

dr inż. Łucja Fukas-Płonka

SUSZENIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

**Politechnika Śląska
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków
Zakład Wodociągów i Kanalizacji
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice**

tel./fax. 32-2372173

e-mail: biuroeip@wp.pl

Struktura wykładu

Spis omawianych zagadnień

1. Charakterystyka procesu suszenia
2. Techniki suszenia
3. Wymagania procesowe
4. Zagrożenia

1. Charakterystyka procesu suszenia

Suszenie osadów ściekowych jest procesem przeróbki przekształcającym osad w produkt o określonych parametrach ułatwiających jego ostateczne unieszkodliwienie.

Proces suszenia pozwala na uzyskanie osadu o zawartości suchej masy powyżej 90%

W wyniku suszenia osadów wytwarzany jest materiał, który nie stanowi zagrożenia dla zdrowia oraz nie ulega biodegradacji

1. Charakterystyka procesu suszenia

Proces suszenia jest procesem kosztownym o dużym stopniu skomplikowania

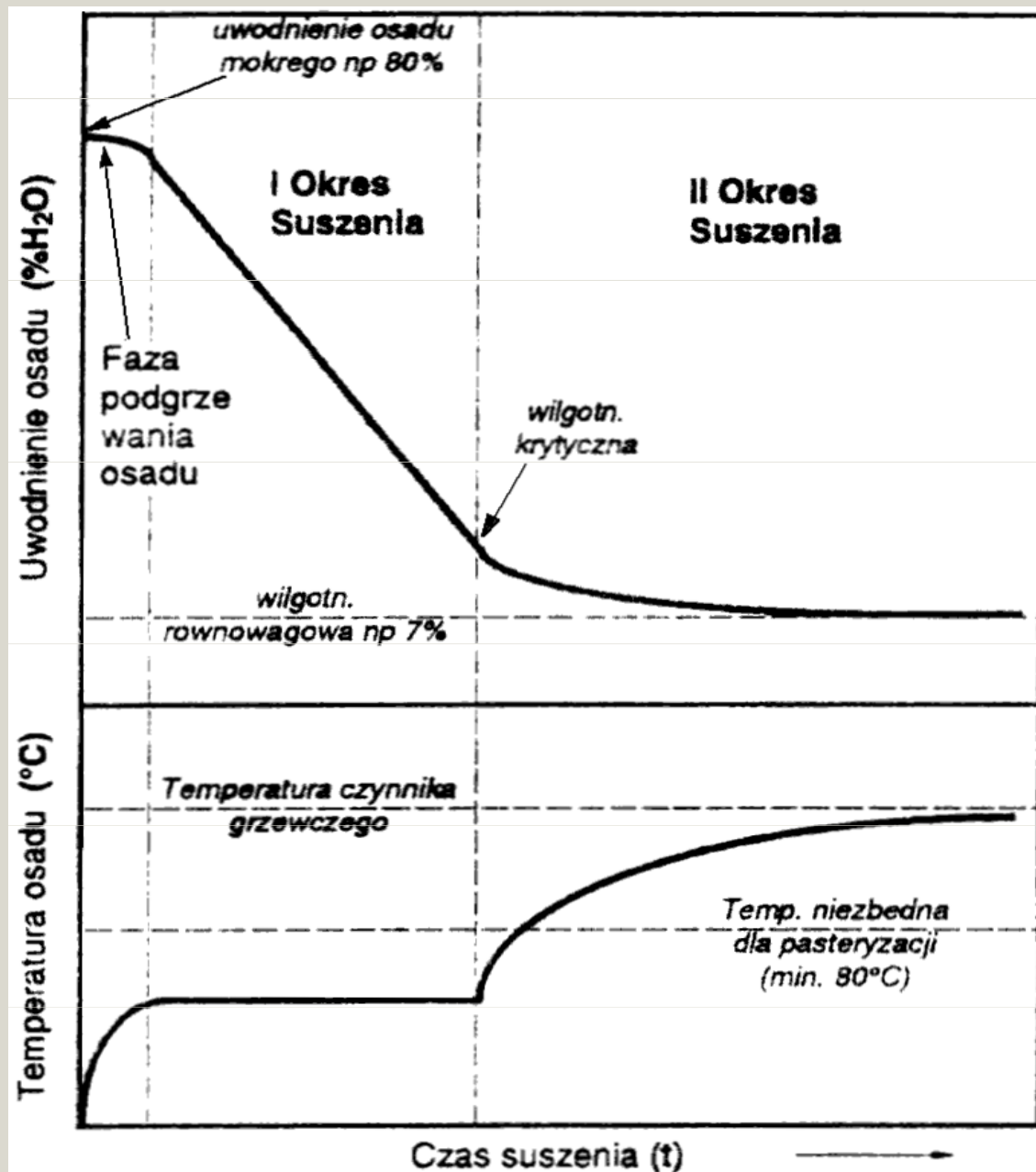
Podobnie jak inne procesy usuwania wody z osadów, suszenie polega na rozdzieleniu fazy stałej zawartej w osadzie od fazy ciekłej wskutek zjawisk fizycznych – w tym przypadku poprzez odparowanie

