

Příprava uhlí ke spalování v práškových kotlích

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

1

Mlecí okruh práškových kotlů

Funkce :

- zajistit požadovanou granulometrii paliva
- předsušení paliva

Sušící medium

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

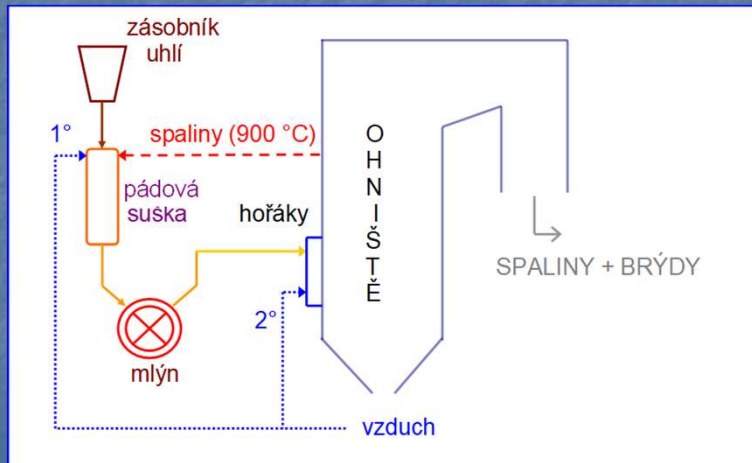
Základní typy MO

- uzavřený - s přímým foukáním prášku do ohniště
- otevřený - se zásobníkem prášku

2

Klasická metoda sušení horkými spalinami

Uzavřený mlecí okruh

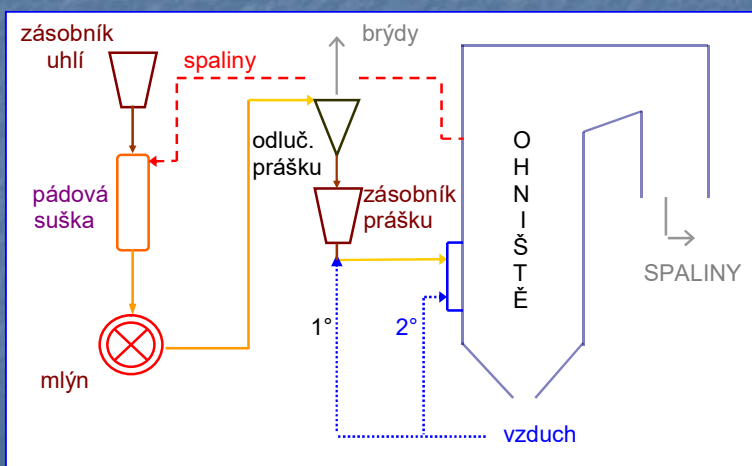


3

3

Klasická metoda sušení horkými spalinami

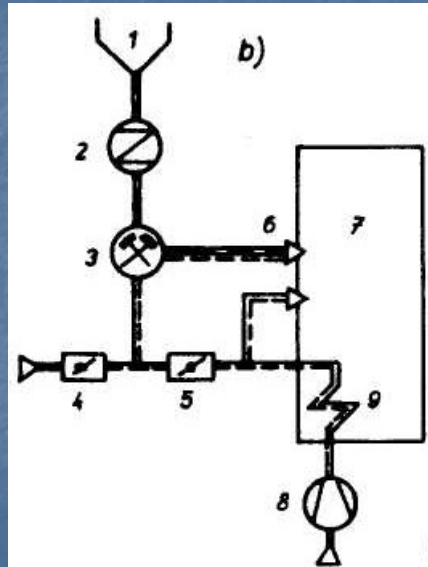
Otevřený mlecí okruh



4

4

MO s přímým foukáním prášku do ohniště



Přetlakový – sušení vzduchem

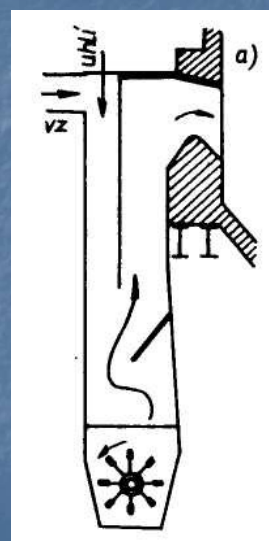
- 1-zásobník surového uhlí,
 - 2-podavač,
 - 3-mlýn,
 - 4,5-regulační klapka,
 - 6-hořák,
 - 7-ohniště,
 - 8-vzduchový ventilátor,
 - 9-ohřívák vzduchu,
- MO vhodný pro suché černé uhlí

