

Rozprašovací sušárna Anhydro – cvičení EXP

Zpracoval : Ing. Pavel Hoffman, CSc
ČVUT Praha, strojní fakulta
Ústav procesní a zpracovatelské techniky

Datum: listopad 2000

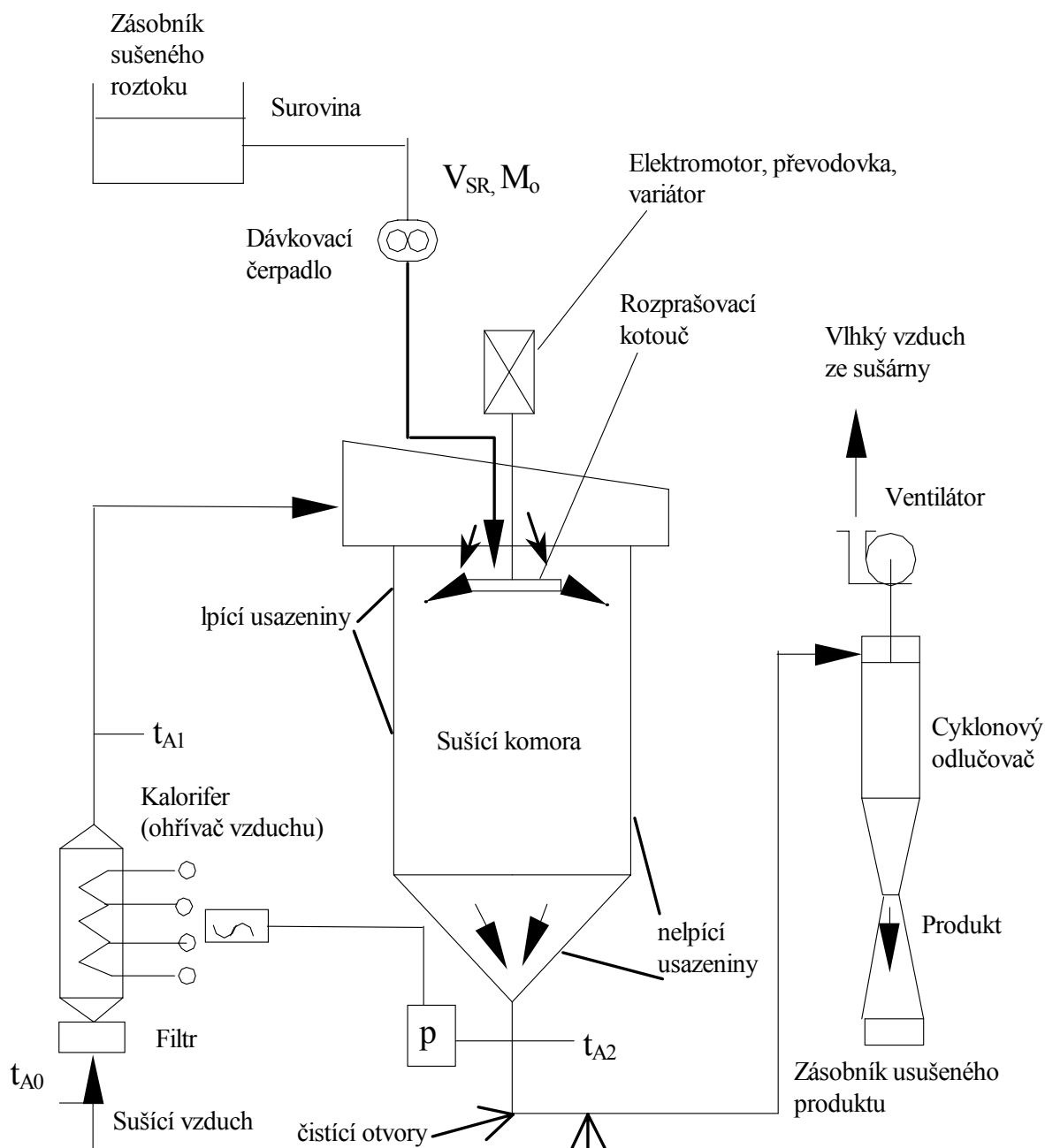
Popis laboratorní sušárny

Rozprašovací kotouč je umístěn v horní části tělesa sušárny. Sušená látka je z nerezové nádržky sušeného roztoku přiváděna do rozprašovacího kotouče čerpadlem s variátorem (Mono pumpa). Sušící vzduch je ohříván třemi bateriemi elektrických topných těles z okolní teploty t_{A0} na hodnotu t_{A1} . Proudění vzduchu zajišťuje ventilátor. Vzduch před sušárnou je filtrován. Usušený produkt je oddělen v cyklónovém odlučovači a odveden do nerezové nádoby. Sušárna je opatřena snímačem tlaku, který při ztrátě podtlaku v sušící komoře zajistí automatické vypnutí topných těles. Na výstupu ze sušárny (před cyklónovým odlučovačem) je měřena teplota sušícího vzduchu za sušárnou (t_{A2}).