1. Charakterystyka procesu suszenia

Suszenie termiczne przebiega w trzech etapach:

- ❑ suszenie wstępne (faza podgrzewania osadu),
- ❑ suszenie zasadnicze (stan ustalony); powierzchnia cząstek pokryta jest wodą, która odparowuje (szybkość migracji jest równa szybkości parowania, a temperatura cząstek jest równa temperaturze otaczającej ją wody — niższa od temperatury czynnika suszącego) - jest to najdłużej trwający etap, którego czas zależy od różnicy wilgotności na powierzchni cząstki i wilgotności gazu suszącego oraz ilości wody niezwiązanej zawartej wewnątrz cząstki osadu;
- ❑ suszenie końcowe; woda z powierzchni cząstki odparowuje szybciej niż migruje z jej wnętrza; temperatura na granicy faz stale rośnie, a szybkość suszenia maleje.

1. Charakterystyka procesu suszenia



1. Charakterystyka procesu suszenia

Dla higienizacji osadu istotne jest szybkie podniesienie temperatury w osadzie w fazie końcowej (ok. 70-80°C), należy jednak tak kontrolować proces, by nie dopuścić do samozapłonu osadu oraz spalania białka — połączonych z wydzielaniem odorów

Samozapłon jest największym potencjalnym zagrożeniem, wymagającym specjalnych zabezpieczeń w instalacjach do termicznego suszenia osadów ściekowych.

1. Charakterystyka procesu suszenia

Systemy suszenia, niezależnie od budowy i koncepcji, podlegają podczas suszenia warunkom fizycznym, które w idealnym stanie powinny odpowiadać specyficznym warunkom parowania wody.

Teoretyczne zapotrzebowanie na energię potrzebną do odparowania wody wynosi przy normalnym ciśnieniu
627 kWh/ t

1. Charakterystyka procesu suszenia

Znajomość zjawiska wiązania wody przez substancję stałą ma zasadnicze znaczenie dla suszenia osadów ściekowych oraz dla wszystkich innych procesów technologicznych zajmujących się odwadnianiem mechanicznym.

Intensywność wiązania wody przez fazę stałą jest w znacznym stopniu zależna od rodzaju wiązania wody.

Znaczący jest fakt, że przy niewielkim ładunku wody, tzn. niskiej wilgotności resztkowej w osadzie – wynikającej z adsorpcji – w celu dalszego suszenia potrzebne jest doprowadzenie dodatkowej energii, wynoszącej 25-30% ciepła parowania.

1. Charakterystyka procesu suszenia

Zależnie od rodzaju urządzenia, specyficzne zapotrzebowanie na energię w celu zlikwidowania chemicznych połączeń między substancjami zawartymi w osadzie a wiążącą je wodą jest większe.

Waha się ono w przypadku różnych konfiguracji urządzeń zgodnie:

- z wydajnością kotła,
- ubytkiem promieniowania
- i odzyskiem ciepła

i może wynosić **25-75% więcej** niż wynosi wartość teoretyczna.

Ponieważ w praktyce nie zawsze można wykorzystać optymalne warunki opłacalności, należy liczyć się ze średnim zapotrzebowaniem wynoszącym **700-1200 kWh/t** odparowanej wody.

1. Charakterystyka procesu suszenia

Od strony technicznej prowadzenia procesu rozróżnia się suszenie całkowite i częściowe.