5

MO s přímým foukáním prášku do ohniště

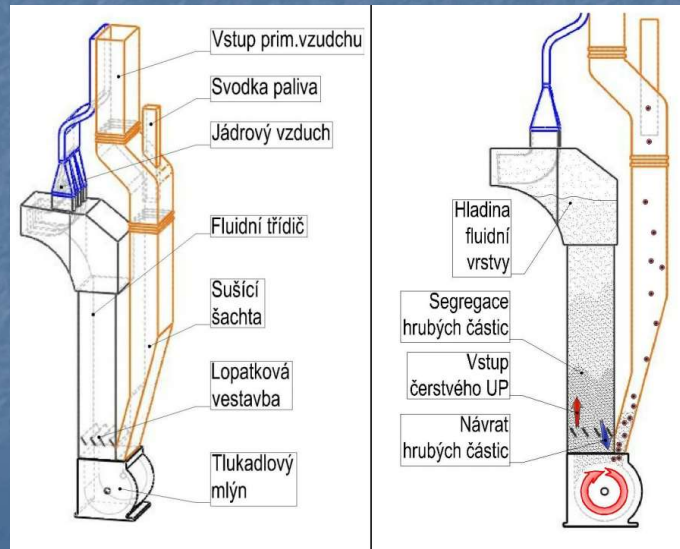
Krämerovo ohniště

- vývojově nejstarší řešení
- nejjednodušší provedení
- sušení vzduchem
- přetlakový MO
- společná sušicí a třídící šachta
 - funguje jako fluidní třídič
 - lopatky na výstupu z mlýna zlepšují funkci třídiče
- práškový hořák je vytvořen jako obdélníkový otvor ve stěně = ambrazura



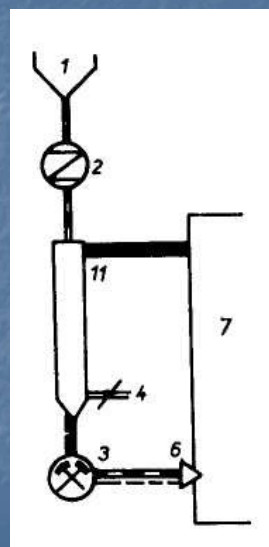
6

MO s přímým foukáním prášku do ohniště Krämerovo ohniště – elektrárna Opatovice



7

MO s přímým foukáním prášku do ohniště

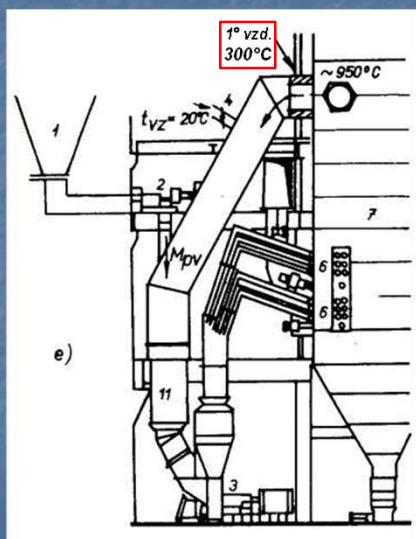


Podtlakový s pádovou spalinovou suškou

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

8

MO s přímým foukáním prášku do ohniště

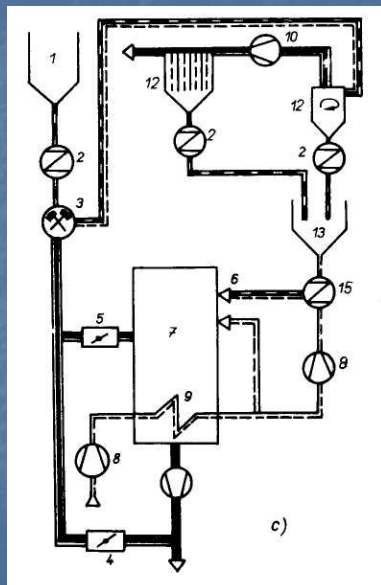


Podtlakový s pádovou spalínovou suškou

- 1-zásobník surového uhlí,
- 2-podavač,
- 3-ventilátorový mlýn,
- 4,5-regulační klapka,
- 6-hořák,
- 7-ohniště,
- 8-vzduchový ventilátor,
- 9-ohřívák vzduchu,
- 10-brýdový ventilátor
- 11-pádová suška

9

MO se zásobníkem prášku



Otevřený – sušení spalínami

- 1-zásobník surového uhlí,
- 2-podavač,
- 3-mlýn,
- 4,5-regulační klapka,
- 6-hořák,
- 6a-brýdový hořák,
- 7-ohniště,
- 8-vzduchový ventilátor,
- 9-ohřívák vzduchu,
- 10-brýdový ventilátor
- 11-suška
- 12-odlučovač prášku,
- 13-práškový zásobník,
- 14-filtry,
- 15-směšovač prášku s 1° vzduchem

10

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

11

MO se zásobníkem prášku

Výhody

- brýdy jdou mimo kotel – zmenšení průtoku spalin má pozitivní dopad
 - na komínovou ztrátu
 - dimenzování velikosti kotle
- provoz MO a kotle nejsou na sobě závislé
 - lepší regulovatelnost
 - lepší dynamika
 - vyšší spolehlivost
- mlýny mohou jet na plný výkon, kdy je měrná mlecí práce nejnižší

