

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKEJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE**

**PARNÉ SPREBIČE, KONDENZÁTY, ODPADOVÉ VODY A ICH
RECYKLÁCIA**

Študijný program: Chemické inžinierstvo

Meno študenta: Bc. Michaela Borošová

Akad.rok: 2016/17

OBSAH

Abstract	3
Úvod	4
Analýza problému.....	4
Sumár práce	6
Zoznam použitej literatúry	7
Zoznam doplnkovej literatúry	7
Abstrakty	8

Abstract

The aim of this work is briefly overview possibility of reusing waste water or steam condensate from manufactures. A lot of processes do not use this waters. It is not effective, because with reusing of water we can save about 30 % from all consumption of water. Some companies have problems with correct logistics of water in manufacture. High value of waste water which is released to the sewerage is economically non effective. It can be improved with integrated water management strategy. With that strategy we can effectively identify saving opportunities. Used water which would be normally released to the sewerage is recycled back to the process but it must be cleaned up from impurities in separation devices. Proper use of these devices is very significant for economical effectiveness of the process. The best device for cleaning the water is membrane separation module. The result is practically pure water, which we can use in the same or another process. In this work are also included some case studies.

Úvod

Voda v rôznych formách, predstavuje jednu z najdôležitejších komodít vo výrobách. Používa sa v produkčných procesoch, pri utilizácii, ako separačné médium no taktiež môže byť súčasťou finálneho produktu. Je dobre známe, že význam vody vo výrobe je nepostrádateľný nielen z procesného ale aj ekonomického hľadiska, preto je pre väčšinu podnikov prioritou jej rekultivácia. Týka sa to hlavne väčších podnikov, alebo tých ktoré majú možnosť rozširovať svoje prevádzky, pretože so zvyšujúcim sa rozvojom podniku sa logicky zvyšuje aj spotreba vody. Zmenou stratégie pri prevádzkovaní resp. nakladaní s odpadovými vodami, parnými kondenzátmi a inými druhmi vôd vieme účinne zvýšiť efektivitu ich spätného využitia a tým priaznivo ovplyvniť ekonomiku procesu.

Analýza problému

Ako už bolo vyššie spomenuté jedným z dôležitých faktorov pri prevádzkovaní chemických závodov je minimalizácia spotreby vody. Zníženie spotreby vody je jedným zo základných parametrov pri zvyšovaní efektivity prevádzky, pretože sa tým znižujú prevádzkové náklady. Hoci je dôležitosť minimalizácie spotreby jasná, mnohé podniky majú v tomto smere značné rezervy a tým evidentne prevádzkujú neekonomicky. Medzi základné kroky, ktoré vedú k zníženiu spotreby vody v podniku patria nasledujúce úpravy:

1. Inštalovanie prietokomerov na kontrolu a spotrebu vody. Ich zaradením sme schopný ušetriť 5 % z množstva vody.
2. Odstránenie netesností. Možná úspora 5 % z množstva vody.
3. Minimalizácia vodných mlák na zemi. Možná úspora 5 % z množstva vody.
4. Inštalácia pružinových ventilov na vodné hadice, ktoré sa používajú na sanitu podláh a strojov, úspora až do 5 %.
5. Recyklácia a spätné použitie vody, zníženie celkovej spotreby vody do 30 %

Problémom vysokého odberu vody s takmer nulovou rekultiváciou, bol zaťažený aj potravinársky závod na spracovanie obilia, bližšie informácie sú v prípadovej štúdii [2]. Tento príklad by sme mohli aplikovať aj na iné procesy, napríklad spracovávanie biomasy – aktuálne veľmi atraktívna téma, pri ktorých je potrebné sušiť, mlieť/ drviť vstupujúcu surovinu na malé častice. Z dôvodu zvýšenej koncentrácie prachových častíc v priestore sa kladie zvýšená pozornosť na sanitu okolia, čím vzrastá aj spotreba vody. Nevýhodou pri recyklácii vody zo sanity, obsahujúcej prachové častice, je nevyhnutné zaradenie filtračného zariadenia, čo predstavuje určitú investíciu. Zaujímavou možnosťou recykulácie je využitie odparenej vody zo sušenia materiálu. Problémom je už spomínaná nutnosť použitia filtračného zariadenia, pretože odparená voda obsahuje aj odparené prchavé zložky, ktoré je potrebné odstrániť pred opätovným použitím vody. Zariadenia určené na výrobu vysoko

kvalitních regenerovaných vod představují membránové reaktory jako mikrofiltrácia, ultrafiltrácia či reverzná osmóza. Takto upravené vody majú vysokú čistotu a v podniku sa môžu podľa potreby späťne použiť ako úžitková voda pre personál alebo ako vstupujúca surovina [4]. Spätné využitie vod je uvedené aj v nasledujúcich prípadových štúdiách:

1. Projekt Makheteshim, v ktorom autori vyvinuli systém reverznej osmózy určený na odsoľovanie odpadných vod. Systém poskytuje vysoko kvalitnú vodu pre použitie v chladiacich vežiach s množstvom až 2400 m³ vody za deň.

2. Projekt Italcanditi zameraný na spracovanie odpadných vod z výroby kandizovaného ovocia. Projekt zahŕňa predčistenie vod a finálnu úpravu v anaeróbnom reaktore. Vedľajším produktom reaktora je bioplyn, ktorým generujeme elektrickú a tepelnú energiu. Výstupom je čistá environmentálne nezávadná voda.

Z ekonomického hľadiska je často účinná zmena prevádzkovania určitých zariadení. Výhodné sa ukázalo byť zakomponovanie parných kondenzátov o teplote 75-80 °C ako napájacej vody na ohrev horúcovodných kotlov. Kondenzát je vedľajším produktom distribúcie tepla parným systémom. Je výsledkom želaného prenosu tepla z pary do ohrievanej látky. Recykuláciou parných kondenzátov sa môže dosiahnuť úspora až do 12 % z celkovej spotreby vody. Znižujú sa tým nároky nie len na spotrebu vody ale aj energie, keďže predstavuje cennú horúcu upravenú vodu. Efektívne využitie kondenzátu znižuje náklady pri výrobe pary:

- na palivo, alebo energiu vyrábajúcu paru
- na dodávku kotlovej vody a čistenie odpadovej vody
- na chemickú úpravu vody

Ďalšou možnosťou rekuperácie kondenzátu je použitie tzv. „flash“ parných zariadení resp. parných generátoroch, ktoré slúžia na výrobu málo kvalitnej pary.

Pomocou integrovanej stratégie vodohospodárstva vieme účinne identifikovať možnosti úspory. Príklad by sme si mohli zobrať z prípadovej štúdie vodného auditu, ktorý bol realizovaný v dvoch manufaktúrnych prevádzkach v Austrálii [3]. Jednalo sa o veľkotonážne výrobné s vysokým odberom vody cca 500 ton denne, potravinárskeho a automobilového charakteru. Princíp vodného auditu spočíval v kompletnej charakteristike všetkých vodných prúdov vo fabrike a zostrojenia distribučného diagramu vody. Výhodou distribučného diagramu je názornosť jednotlivých tokov. Častokrát sa iba pomocou takejto dôkladnej analýzy identifikujú prevádzkové problémy, ktoré ovplyvňujú hospodárenie s vodou. Distribúcia a rekultivácia vody resp. proces integračnej stratégie bol realizovaný pomocou komerčne dostupného softwaru, ktorý dokáže dobre identifikovať prúdy vod vhodných na spätné použitie. Odpadová voda obsahuje rôzne množstvá a zastúpenia kontaminantov podľa charakteru výroby. V uvedenej štúdii predstavovalo množstvo odpadovej vody vhodnej na rekultiváciu cca 250 ton denne v oboch prípadoch. Vzhľadom

k charakteru priemyselných vôd je na rekultiváciu výhodná aplikácia membránovej separácie. Jej zavedením docielime znížený odber čerstvej vody zo siete. Pri automobilových výrobnách je možné zaradením elektro-ultrafiltračného modulu dosiahnuť úsporu vyše 15 % čerstvej vody. Čo sa týka úspory vody v potravinárskom závode, tá je nižšia okolo 8-9 % z celkového množstva čerstvej vody.

Membránový modul konkrétne ultrafiltračné zariadení je s veľmi dobrými výsledkami možné aplikovať na rekultiváciu odpadných vôd zo strojárkeho priemyslu alebo kompresorových kondenzátov. Tie sú zväčša znečistené olejovými škvrkami. Separácia olejových podielov v takýchto zariadeniach je charakteristická vysokými výťažkami > 99 %.

