dává
  - delší spalovací dráhu
  - zvýšení turbulence
  - lepší podmínky pro vzněcování a vyhoření
- v praxi se tyto výhody často nepotvrdily
- umístění přímo v rozích je méně vhodné - struskování na stěnách
- použití tangenciálních hořáků vyžaduje alespoň přibližně čtvercový průřez ohniště

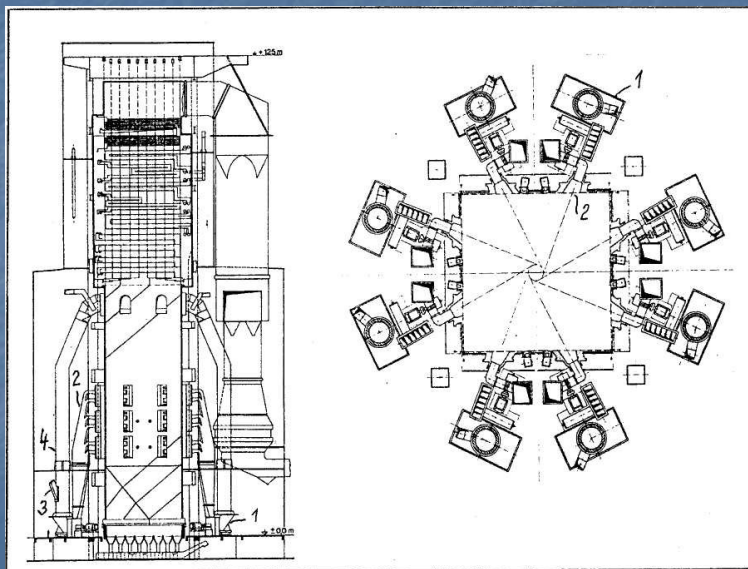


## Ohniště s tangenciálními hořáky



13

## Kotel s tangenciálními hořáky

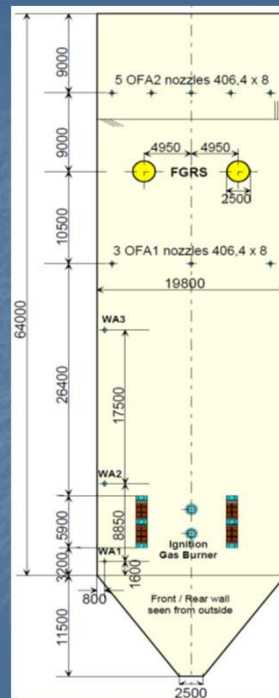


## Distribuce vzduchu při spalování práškového uhlí

- Celkový přebytek vzduchu na konci ohniště se postupným vývojem snížil z 1,25 na hodnotu 1,15
- Spalovací vzduch se musí odstupňovat
  - po výšce spalovací komory,
  - po průřezu (v oblasti hořáků).
- Realizací primárních opatření lze u nových kotlů s tangenciálním ohništěm, dosáhnout snížení emisí  $\text{NO}_x$  na hodnotu
  - cca  $350 \text{ mg/Nm}^3$  u černého uhlí
  - cca  $200 \text{ mg/Nm}^3$  u hnědého uhlí
- Další snížení je možné jen s využitím metody SNCR nebo SCR.

## TO - distribuce spalovacího vzduchu

- primární vzduch se zavádí do mlecího okruhu
- sekundární vzduch se zavádí přímo do hořáků
- stěnový vzduch (WA1 - 3) – chrání materiál stěn před redukční atmosférou (rizikem koroze)
- dohořivací vzduch (OFA1 - 2) se přivádí ve dvou úrovních nad hlavní hořáky
- rozdělení vzduchu
  - 1° 15 %
  - 2° 60 %
  - stěnový 10 %
  - OFA 1 5 %
  - OFA 2 10 %



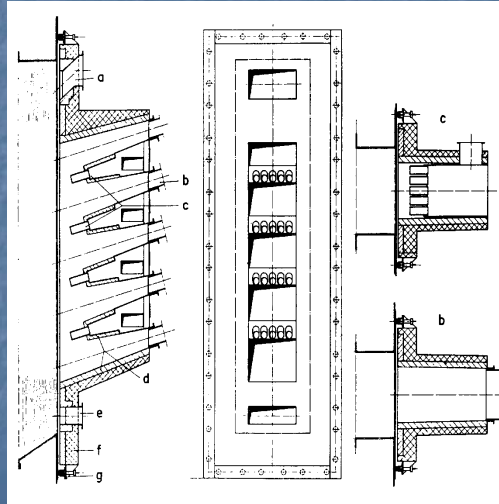
## Základní typy práškových hořáků

### Proudový hořák

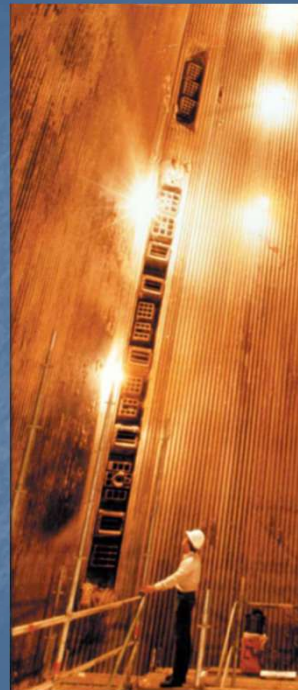
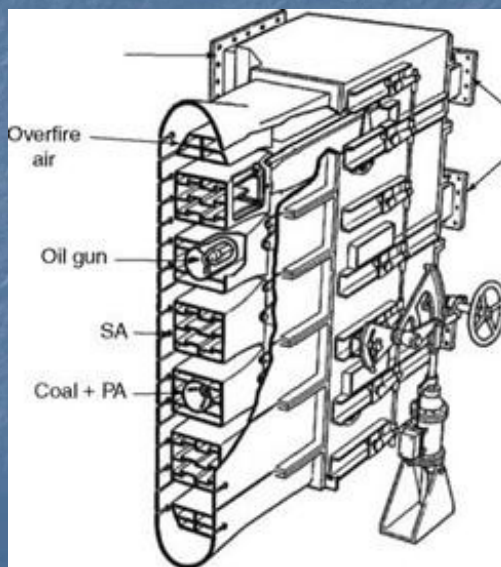
- proud primární směsi a sekundárního vzduchu vystupují paralelně bez rozvíření
- dochází postupnému směšování proudů – hoření probíhá na delší dráze za nižších teplot
- vhodné pro **hnědé uhlí**