Schéma rozprašovací sušárny je uvedeno na obr.1. Objem sušící komory rozprašovací sušárny je $1,688 \text{ m}^3$, průměr rozprašovacího kotouče je 100 mm. Množství sušícího vzduchu nelze regulovat, rovněž nelze regulovat způsob jeho proudění v sušící komoře. Teplotu vystupujícího vzduchu lze regulovat pouze teplotou vstupujícího vzduchu a nástřikem sušeného roztoku. Teplotu vstupujícího sušícího vzduchu lze regulovat počtem zapnutých topných těles a ručním zapínáním (vypínáním) jednoho tělesa.

Postup při spouštění sušárny

1. Promazat pohon rozprašovacího kotouče (kontrola oleje v nádobce ev. jeho doplnění či odčerpání pumpičkou).
2. Zapojit sušárnu na přívod proudu.
3. Zkontrolovat, zda lze volně otáčet rozprašovacím kotoučem.
4. Uzavřít sušárnu.
5. Zapnout ventilátor.
6. Zapnout požadovaný počet topných těles.
7. Do nádoby si připravit odměřené množství sušeného roztoku (vody), zkontrolovat zda je nádoba (konev) pod cyklonem prázdná a suchá, připevnit ji pákami a otevřít klapku.
8. Vyčkat až se sušící vzduch ohřeje na požadovanou teplotu resp. se ustálí na teplotě odpovídající zapnutému počtu topných těles (1 TT cca 120 až 140 °C, 2 TT cca 180 až 210 °C, 3 TT cca 230 až 280 °C).
9. Zapnout pohon rozprašovacího kotouče a nastavit otáčky (pro předmět EXP maximálně 25000 1/min.).
10. Zapnout čerpadlo a nastavit průtok sušené kapaliny na požadovanou hodnotu. V případě sušení roztoků se změnami otáček čerpadla nastaví teplota vystupujícího vzduchu tak, aby byl vystupující prášek suchý a nelepivý a nedocházelo k jeho nalepování na stěnách sušárny. V případě předmětu EXP se nastaví na hodnotu cca „0,5 až 0,6 l/min“, aby se neodpařila veškerá voda.



Obr.1: Schéma laboratorní rozprašovací sušárny Anhydro

Postup měření

1. Odměrným válcem odměřit 4 až 5 l vody, změřit její teplotu a nalít do prázdné nádržky na surovinu.
2. Spustit podávací čerpadlo nastavené na průtok cca „0,5 l/min“.

3. Od okamžiku, kdy stoupne proud na pohon rozprašovacího kotouče začít měřit čas (kapalina se začíná rozprašovat).
4. Po ustálení teplot odečíst vstupní a výstupní teplotu vzduchu, teplotu a vlhkost vzduchu v hale, otáčky kotouče, intenzitu proudu, počet zapnutých topných těles a nastavení čerpadla.
5. Sledovat pokles hladiny v nádržce. Krátce před jejím vyčerpáním znovu odečíst výše uvedené hodnoty.
6. V okamžiku, kdy hladina v nádržce klesne ke hraně výstupního hrdla stopnout čas a vypnout čerpadlo (nastavit na 0). Zapsat čas měření.
7. Vyčkat až se veškerá voda vyfouká ze sušárny, sundat konev pod cyklonem a „neusušenou“ vodu nalít do odměrného válce. Odečíst její množství a teplotu.
8. Změnit počet zapnutých topných těles a celý postup opakovat. Doporučený postup, který je časově nejvýhodnější je: 1.měření – 1 TT, 2.měření – 2 TT, 3.měření – 3 TT, 4.měření – 3 TT, 5.měření – 2 TT, 6.měření – 1 TT. Tak dochází k postupnému ohřevu a ochlazení sušícího vzduchu.