Ako už bolo viac krát spomenuté problémom neefektívneho využitia kondenzátov alebo teplej vody sú zaťažené mnohé fabriky. Zaujímavé je využitie prebytočnej teplej vody z výroby na zníženie odberu pary pri sterilizácii [1]. Tento princíp je možné aplikovať v konzervárniach prípadne iných potravinárskych závodoch, kde je potrebná sterilizácia potravín. Konvenčná metóda je založená na použití vysoko-tlakej pary. Tento proces je charakteristický jej veľkou spotrebou počas odvodušňovania resp. ventingu. Preto sa spotrebu pary a celkovo energie, snažili znížiť kombináciou použitia teplej vody a pary. Najviac skúseností majú v tomto smere aj z hľadiska manufaktúrnej výroby konzervárenské fabriky v Taiwane a Číne. Teoretickými štúdiami sa podrobne zaoberal Berteli et al. Princíp alternatívneho postupu je nasledovný. Zariadenie na sterilizáciu sa plní zvrchu horúcou vodou, až po maximálny povolený objem zariadenia. Po naplnení sa prívod vody zastaví a spustí sa prívod pary. Kvôli vzduchu, ktorý je prítomný vo vrchnej časti zariadenia, dôjde k expanzii, ktorá napomôže k vytlačeniu vody z priestoru. Po odstránení všetkej vody sa začne konvenčný postup sterilizácie. Technickým obmedzením pri tomto postupe je teplota vody. Všeobecne platí, že so vzrastajúcou teplotou vody, vzrastá aj úspora pary. Pri použití 80 °C vody sa čas ventingu skrúti o cca 2/3 a spotreba pary až o 45 %. Voda z procesu sa môže bez chemickej úpravy späť použiť v tom istom prípadne inom procese, ide len o ohriatu vodu. Reprodukovateľnosť procesu je teda výborná.

Sumár práce

Spätné využitie kondenzátov a vôd v priemysle je pomerne široká téma s relatívne dobrou dostupnosťou dát. Rekultiváciou vôd vieme významne znížiť prevádzkové náklady a zvýšiť tak sebestačnosť prevádzky. Podľa charakteru výroby a druhov vôd máme viaceré možnosti na ich rekultiváciu. Pri špecifikácii na vysokú čistotu upravených vôd je všeobecne zaužívaná a relatívne najúčinnější separačná metóda pomocou membrán. Takto upravené vody spĺňajú prísne štandardy o kvalite vôd. Inými možnosťami rekultivácie je zmena logistiky vôd.

Zoznam použitej literatúry

- [1] M.N. Berteli, A.A. Vitali, M.I. Bertoa, A. Marsaioli Jr: *Alternative venting in steam retorts - An approach to energy savings in thermal processing*, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification (2013), str. 204-210.
- [2] Magda Magdy Abd El-Salam, Hesham Mahmoud El-Naggar *In-plant control for water minimization and wastewater reuse: a case study in pasta plants of Alexandria Flour Mills and Bakeries Company Egypt*, 2010, str. 1403- 1412
- [3] Bernard A. Agana, Darrell Reeve, John D. Orbell: *An approach to industrial water conservation - A case study involving two large manufacturing companies based in Australia*, Journal of Environmental Management 114 (2013), str.445-460
- [4] Gesine Götz, Sven-Uwe Geißen, Alfons Ahrens, Stefan Reimann: *Adjustment of the wastewater matrix for optimization of membrane systems applied for water reuse in breweries*, Journal of Membrane Science 465 (2014), str.68-77
- [5] <https://www.rwlwater.com/water-reuse/> separačné metódy pri spracovávaní odpadových vôd, 2.1.2017

Zoznam doplnkovej literatúry

- [1] Guangyu Ma, Jiuju Cai, Lihong Zhang, Wenqiang Sun: Influence of Steam Recovery and Consumption on Energy Consumption per Ton of Steel, Energy Procedia 14 (2012), str.566-571. Článok pojednáva o prepojení spotreby pary a energie v hutníckom priemysle. V analýze boli zahrnuté jednotlivé faktory vplývajúce na ich potrebu.
- [2] Feng, X., Chu, K.H., 2004. Cost optimization of industrial wastewater reuse systems. Trans IChemE, Part B, Process Safety and Environmental Protection 82 2009, str. 249-255. Ťažiskom štúdie je zníženie nákladov v manufaktúrnych prevádzkach prostredníctvom recyklácie odpadných vôd. Navrhnutý bol separačný systém prostredníctvom ktorého sa významne znížila spotreba čestvej pary.
- [3] Thevendiraraj, S., Klemes, J., Paz, D., Aso, G., Cardenas, G.J., 2003. Water and Wastewater minimisation study of a citrus plant. Resour. Conserv. Recyc. 37 (3), str. 227-250. V potravinárskom priemysle je jednou z kľúčových surovín voda. Recyklácia vody je tu preto prvoradá. V článku sú zahrnuté jednotlivé techniky na minimalizáciu vody a následné utilizačné techniky.
- [4] Uzal, N., Yilmaz, L., Yetis, U., 2009. Microfiltration/ultrafiltration as pretreatment for reclamation of rinsing waters of indigo dyeing. Desalination 240 , str.198-208. Článok