Popis:

- a – dohořivací vzduch,
- b – přívod primární směsi,
- c – trysky sekundárního vzduchu,
- d – keramický omaz,
- e – spodní vzduch,
- f – izolační cihly,
- g – těsnící rám

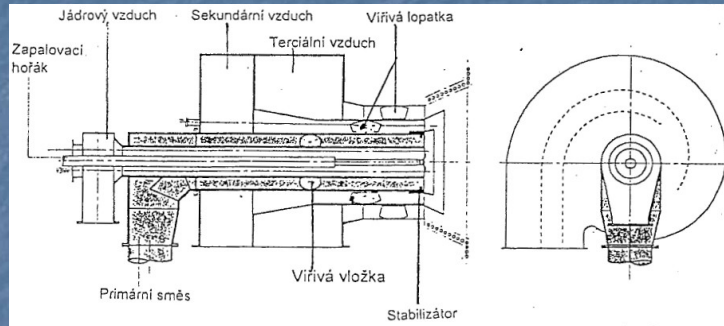


## Koncepce ohniště proudovými hořáky



## Základní typy práškových hořáků

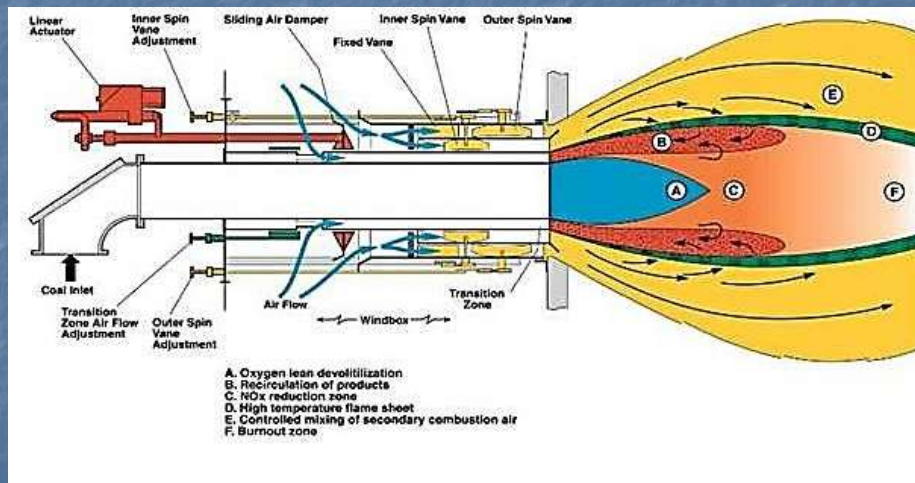
### Vířivý hořák



- Základní princip - vytváření redukčních zón přímo v hořáku
- Schéma vířivého hořáku DS (Drall - Stufen - Brenner)
  - primární směs přivádí mezikružím v ose hořáku - uvede do rotace pomocí vířiče
  - vně přívodu tzv. jádrového vzduchu - vystupuje do spalovací komory axiálně
  - sekundární a terciální vzduch vstupují do hořákové skříně tangenciálně přes vířivé lopatky v mezikružích

## Základní typy práškových hořáků

### Vířivý hořák



## Funkce vířivých hořáků

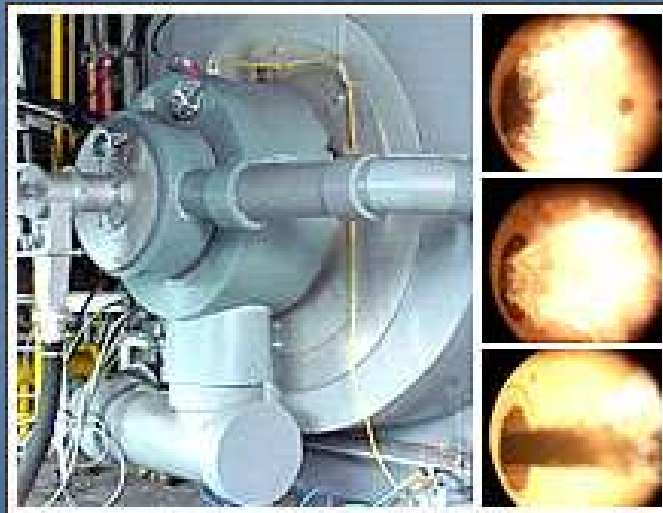
- Charakteristické pro vířivý hořák DS s omezenou tvorbou  $\text{NO}_x$  (Ultra Low  $\text{NO}_x$ ) je zejména:
  - dostatečně včas započatý intenzivní tepelný rozklad paliva
  - uvolněná prchavá hořlavina se zapálí přímo na hořáku - v zóně s vysokou koncentrací paliva a v redukčním prostředí
  - přesně definovaný stupňovitý a opožděný přísun vzduchu k hořící hořlavině
  - rovnoměrný přísun vzduchu a paliva do společných zón, čímž se dosáhne rovnoměrné rozložení plamene
  - opožděný přísun terciálního vzduchu do zóny hoření (je jako vnější - obalový vzduch)
  - spalování na hořáku probíhá v mírně redukční atmosféře
- Spalování je intenzivnější, avšak doba setrvání v oblasti vysokých teplot se zkracuje
- K dokončení spalování se na konci spalovací komory přivádí ve dvou úrovních dohořivací vzduch
- Užití vhodné pro paliva s menším podílem prchavé hořlaviny – černé uhlí