Nevýhody

- větší komplikovanost zařízení
- větší obestavěném prostoru
- větší investiční náklady
- ztráta hořlavinou v brýdách

12

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

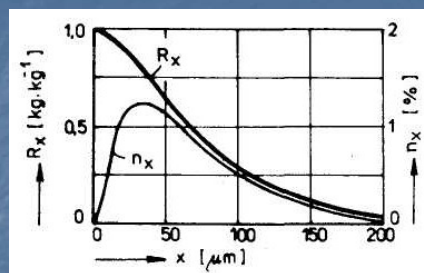
$$\varepsilon = P / M_u \quad [kWh/t]$$

13

Jemnost mletí

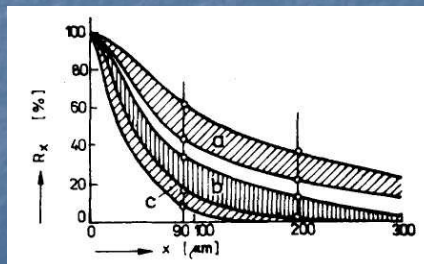
vyjadřuje se

- rozsevou křivkou R_x
- křivkou četnosti n_x



obvyklá jemnost mletí

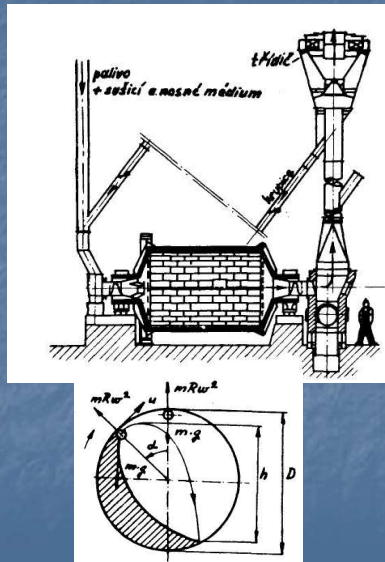
- a – HU
- b – ČU
- c – výtavná ohniště



14

Trubnatý mlýn

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



15

Trubnatý mlýn

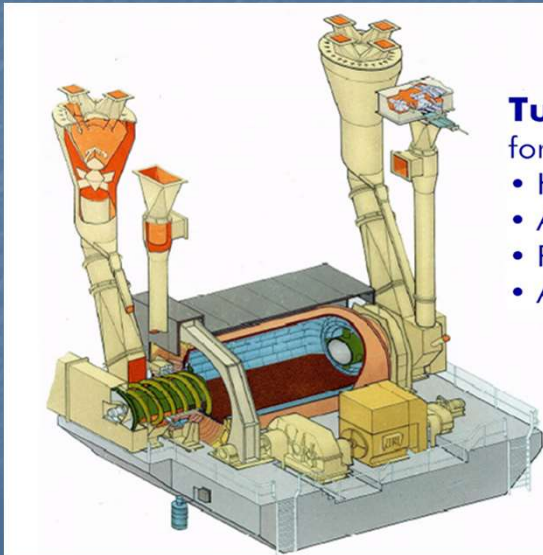
- na výkony 5 až 120 t/h
- tlaková ztráta při proudění nosného a sušicího média 600 až 2500 Pa je spíše vyšší
- opotřebení koulí 70 až 300 g/t
- měrná mlecí práce při jmen. výkonu 16 až 22 kWh/t
- malá citlivost na cizí předměty