Przy **pełnym suszeniu** celem technologicznym jest osiągnięcie koncentracji suchej masy rzędu **90-92%**.

Podczas **suszenia częściowego** uzyskuje się koncentrację rzędu **50-65% s.m.**

Techniki suszenia osadów

Podział suszarni w zależności od temperatury w jakiej prowadzony jest proces suszenia:

- suszenie niskotemperaturowe – temp. procesu do 60⁰C
- suszenie średniotemperaturowe – temp. procesu 60-130⁰C
- suszenie wysokotemperaturowe – temp. procesu 130-500⁰C

W zależności od sposobu dostarczenia ciepła proces suszenia można podzielić na:

- ❑ **Suszenie konwekcyjne** — ciepło konieczne do odparowania wilgoci z materiału jest dostarczane przez gazowy czynnik suszący przepływający bezpośrednio nad materiałem.

Wszystkie suszarki należące do tej grupy są suszarkami atmosferycznymi, w których czynnikiem suszącym jest powietrze lub gazy spalinowe.

Suszony materiał znajduje się w strumieniu powietrza, gazów spalinowych lub czynników, od których odbiera ciepło, a oddaje wilgoć, którą z kolei gaz wynosi na zewnątrz suszarki.

Suszenie niskotemperaturowe – suszenie zimnym powietrzem jako proces otwarty (atmosferyczny) wykorzystujący potencjał absorpcji wilgotności otaczającego powietrza.

Powietrze suszące zasysane przez wentylator przenika przez warstwę osadu i usuwane jest do atmosfery bez dodatkowego podczyszczenia.

W okresie zimy i przy dużej wilgotności powietrza atmosferycznego - proces może być wspomagany przez ogrzewanie powietrza do temperatury ok. 40°C.

2. Techniki suszenia

- ❑ **Suszenie kontaktowe** - ciepło jest dostarczone przeponowo poprzez przegrodę.

Suszenie materiału w tego typu suszarkach zachodzi kosztem ciepła pobranego przez materiał wskutek zetknięcia z ogrzaną powierzchnią stałą. Najczęściej powierzchnię tą ogrzewa się parą wodną, a w niektórych przypadkach gorącą wodą (rzadziej gorącym olejem lub wysokociśnieniowymi nośnikami ciepła).

Suszarki kontaktowe należą zarówno do suszarek atmosferycznych, jak i próżniowych. W suszarkach próżniowych można suszyć materiały wrażliwe na działanie temperatur, ponieważ parowanie wilgoci w tych suszarkach odbywa się w niższych temperaturach niż w suszarkach atmosferycznych, a poza tym materiał suszony nie styka się z powietrzem - tym samym zużycie ciepła na odparowanie wilgoci w suszarkach próżniowych jest mniejsze niż w suszarkach atmosferycznych.

- ❑ **Suszenie promieniowe** – ciepło zostaje dostarczone za pomocą promieniowania elektromagnetycznego (w zakresie promieniowania podczerwonego) poprzez promienniki podczerwieni.

Suszenie to polega na wnikaniu promieniowania o długości fal 0,8-5 μm na pewną małą głębokość do wnętrza materiału, gdzie zamieniane jest w energię cieplną powodującą odparowanie wilgoci.

Wadą tego rodzaju suszenia jest usuwanie wilgoci powierzchniowej lub zawartej na niewielkiej głębokości wewnątrz materiału.

Dostępne techniki suszenia:

Suszenie kontaktowe

- Suszarki cienkich warstw
- Suszarki tarczowe

Suszenie konwekcyjne

- Suszarki bębnowe
- Suszarki wirówkowe
- Suszarki taśmowe
- Suszenie zimnym powietrzem

Suszenie w wysokiej temperaturze
– powyżej 80°C

Suszenie w niskiej temperaturze
– poniżej 80°C

Wymagania procesowe

W oczyszczalniach ścieków ciepło potrzebne do procesu suszenia można pozyskać z następujących źródeł:

- spalanie biogazu – zwiększenie ilości biogazu jest możliwe dzięki zastosowaniu procesu dezintegracji osadów
- spalanie osadu wysuszonego
- chłodzenie i ciepło ze spalin biogazowych agregatów kogeneracyjnych
- odzysk ciepła ze ścieków
- spalanie gazu ziemnego, oleju opałowego lub węgla – metody kosztowne

3. Wymagania procesowe

Spalanie osadu wysuszonego w zależności od stopnia jego mineralizacji i uwodnienia umożliwia pokrycie ok. 70-100% potrzeb energetycznych związanych z suszeniem.