Postup při vypnutí sušárny

1. Pokud se suší roztok, tak se do nádržky nalije voda (ev. se sací hadice přehodí do nádoby s vodou) a zvýší se průtok na cca „0,6 až 0,7 l/min.“ Tím se sušárna promyje. Teplota sušícího vzduchu postačí cca 130 °C (1 TT).
2. Otvorem ve dveřích sušárny ev. jejich otevřením zkontrolovat čistotu stěn a stropu sušárny. Sušárnu ev. mechanicky dočistit.
3. Vypnout topná tělesa.
4. Snížit výkon čerpadla na 0 a vypnout pohon jeho motoru.
5. Snížit otáčky rozprašovacího kotouče na 0 a vypnout pohon jeho motoru.
6. Vyčkat až se teplota sušícího vzduchu sníží na cca 80 °C (nebezpečí poškození ev. přehřátých TT).
7. Vypnout ventilátor.
8. Otevřít sušárnu a zkontrolovat její stav (ev. ji znovu propláchnout podle bodu 1).
9. Odpojit přívod proudu.

Naměřené hodnoty

č.m.	číslo měření (1 až 6)
t_{A0} (°C)	teplota vzduchu v hale
t_{A1} (°C)	teplota vzduchu na vstupu do sušárny
t_{A2} (°C)	teplota vzduchu na výstupu ze sušárny (teploměr sušárny + Therm)
φ_{A0} (%)	relativní vlhkost vzduchu v hale
φ_{A2} (%)	relativní vlhkost vzduchu na výstupu ze sušárny
V_{V1} (l)	objem vstupující sušené vody (5 l v nádržce)
t_{V1} (°C)	teplota vstupující vody
V_{V2} (l)	objem vystupující neusušené vody (v konvi pod cyklonem)
t_{V2} (°C)	teplota vystupující neusušené vody
τ (s)	doba měření při nastavených parametrech
n (1/min.)	nastavené otáčky rozprašovacího kotouče
V (l/min.)	nastavený výkon zubového čerpadla
m (-)	počet zapnutých topných těles
I (A)	intenzita proudu pro pohon rozprašovacího kotouče
d (m)	průměr výstupního potrubí (pokud se používá anemometr)

w_{A2} (m/s) ϕ rychlost vzduchu ve výstupním potrubí (anemometrem – pokud se měří)

Pozn.: ev. poznámka k průběhu měření

Objem sušárny

$V_{SK} = 1,688 \text{ m}^3$ objem sušící komory

Vyhodnocení výsledků měření

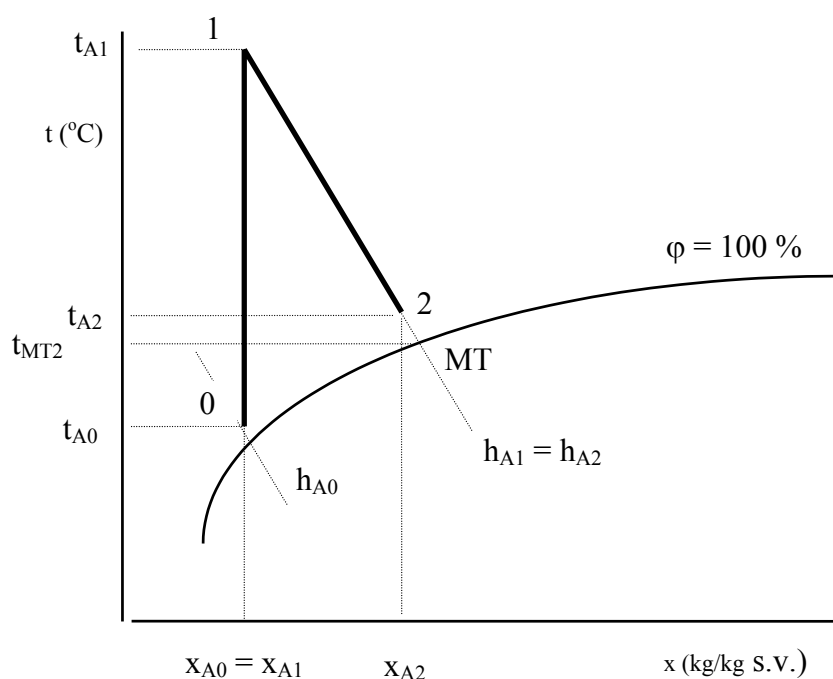
Hmotnost vody vstupující do sušárny	$M_{V1} = V_{V1} * \rho_{V1} / \tau$	(kg/s)
Hmotnost vody vystupující ze sušárny	$M_{V2} = V_{V2} * \rho_{V2} / \tau$	(kg/s)
Množství odpařené vody	$M_{OV} = M_{V1} - M_{V2}$	(kg/s)
Měrná odpařivost	$O = M_{OV} * 3600 / V_{SK}$	(kg o.v./m ³ h)
Tepelná účinnost sušárny	$\eta_T = (t_{A1} - t_{A2}) / (t_{A1} - t_{A0})$	(%)
Odpařovací účinnost sušárny	$\eta_O = (t_{A1} - t_{A2}) / (t_{A1} - t_{AMT2})$	(%)
Množství sušícího vzduchu (z tepelné bilance)	$M_A = M_{OV} / (x_2 - x_1)$	(kg/s)
Teplo potřebné na ohřev sušícího vzduchu	$Q_A = M_A * (h_{A1} - h_{A0})$	(kW)
Měrná spotřeba vzduchu	$m_A = 1 / (x_2 - x_1)$	(kg s.v./kg o.v.)