Nevýhody

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

16

Trubnatý mlýn



Tube Ball Mills

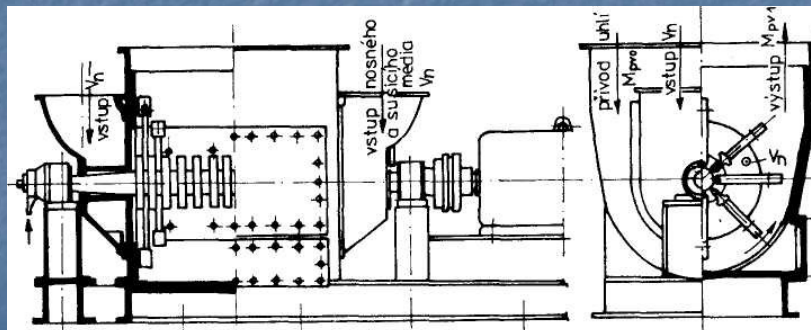
for Grinding of

- Hard coals
- Anthracite
- Phosphate
- Abrasive Minerals

17

Tlukadlový mlýn

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



18

Tlukadlový mlýn

skládá se

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



19

Tlukadlový mlýn

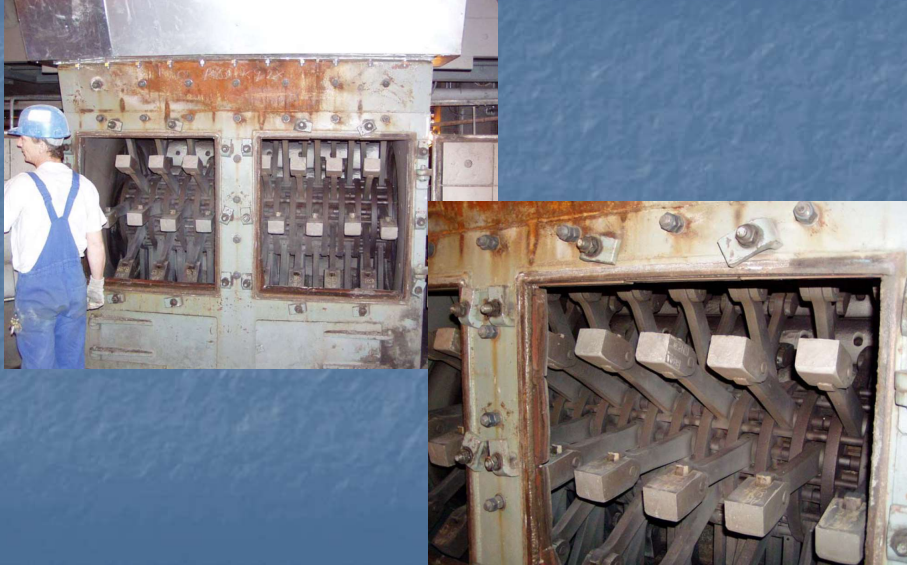
skládá se

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



20

Tlukadlový mlýn



21

Tlukadlový mlýn

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

Nevýhody

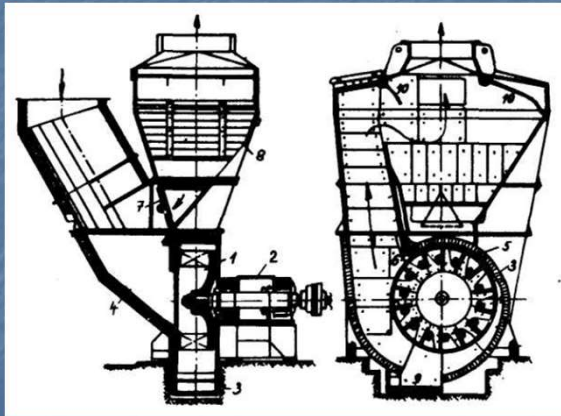
- menší ventilační účinek
- velká ventilační ztráta při sníženém výkonu

22

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

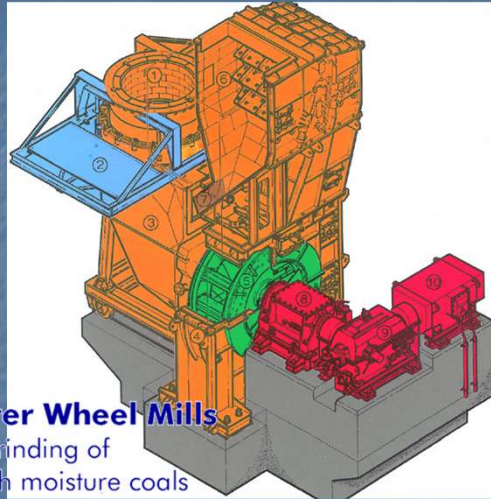
23

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 sušícího média

24

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

25



26

Ventilátorový mlýn

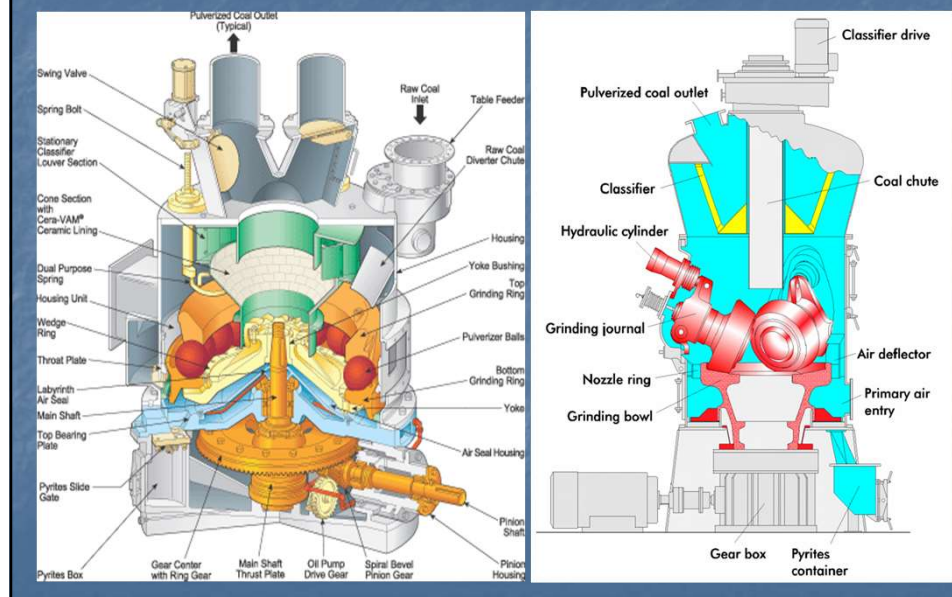
- používá se v MO s přímým foukáním
- plní funkci mlýnského ventilátoru
- je vhodný pro mletí velmi mokřých měkkých uhlí s možností sušení horkými spalinami
- mlecí práce 4 až 12 kWh/t