## Základní typy práškových hořáků

### Vířivý hořák Ultra Low $\text{NO}_x$



## Základní typy práškových hořáků Tvar plamene

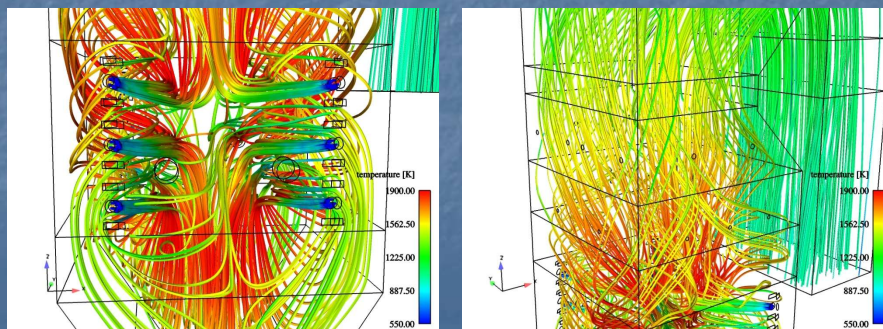


vířivý

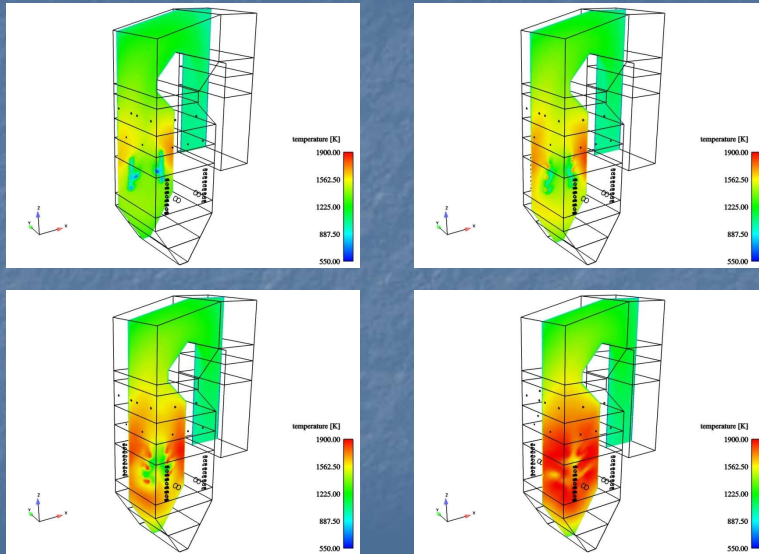
proudový

## Modelování ohnišť

- dnes k dispozici pokročilé modelovací nástroje CFD
- úlohy jsou složité – 3D heterogenní neizotermické proudění při spalování
- výsledkem je proudové, teplotní a koncentrační pole v prostoru spalovací komory

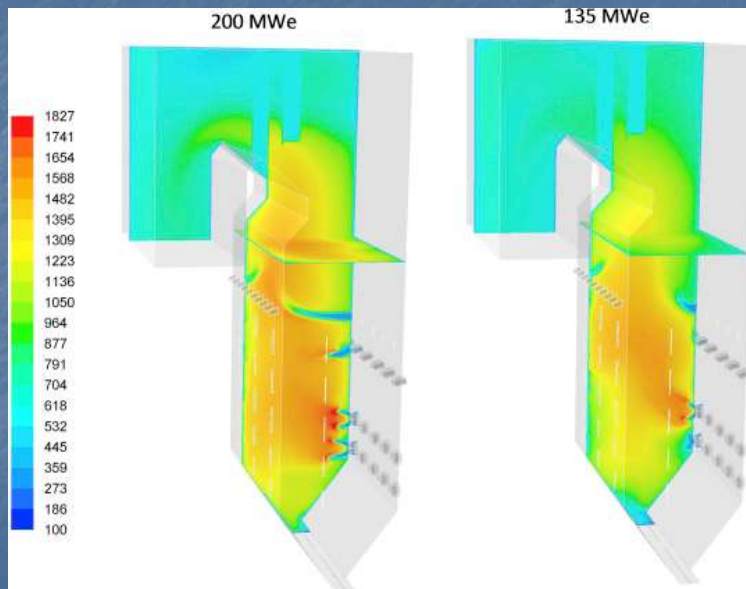


## Modelování ohnišť



25

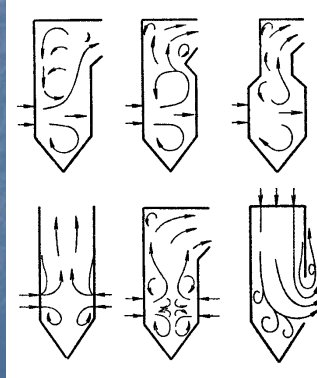
## Modelování ohnišť



26

## Volba geometrického tvaru ohniště

- úzce souvisí s uspořádáním hořáků
- pro příznivý průběh spalovacího procesu je žádoucí vznik turbulence s víry malých rozměrů
- ke zlepšení turbulence přispívá
  - provedení nosu na konci ohniště
  - zúžení čela vychlazovacího prostoru