pojenáva o efektívite membránovej separácie konkrétne mikrofiltrácie a ultrafiltrácie pri čistení odpadnej vody z výroby indigo farbiva.

[5] internetový zdroj- Vedecký článok od Craig R. Bartels, PhD venovaný aplikácii reverznej osmózy pri spätnom využívaní odpadných vôd. Štúdia bola pre porovnanie vykonaná v 2 prevádzkach v Singapore. Celkovo pojenáva výhodách reverznej osmózy.

<http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-21/issue-6/features/reverse-osmosis-membranes-play-key-role-in-wastewater-reclamation.html>

Abstrakty

[1] The venting operation in retorts operating under steam pressure is an important step in the sterilization process and it aims to steam flush the air from inside the equipment in order to ensure sterilization safety. This part of the process is short in time but intensive in steam consumption, and hence this study evaluated an alternative venting operation based on the use of water to displace the air, aimed at reducing this energy consumption. The objective was to evaluate the energy consumption in a steam retort loaded with thermally convective and conductive products, comparing the conventional and alternative venting processes. The steam flow rates showed that the alternative venting process reduced steam consumption by up to 50% as compared to conventional venting.

[2] The paper shows implementation of in-plant control measures in two pasta plants and conducts economic analysis for revenues from these modifications. In order to reuse wastewater, 12 end-of-pipe samples for each plant were tested for physico-chemical characteristics using standard methods. The results showed that the adopted in-plant modifications such as installation of water flow meters, spring valves on water hoses, and design of a steam condensate recovery system contributed efficiently in saving water and energy consumption throughout the pasta plants. An estimated annual benefit of \$228,245 can be achieved. Cost benefit analysis for the implemented environmental improvements proved to be very economic with a short payback period and resulted in great savings.

[3] This study presents the application of an integrated water management strategy at two large Australian manufacturing companies that are contrasting in terms of their respective products. The integrated strategy, consisting of water audit, pinch analysis and membrane process application, was deployed in series to systematically identify water conservation opportunities. Initially, a water audit was deployed to completely characterize all water streams found at each production site. This led to the development of a water balance diagram which, together with water test results, served as a basis for subsequent enquiry. After the water audit, commercially available water pinch software was utilized to identify possible water reuse opportunities, some of which were subsequently implemented on site.

Finally, utilizing a laboratory-scale test rig, membrane processes such as UF, NF and RO were evaluated for their suitability to treat the various wastewater streams. The membranes tested generally showed good contaminant rejection rates, slow flux decline rates, low energy usage and were well suited for treatment of specific wastewater streams. The synergy between the various components of this strategy has the potential to reduce substantial amounts of Citywater consumption and wastewater discharge across a diverse range of large manufacturing companies.

[4] The objective of this study was to optimize membrane systems applied for wastewater reuse in breweries in consideration of economic efficiency and safety of operation by defining and adjusting the wastewater matrix. With the help of extensive quantitative and qualitative analyses of relevant process water flows from several breweries with similar product ranges and different wastewater treatment concepts, the following process water flows were identified as critical regarding membrane filtration: polyvinylpyrrolidone regeneration lye, cleaning and rinsing lyes from cleaning in place systems as well as effluents from the bottle washing machine and conveyor belts. Their negative effects on the filtration performance of low pressure membranes were shown in laboratory-scale tests. In addition, treatment concepts of recycling the alkaline process water flows (polyvinylpyrrolidone regeneration lye, cleaning in places lyes) were developed and investigated with regard to technical, ecological and economic aspects. As secondary objectives, the reduction of inert organic substances, the recovery of valuables (polyphenols, sodium hydroxide solution) and the substitution of critical substances (lubricants for conveyor belts) were pursued.