Výhody

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

27

Kroužkový a kladkový mlýn



28

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
- sušícím médiem bývá vzduchu

Výhody

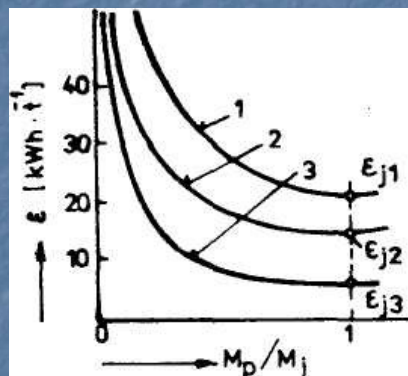
- nejmenší mlecí práce 5 až 8 kWh/t
- malý obestavěný prostor
- plochá závislost měrné mlecí práce na výkonu mlýna

29

Vliv poměrného výkonu mlýna na měrnou mlecí práci

s klesajícím výkonem mlýna měrná mlecí práce roste

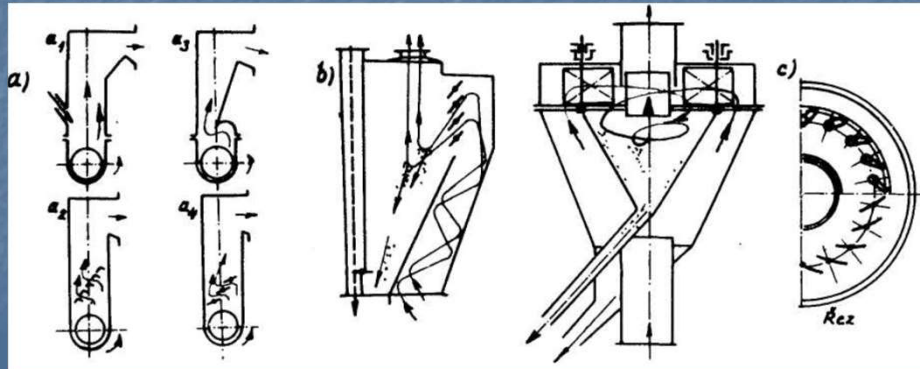
- 1-mlýn trubnatý,
- 2-mlýn tlukadlový nebo ventilátorový,
- 3-mlýn kroužkový nebo kladkový



30

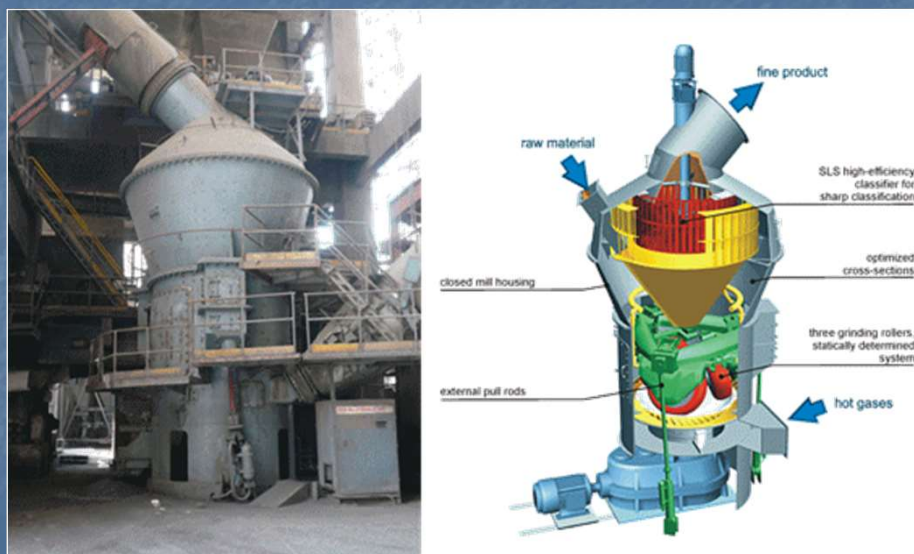
Třídíče

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



31

Třídíč kladkového mlýna



32

Sušení uhlí

- jediný užívaný prostředek, který umožňuje zvýšit výhřevnost méněhodnotných mokrých paliv
- při vysušení o ΔW [kg/kg] vody z paliva se zvýší jeho výhřevnost o

$$\Delta Q_i = Q_s^h \cdot (1 - A^d) \cdot \Delta W + 2453 \cdot [1 + 9 \cdot H^{daf} \cdot (1 - A^d)] \cdot \Delta W \quad [kJ / kg]$$