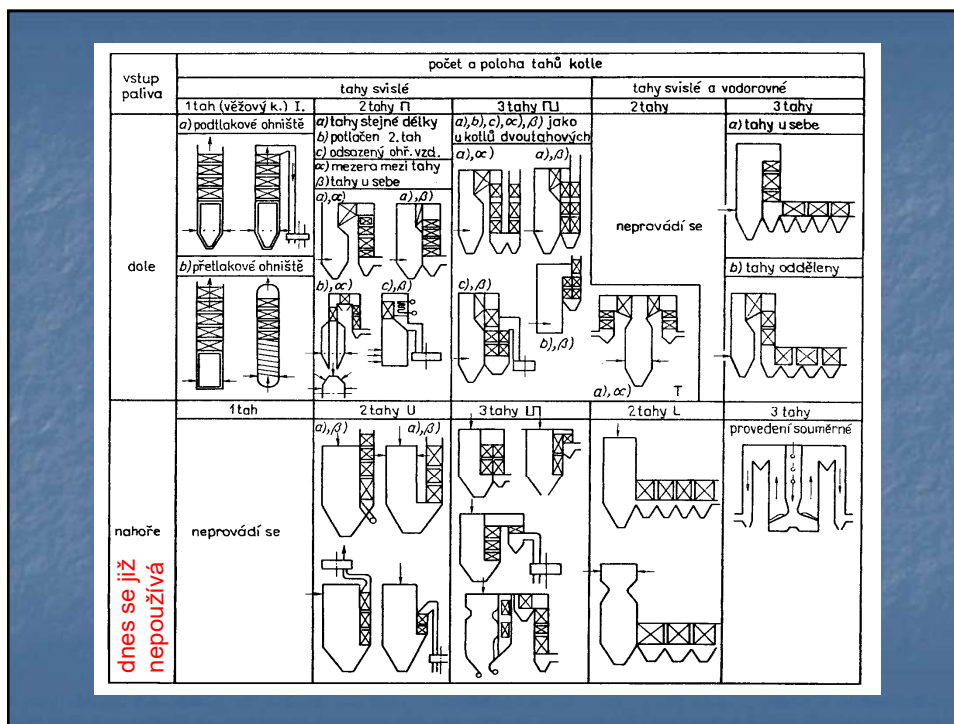


27

## Koncepční řešení práškových kotlů s granulačním ohništěm

### Dělení

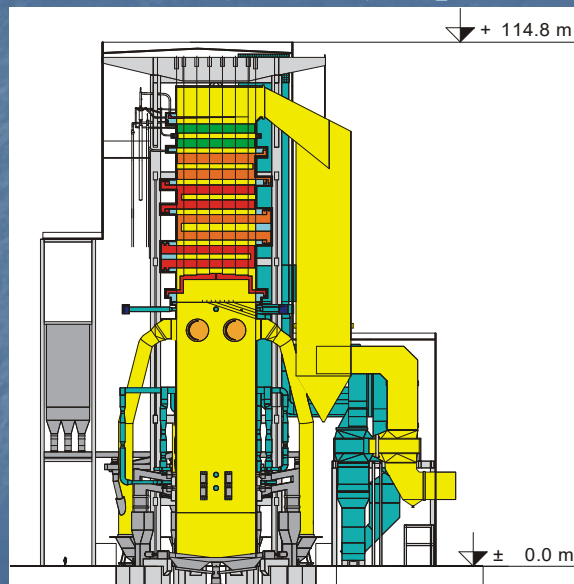
- podle počtu tahů
  - jednotahové – věžové
  - dvoutahové
  - třítahové – dnes málo používané
- podle umístění hořáků
  - dole
  - nahoře – dnes málo používané



## Jednotahové (věžové) uspořádání

- Výhody
  - menší abrase
  - lepší spalovací poměry
  - odpadá obrátová komora
- Nevýhody
  - těžší nosná konstrukce
  - obtížná montáž u velkých výkonů
  - nutný prázdný průtah k sacímu ventilátoru evt. ohříváku vzduchu,
  - nízké rychlosti spalin na konci kotle
  - investičně je kotel většinou dražší

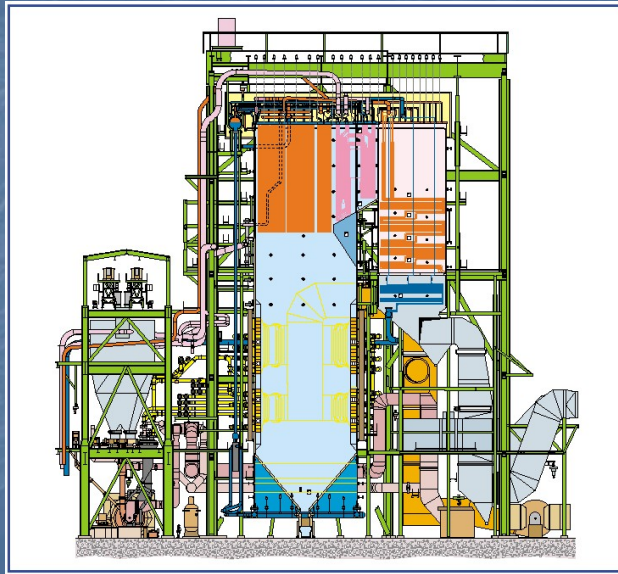
## Jednotahové (věžové) uspořádání



## Dvoutahové uspořádání tvaru $\Pi$

- Výhody
  - jednoduchá konstrukce,
  - snadná možnost protiproudého uspořádání dodatkových ploch,
  - vhodná dispozice spalinových ventilátorů,
  - možnost dobrého čištění dodatkových ploch,
- Nevýhody
  - nerovnoměrnost koncentračních a rychlostních profilů ve druhém tahu velkých jednotek,
  - větší abrasní účinek popílkových částic,
  - značný objem málo využitě obrátové komory,
  - obtíže s umístěním velkého rekuperačního ohříváku ve 2. tahu => ohřívák vzduchu se proto často umísťuje na samostatné nosné konstrukci (Ljungstroem vždy)