Kontrola určení množství vzduchu (z rychlostního profilu)

$$M_{A2} = \pi * d^2 / 4 * w_{A2} * \rho_{A2} \quad (\text{kg/s})$$

Pozn.: Hustoty vody a vzduchu jsou odečteny z tabulek, entalpie a měrné vlhkosti vzduchu a teplota mokrého teploměru z Mollierova $h - x$ diagramu vlhkého vzduchu.

Hodnoty η_T , η_O a O vyneste do grafu v závislosti na t_{A1} . Zakreslete do Mollierova diagramu průběhy sušení (viz obr. 2).



Obr. 2: Průběh sušení v $h - x$ diagramu (Mollierův) a označení stavů vzduchu.

Návrh sušárny

Zadané hodnoty:

		A	B	C	D	E
Množství sušené kapaliny	M_1 (kg/h) =	500	1000	1500	800	351
Koncentrace sušené kapaliny (sušina)	S_1 (%) =	50	45	50	48	45
Požadovaná vlhkost prášku	W_2 (%) =	5	10	3	7	7
Teplota okolního vzduchu	t_{A0} (°C) =	20	25	30	23	20
Měrná vlhkost okolního vzduchu	$x_0 = x_1$ (kg/kg s.v.) =	0,01	0,01	0,01	0,01	0,009
Teplota sušícího vzduchu vstupní	t_{A1} (°C) =	220	250	200	175	240
Teplota sušícího vzduchu výstupní	t_{A2} (°C) =	90	95	90	92	80
Reálná hodnota měrné odpařivosti pro sušení roztoků na prášek	O_R (kg/m ³ h) =	5,7	7,0	4,8	3,8	6,5

Určit:

Množství sušícího vzduchu	M_A (kg/s) = ?
Teoretickou spotřebu tepla pro ohřev sušícího vzduchu	Q_A (kW) = ?
Rozměry sušárny (podle naměřené měrné odpařivosti a pro reálnou hodnotu měrné odpařivosti)	$D = H$ (m) = ?

Při návrhu využijte výsledků experimentů.

Postup výpočtu:

Celková hmotnostní bilance

$$M_1 = M_2 + M_{OV}$$

Hmotnostní bilance sušiny

$$S_2 = 100 - W_2 \quad (\%) \quad M_1 * S_1 = M_2 * S_2$$

$$M_2 = M_1 * S_1 / S_2 \quad (\text{kg/s})$$

Množství odpařené (odsušené) vody

$$M_{OV} = M_1 - M_2 \quad (\text{kg o.v./h})$$

Množství sušícího vzduchu

$$M_A = M_{OV} / (3600 * (x_2 - x_1)) \quad (\text{kg/s})$$

Spotřeba tepla na ohřev sušícího vzduchu

$$Q_A = M_A * (h_{A1} - h_{A0}) \quad (\text{kW})$$

Pozn.: Hodnoty x_2 , h_{A0} a h_{A1} odečteme z $h - s$ diagramu. Předpokládáme ideální izoentalpický průběh sušení.

Ze získaného grafu závislosti měrné odpařivosti na teplotě vstupujícího vzduchu určíme pro zadanou teplotu t_{A1} odpovídající měrnou odpařivost $O = ?$

Objem navrhované sušárny

$$V_S = M_{OV} / O \quad (\text{m}^3)$$

Pro sušárnu uvažujeme že $D = H$ a vrcholový úhel spodní kuželové části je 60° .

Průměr navrhované sušárny

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_s}{0,868}} = ?$$