Ciepło z chłodzenia i spalin z biogazowych agregatów kogeneracyjnych w pierwszej kolejności jest wykorzystywane do ogrzania komór fermentacyjnych. Dopiero nadmiar może być skierowany do procesu suszenia.

Ilość uzyskiwanego ciepła z biogazu nie jest wystarczająca do wysuszenia całej produkcji osadu.

Możliwe jest zwiększenie ilości biogazu (z równoczesnym zmniejszeniem ilości osadu) dzięki zastosowaniu dezintegracji osadu nadmiernego.

3. Wymagania procesowe

Suszarki wysokotemperaturowe pracują w sposób ciągły.

Urządzenie suszące musi być poprzedzone zbiornikiem osadu odwodnionego.

Odwodniony osad ma tendencje do dalszej fermentacji i wydzielania gazów (w tym biogazu)

Transport osadu odwodnionego o wilgotności 70-80% jest trudny

Większość instalacji do suszenia wymaga wprowadzenia osadów o stężeniu suchej masy **powyżej 50%**

Cechą charakterystyczną osadów ściekowych jest występowanie podczas suszenia **fazy kleistej** – pojawiającej się przy stężeniu suchej masy: **40-50%**

Osady zmieniają w tym zakresie właściwości reologiczne.

3. Wymagania procesowe

Wymagane stężenie suchej masy w osadzie uzyskuje się poprzez recyrkulację osadu wysuszonego (w postaci suchej, pylistej) i wymieszanie z osadem odwodnionym

Masa osadu recyrkulowanego:

$$M_x = M_{os} (K_{we} - K_{os}) / (K_{wy} - K_{we}) \quad [\text{kg/h}]$$

M_{os} – Masa osadu odwodnionego do wysuszenia [kg/h]

K_{we} – wymagane stężenie suchej masy na wejściu do suszarki [%]

K_{os} – stężenie suchej masy osadu odwodnionego [%]

K_{wy} – stężenie suchej masy osadu wysuszonego [%]

Ciężar właściwy osadu wysuszonego wynosi 700-850 kg/m³

3. Wymagania procesowe

Ilości wody do usunięcia podczas suszenia osadu do stężenia suchej masy 90%

Stężenie suchej masy osadu kierowanego do suszenia [%]	Objętość osadu uwodnionego [m3]	Objętość osadu po wysusz. do 90% [m3]	Ilość wody do odparowania [m3]	Ilość wody do usunięcia w odniesieniu do wartości dla osadu o początkowej zawartości 30% s.m. (wymóg na wejściu do suszarki) [%]
18	5,6	1,1	4,5	205
20	5		3,9	177
22	4,5		3,4	155
25	4		2,9	132
28	3,6		2,5	114
30	3,3		2,2	100

3. Wymagania procesowe

Proces suszenia osadów z wykorzystaniem zewnętrznych źródeł energii jest bardzo kosztowny i wynosi **od 100 do 200zł** za wysuszenie 1m³ osadu o uwodnieniu 80% do uwodnienia 10%

Osad wysuszony do stężenia suchej masy >90% jest paliwem porównywalnym z węglem brunatnym lub kamiennym o wartości opałowej **10-22kJ/kg osadu**

3. Wymagania procesowe

W procesie suszenia powstają opary będące mieszaniną pary wodnej, powietrza i gazów uwalnianych z osadów.

Przy suszeniu bezpośrednim opary odprowadzane są z nośnikiem ciepła.

Przy suszeniu pośrednim strumień oparów wyprowadzany jest samodzielnie bez kontaktu z nośnikiem ciepła.

Odory uwalniane podczas suszenia stanowią emisję do atmosfery zwiększającą uciążliwość oczyszczalni dla środowiska!

Z oparów wykraplany jest kondensat stanowiący wtórne obciążenie oczyszczalni ścieków!