## Dvoutahové uspořádání tvaru $\Pi$



## Mlecí okruh práškových kotlů

Funkce :

- zajistit požadovanou granulometrii paliva
- předsušení paliva

### Sušící medium

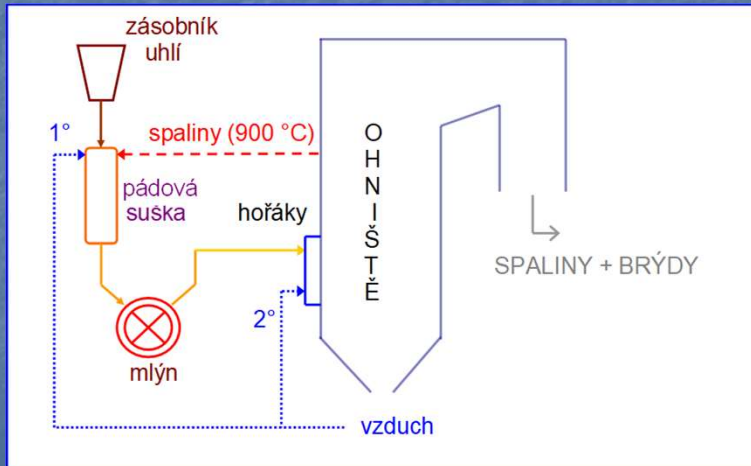
- vzduch – dodáván ventilátorem – přetlakový MO
- spaliny – nasávány mlýnem – podtlakový MO

### Základní typy MO

- uzavřený - s přímým foukáním prášku do ohniště
- otevřený - se zásobníkem prášku – dnes se nepoužívá

# Klasická metoda sušení horkými spalinami

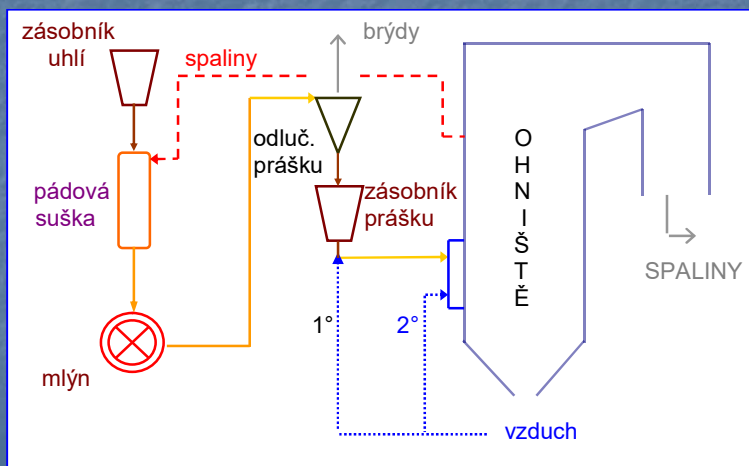
## Uzavřený mlecí okruh



35

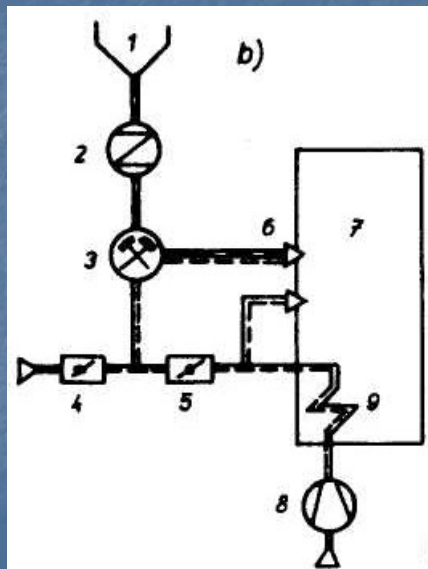
# Klasická metoda sušení horkými spalinami

## Otevřený mlecí okruh



36

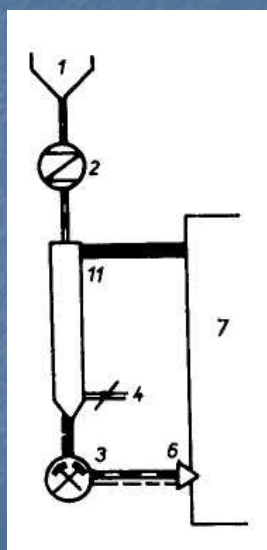
## MO s přímým foukáním prášku do ohniště



### Přetlakový – sušení vzduchem

- 1-zásobník surového uhlí,
  - 2-podavač,
  - 3-mlýn,
  - 4,5-regulační klapka,
  - 6-hořák,
  - 7-ohniště,
  - 8-vzduchový ventilátor,
  - 9-ohřívák vzduchu,
- MO vhodný pro suché černé uhlí

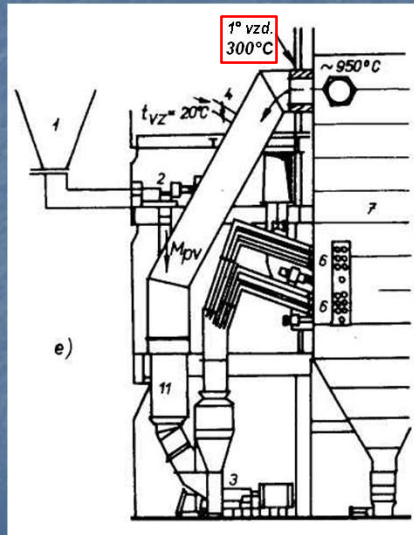
## MO s přímým foukáním prášku do ohniště



### Podtlakový s pádovou spalínovou suškou

- 1-zásobník surového uhlí,
- 2-podavač,
- 3-mlýn,
- 4,5-regulační klapka,
- 6-hořák,
- 7-ohniště,
- 11-pádová suška