- vysušení má dále příznivý vliv
 - na melitelnost paliva,
 - uskladňování,
 - transport,
 - podávání

33

Pádová suška

- nejrozšířenější typ z důvodu jednoduchosti
- konvektivní typ sušárny
- svislá trouba potřebného průměru uvnitř opatřená žáruvzdornou vyzdívkou
- sušicím médiem je obvykle ohřátý vzduch nebo horké spaliny zavedené do sušky shora
- palivo se do sušky přivádí v horní části a suší se během volného pádu
- pro intenzivní sušení je třeba použít vysokou teplotu sušícího média

34

Tepelná bilance sušky

- cílem je určit množství sušícího média y [m^3/kg] resp. jeho teplotu t_{s0} [$^{\circ}\text{C}$] pro vysušení 1 kg paliva s obsahem vody W_0 [kg/kg] na W_1

$$\sum q = q_{s0} + q_{u0} + q_{př} - q_w - q_{s1} - q_{u1} - q_s = 0 \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

- tepla sušícího média a uhlí na vstupu do sušky

$$q_{s0} = y \cdot c_{s0} \cdot t_0 \quad a \quad q_{u0} = 1 \cdot c_u \cdot t_{u0} \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

- citelné teplo přisátého vzduchu

$$q_{př} = y_{př} \cdot c_{vz} \cdot t_{vz} \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

- teplo na odpaření vody a přehřátí páry na teplotu za suškou t_1 [$^{\circ}\text{C}$]

$$q_w = \Delta W \cdot [c_w \cdot (t' - t_{u0}) + r + c_p \cdot (t_1 - t')] \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

35

Tepelná bilance sušky

- kde množství odpařené vody je

$$\Delta W = \frac{W_0 - W_1}{1 - W_1} \quad [\text{kg} / \text{kg}]$$

- citelné teplo v sušícím médiu a uhlí na výstupu ze sušky

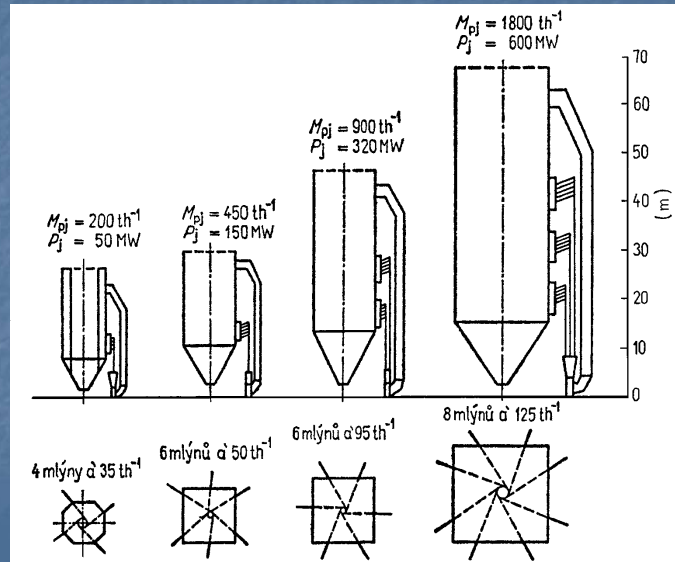
$$q_{s1} = (y + y_{př}) \cdot c_{s1} \cdot t_1 \quad a \quad q_{u1} = \left[(1 - W_0) \cdot c_{u1} + \frac{W_1 \cdot c_{w1}}{1 - W_1} \right] \cdot t_1 \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

- tepelná ztráta sušky na 1 kg uhlí

$$q_z = \frac{Q_z}{M_u} = \eta_s \cdot q_{s0} = (0,05 \text{ až } 0,15) \cdot q_{s0} \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