Kondensat z instalacji suszenia wysokotemperaturowego charakteryzuje się wysokimi stężeniami ChZT, azotu i fosforu

Stężenie zanieczyszczeń w kondensacie wzrasta wraz z temperaturą suszenia, stężenia osadu wysuszonego oraz oddziaływania ciepła.

Dodatkowy ładunek zanieczyszczeń z kondensatu należy uwzględnić przy wymiarowaniu i eksploatacji oczyszczalni.

Zagrożenia występujące podczas suszenia osadów

Linia technologiczna procesu suszenia musi być bezpieczna i spełniać wymagania ochrony przeciwpożarowej, oraz ochrony przed eksplozją pyłów

Podstawowe zagrożenia występujące w procesie suszenia:

- eksplozja pyłów
- pożar

Pożar może wystąpić w wyniku:

- samozapłonu
- zapłonu z obcego źródła

W celu ochrony przed pożarem konieczna jest znajomość takich parametrów osadu, jak:

- temperatura zapłonu osadu
- temperatura żarzenia
- temperatura samozapłonu wysuszonego osadu
- maksymalne ciśnienie wybuchu
- dolna granica wybuchowości
- minimalna energia zapłonu

Badania niemieckie wykazały, że składowanie 1m^3 wysuszonego osadu o temperaturze 80°C w formie stożka nasypowego prowadzi do samozapłonu.

Funkcjonujące w górnictwie przepisy dotyczące niebezpieczeństw i zagrożeń wybuchu pyłu węglowego mogą być wykorzystywane przy postępowaniu z osadami wysuszonymi.

Dla bezpiecznej obsługi instalacji do suszenia osadów oraz postępowania z osadami wysuszonymi konieczna jest znajomość bezpiecznego użytkowania tego typu instalacji i kontroli procesów suszenia.

Podstawowe zasady zapobiegania pożarom i eksplozjom:

- nie dopuszczać do powstawania wybuchowych mieszanin powietrza i pyłu, przeprowadzając proces np. w atmosferze gazu obojętnego,
- unikać źródeł ognia, będących zagrożeniem zapłonu,
- unikać wysokich temperatur materiału suszonego,
- unikać zbyt długiego czasu składowania dużych mas i objętości,
- unikać powstawania pyłu.

4. Zagrożenia

Do najważniejszych wytycznych z punktu widzenia bezpieczeństwa instalacji suszenia osadów należą:

- niskie stężenie tlenu w gazie suszącym (10-14%)
- konstrukcja suszarek minimalizująca możliwość gromadzenia pyłów
- podłączenie suszarek, w których może występować pył, do filtra workowego z systemem odciągania pyłu
- dodawanie azotu do zbiornika granulatu w przypadku wzrostu temperatury powyżej zadanej wartości temperatury, w celu inertyzacji atmosfery
- wyposażenie wlotu i wylotu suszarki, filtrów i zbiornika granulatu w dysze zraszające wodą – działające w przypadku przekroczenia temperatury powyżej kolejnej zadanej wartości
- monitorowanie temperatury w różnych punktach instalacji
- monitorowanie stężenia CO w zbiorniku granulatu i filtrach
- niska temperatura osadu w suszarce – do 85⁰C
- przesiewanie osadu - do składowania przekazywany jest granulát o wielkości ziaren 3-5mm

4. Zagrożenia

- ❑ wykluczenie możliwości kontaktu wysuszonego osadu z gorącymi elementami metalowymi
- ❑ budowle muszą być odporne na maksymalne ciśnienie, wywołane wybuchem
- ❑ wyposażenie budowli w urządzenia kompensujące siłę wybuchu oraz jednoczesna odporność budowli na ciśnienie wywołane wybuchem
- ❑ wyposażenie w urządzenia techniczne powodujące przerwanie wybuchu
- ❑ składowanie osadu tylko odwodnionego lub częściowo wysuszonego wymaga szczególnej uwagi ze względu na możliwość wydzielania metanu
- ❑ bardzo ważna jest instalacja wentylacyjna oraz przewody awaryjne wyprowadzone ponad dach
- ❑ konieczne jest zainstalowanie mierników wskazujących zagrożenie wybuchem

dr inż. Łucja Fukas-Płonka

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

**Politechnika Śląska
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków
Zakład Wodociągów i Kanalizacji
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice**

tel./fax. 32-2372173

e-mail: biuroeip@wp.pl