## MO s přímým foukáním prášku do ohniště



### Podtlakový s pádovou spalínovou suškou

- 1-zásobník surového uhlí,
- 2-podavač,
- 3-ventilátorový mlýn,
- 4,5-regulační klapka,
- 6-hořák,
- 7-ohniště,
- 11-pádová suška

## MO s přímým foukáním prášku do ohniště

převládající typ MO

### Výhody

- jednoduchost,
- menší obestavěný prostor
- menší investiční náklady

### Nevýhody

- brýdy se dostávají do kotle – omezený efekt sušení
- MO musí současně zajistit přípravu prášku a jeho dopravu do hořáků – problémy při snížených výkonech kotle
  - větší měrné mlecí práce při částečných zatíženích
  - horší dynamické vlastnosti z hlediska regulace výkonu kotle
  - kolísání jemnosti prášku s výkonem
  - chudší primární směs při poklesu výkonu

## Mletí paliva

využívá se

- nárazu vyvozeného setrvačnými, gravitačními nebo odstředivými silami
- působení otěru a drcení klidným tlakem
- termodynamických jevů

měrná mlecí práce

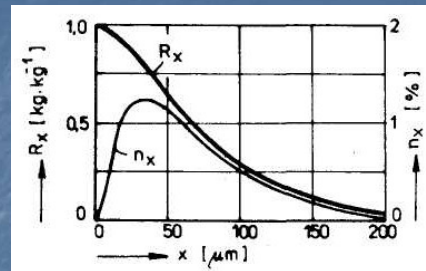
- liší se pro různé druhy uhlí
- závisí na počáteční a koncové zrnitosti paliva

$$\varepsilon = P / M_u \quad [kWh / t]$$

## Jemnost mletí

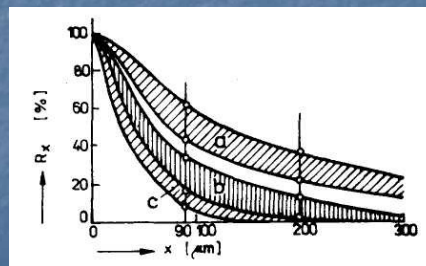
vyjadřuje se

- rozsevou křivkou  $R_x$
- křivkou četnosti  $n_x$



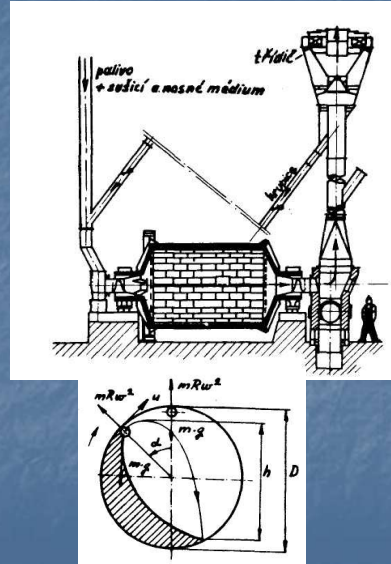
obvyklá jemnost mletí

- a – HU
- b – ČU
- c – výtavná ohniště



## Trubnatý mlýn

- k mletí využívá dynamického účinku rázu kovových mlecích elementů - koulí
- elementy jsou opakovaně vynášeny otáčejícím se bubnem k jeho horní površce, odkud padají po parabolické dráze na hladinu paliva v bubnu
- surové uhlí vstupuje do mlýna spolu se sušícím médiem jedním dutým otočným čepem mlýna
- umletá zrna paliva jsou vynášena nosným médiem druhým dutým čepem do třídiče



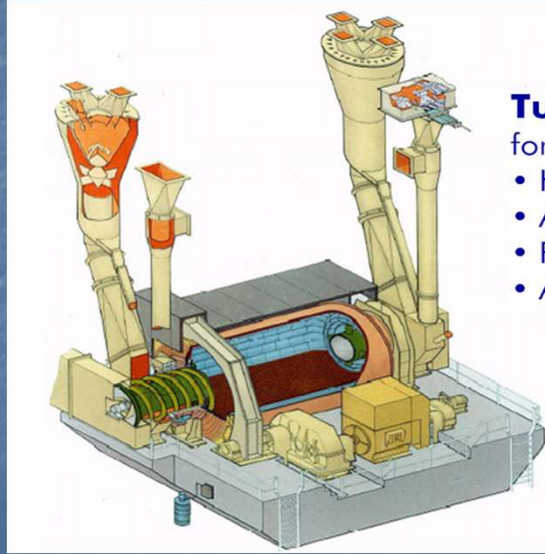
## Trubnatý mlýn

- na výkony 5 až 120 t/h
- tlaková ztráta při proudění nosného a sušícího média 600 až 2500 Pa je spíše vyšší
- opotřebení koulí 70 až 300 g/t
- měrná mlecí práce při jmen. výkonu 16 až 22 kWh/t
- malá citlivost na cizí předměty

### Nevýhody

- vysoký příkon pro chod na prázdko
- vysoká hlučnost
- velký obestavěný prostor
- nehodí se pro MO s přímým foukáním