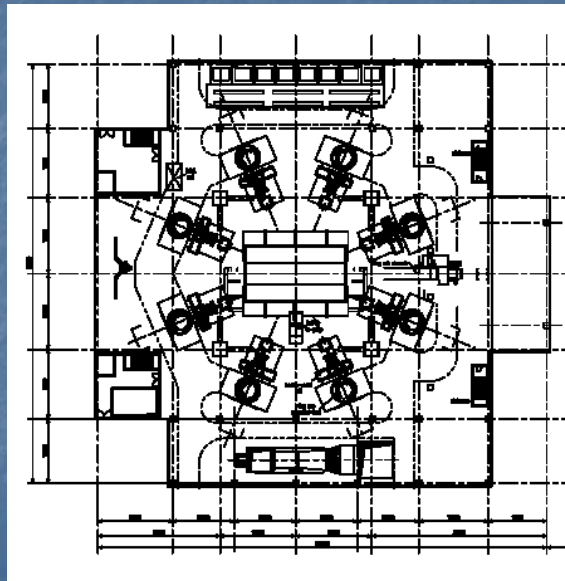
36

Volba počtu MO



37

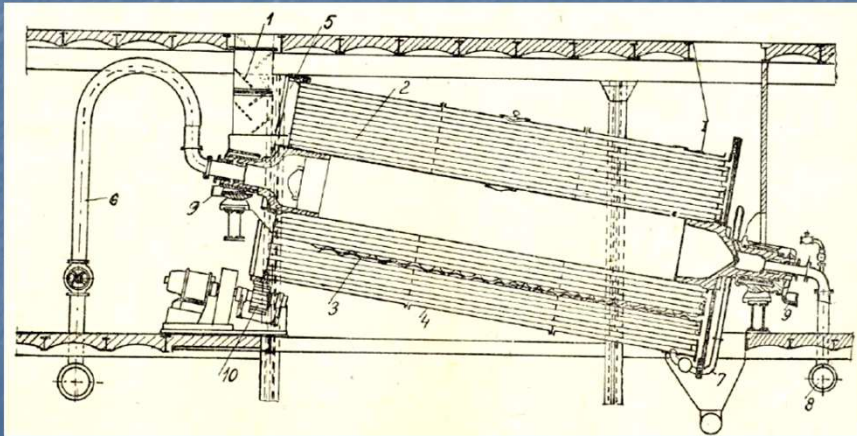
Dispozice MO



38

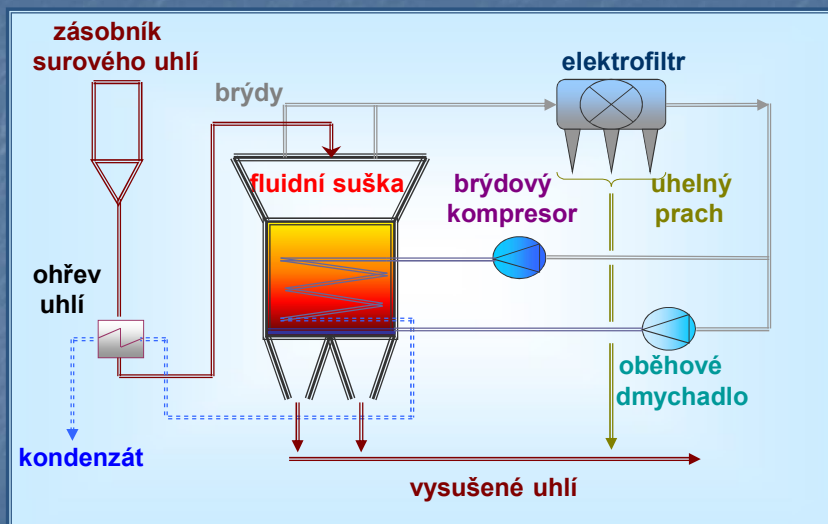
Jiné metody sušení uhlí

Parní bubnová suška



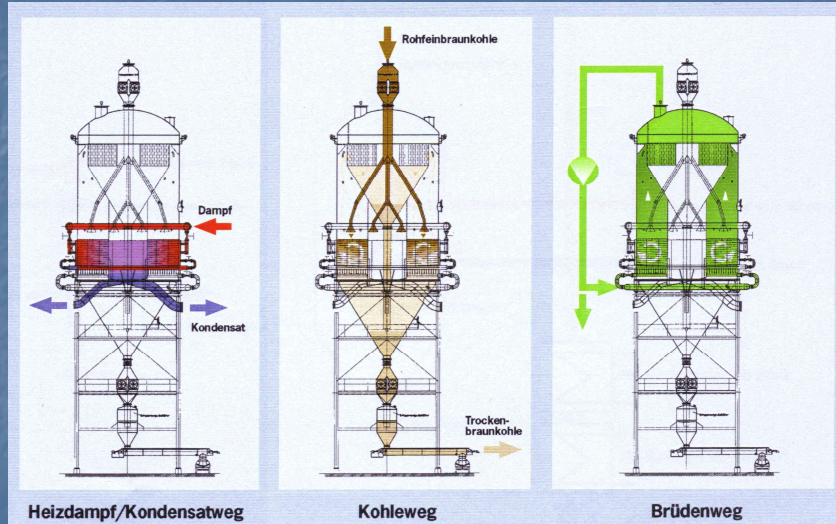
39

Fluidní sušení odpadním teplem (WTA)