## Trubnatý mlýn



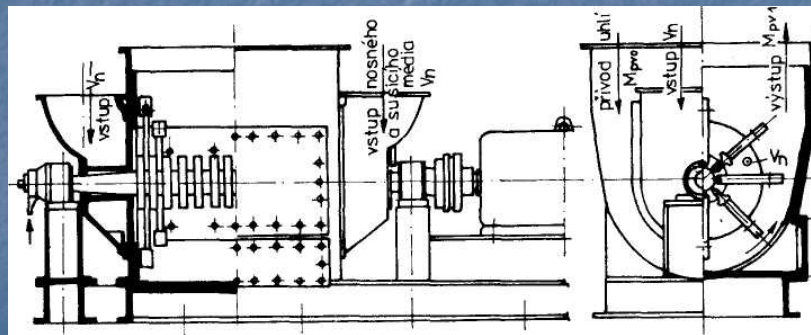
### Tube Ball Mills

for Grinding of

- Hard coals
- Anthracite
- Phosphate
- Abrasive Minerals

## Tlukadlový mlýn

- využívá k mletí dynamické síly
  - při vzájemném střetnutí rotujících tlukadel s uhelnými zrny
  - síly nárazů zrn na pancíř mlecí skříně



## Tlukadlový mlýn

skládá se

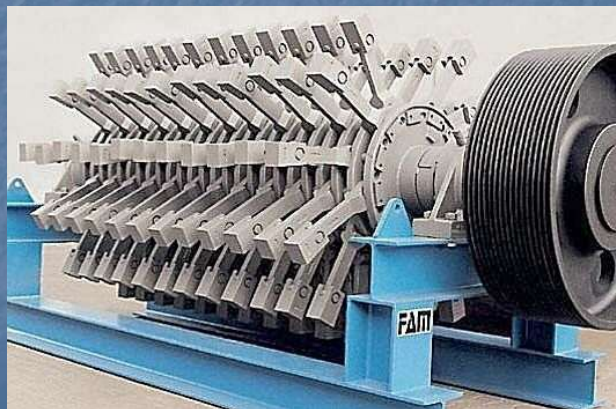
- ze svařované vypancéřované mlecí komory
  - s tečným vstupem paliva vůči rotoru
  - osovým nebo tečným vstupem nosného a sušícího média



## Tlukadlový mlýn

skládá se

- z rotoru, tvořeného vodorovným hřídelem, ke kterému jsou na nábojích s oky připojeny čepy v několika řadách výkyvná ramena s tlukadly



## Tlukadlový mlýn



## Tlukadlový mlýn

- na výkony 5 až 50 t/h
- pro mletí měkkého a středně tvrdého uhlí
- použití v MO s přímým foukáním

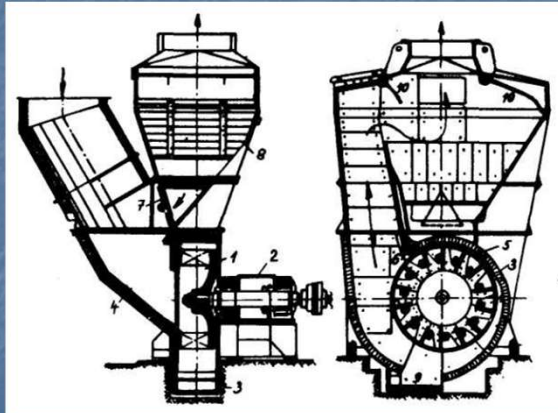
### Nevýhody

- menší ventilační účinek
- velká ventilační ztráta při sníženém výkonu

## Ventilátorový mlýn

- podobá se robustně provedenému radiálnímu ventilátoru s opacňovaným oběžným kolem a spirální skříní

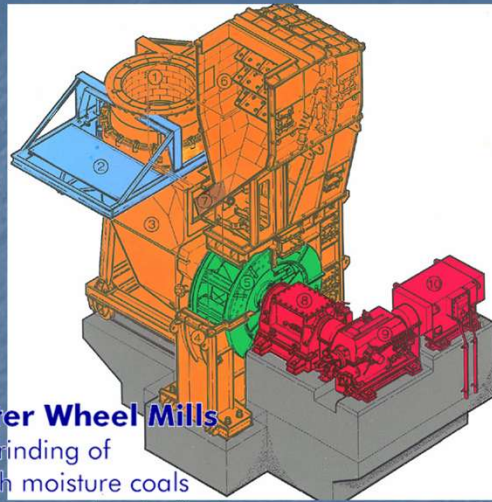
- 1-oběžné kolo,
- 2-ložisková skříň,
- 3-mlecí komora,
- 4-sací hrdlo,
- 5-pancír,
- 6-nos,
- 7-recirkulační hradítko pro vracení hrubé frakce,
- 8-třidič,
- 9-shromažďování cizích těles
- 10-regulační klapka jemnosti mletí



## Ventilátorový mlýn

- lopatky jsou radiální a tvoří současně mlecí desky
- lopatky jsou opatřeny silným pancěrováním
- desintegrace uhlí probíhá
  - při nárazu zrn na mlecí desky oběžného kola,
  - při nárazu zrn na obvodové pancíře mlecí skříně po výstupu z kola
  - v malé míře také při vstupu do mlýna nárazem na šikmý pancír v sacím hrdle
  - rozpraskem zrn, vyvolaným expanzí vodních par z vody v palivu při vysoké teplotě sušicího média

## Ventilátorový mlýn

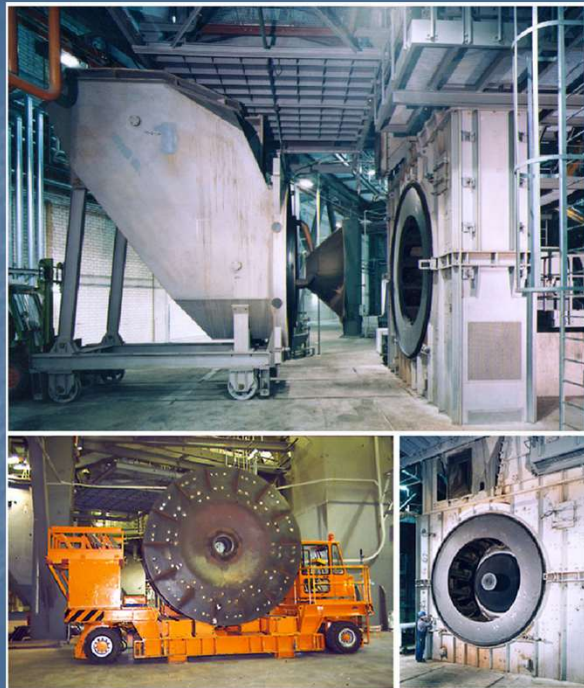


- 1 Connection for flue gas resuction duct
- 2 Isolating slide damper for flue gas resuction duct
- 3 Mill door
- 4 Mill housing
- 5 Beater wheel
- 6 Classifier
- 7 Coarse particle return duct
- 8 Double bearing
- 9 Variable speed gear
- 10 Drive motor