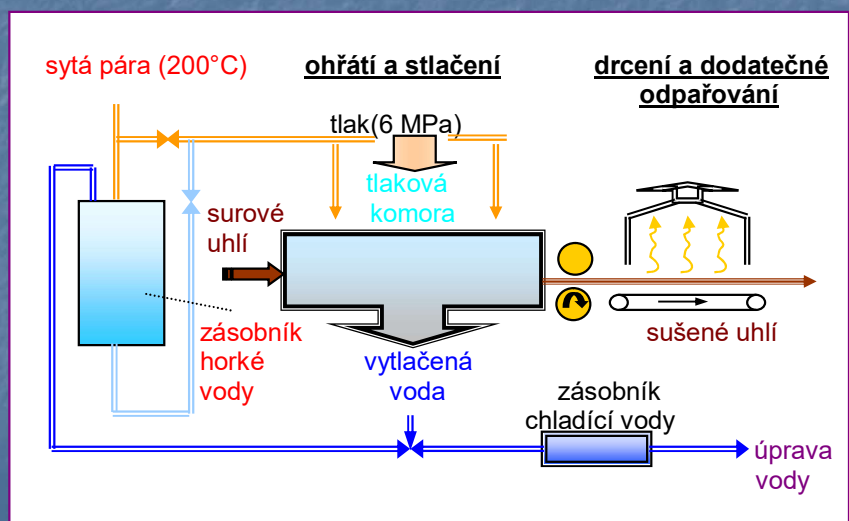
40

Parní fluidní suška na hnědé uhlí



41

Princip mechanicko - tepelného odvodňování MTE



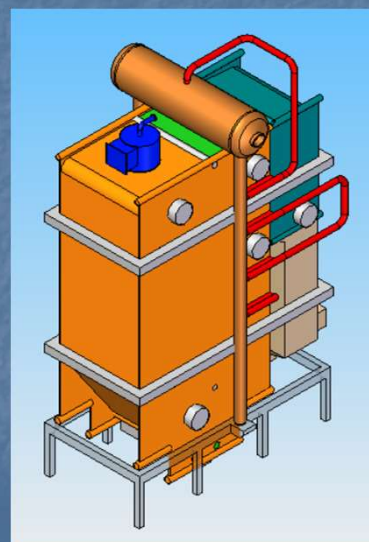
42

Multiprach

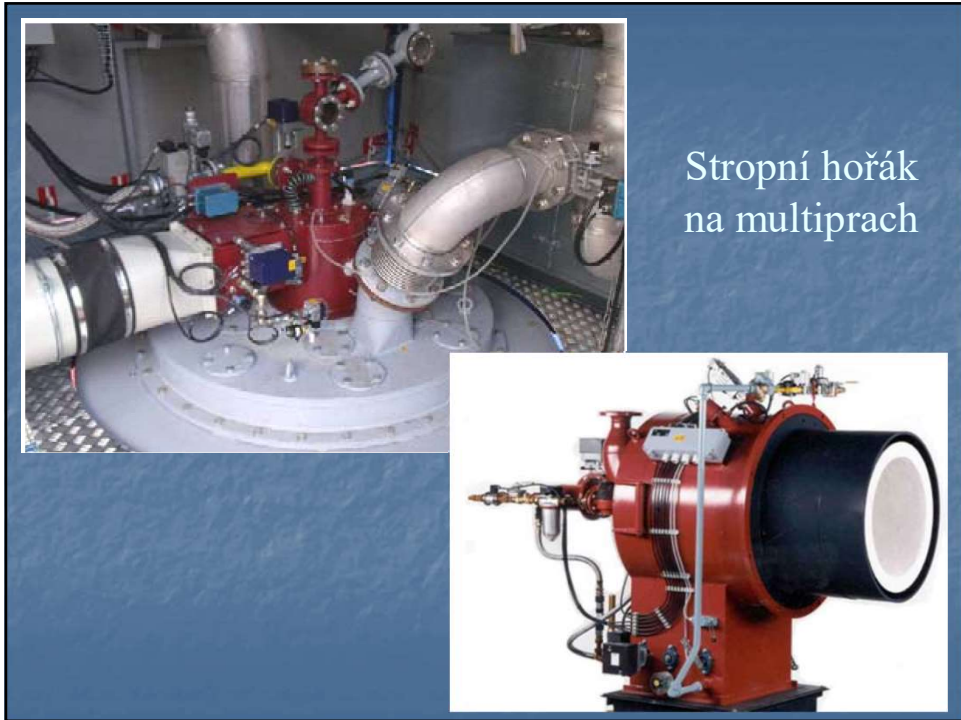
- hnědé uhlí dodávané v usušeném a namletém stavu
- spaluje se v práškovém hořáku
- výhody
 - odpadá složitá příprava paliva před spalováním
 - klesají náklady na dopravu (nižší hmotnost)
 - doprava a skladování v uzavřených zásobnících s pneumatickým transportem prášku
 - vhodné i pro malé výkony – od stovek kW
 - možnost substituce plynu – cenově výhodnější palivo
- nevýhody
 - riziko samovznícení a výbuchu – nutná inertizace zásobníků
 - proti uhlí dražší palivo

43

Zdroj na multiprachech a kotel se stropním hořákem



44



47