### Beater Wheel Mills

for Grinding of

- High moisture coals
- Fibrous and moist lignites
- Coarse grinding of limestone
- Soft minerals



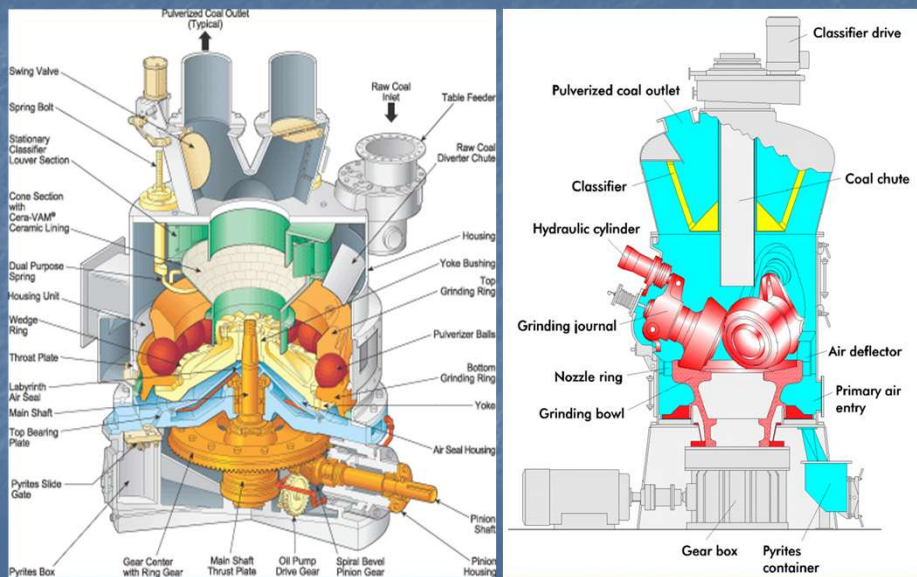
## Ventilátorový mlýn

- používá se v MO s přímým foukáním
- plní funkci mlýnského ventilátoru
- je vhodný pro mletí velmi mokrých měkkých uhlí s možností sušení horkými spalinami
- mlecí práce 4 až 12 kWh/t

### Výhody

- menší obestavěný prostor
- menší mlecí práce než u tlukadlového mlýna

## Kroužkový a kladkový mlýn



## Kroužkový a kladkový mlýn

- mletí paliva se děje klidným tlakem mlecích elementů, které se valí přes vrstvu zrn paliva
- k vysušení dochází pouze ve mlýně
- vhodné pro mletí suchých a tvrdých uhlí
- sušicím médiem bývá vzduchu

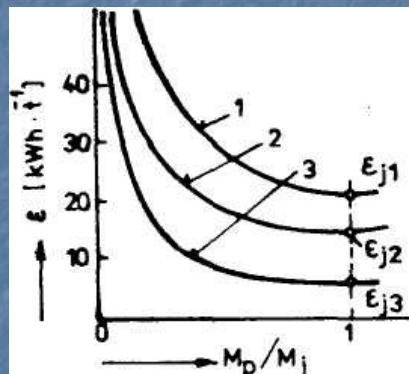
### Výhody

- nejmenší mlecí práce 5 až 8 kWh/t
- malý obestavěný prostor
- plochá závislost měrné mlecí práce na výkonu mlýna

## Vliv poměrného výkonu mlýna na měrnou mlecí práci

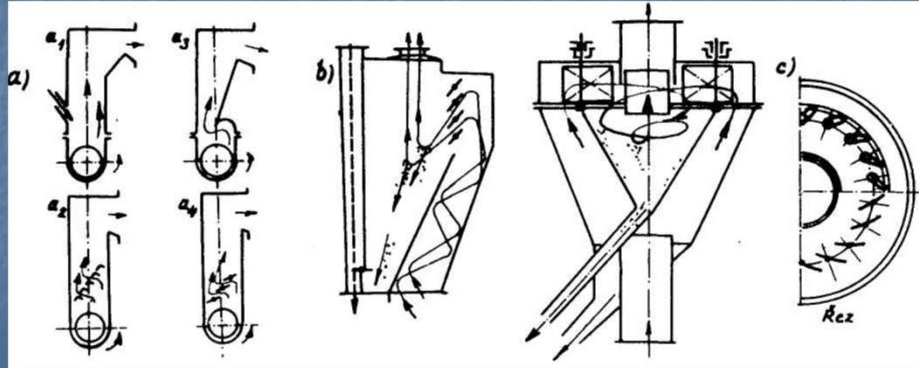
s klesajícím výkonem  
mlýna měrná mlecí práce  
roste

- 1-mlýn trubnatý,
- 2-mlýn tlukadlový nebo ventilátorový,
- 3-mlýn kroužkový nebo kladkový



# Třidiče

- slouží k separaci větších zrn prášku, které se vrací zpět do mlýna
  - a-šachtový,
  - b-obratový,
  - c-statický odstředivý (Raymondův)



# Třidič kladkového mlýna

