POUŽITÍ KERAMICKÝCH MIKROFILTRAČNÍCH MEMBRÁN PRO ÚPRAVU PITNÉ VODY

Milan Drda, Ing. Jiří Červenka

ENVI-PUR, s.r.o., Tábor, drda@envi-pur.cz , cervenka@envi-pur.cz

---

Anotace

Uskutečněné pilotní projekty a v současné době provozované úpravny vod, ve kterých se používají keramické mikrofiltrační membrány jako jediný separační stupeň, poukazují na možnost významného zjednodušení a zkvalitnění úpravárenského procesu. Tento příspěvek informuje o technologickém procesu, ve kterém jsou keramické mikrofiltrační membrány použity pro úpravu povrchových vod na vodu pitnou.

Annotation: Pilot plant experiments and full scale experience with ceramic microfiltration membranes show their high potential in drinking water treatment, especially when simple and reliable process is required. This paper gives a review on the use of microfiltration ceramic membranes in drinking water treatment applications.

Úvod

Celkový počet vodárenských zařízení s instalovanými membránovými technologiemi ve vyspělém světě neustále roste. Na tento trend a široké možnosti využití tohoto procesu ve vodárenské praxi upozornil už v roce 2002 Dolejš [1]. Na jeho vizi navazují v ČR další pilotní projekty [2,3] a také první komerční produkty [4].

Právě minulé desetiletí zažilo období bouřlivého vývoje a zavádění nízkotlakých membránových technologií do praktického života. Mnohé z problémů se podařilo v průběhu tohoto období vyřešit. Výzkumné práce a praktické poznatky přispěly k určité standardizaci procesu separace na ultrafiltračních a mikrofiltračních (UF/MF) membránách [5,6]. Na druhé straně je však třeba konstatovat, že i přes veškeré úsilí týmů výzkumníků se tento proces často potýká se dvěma základními nedostatky, kterými jsou:

- integrita membrán
- postupně se snižující průchodnost membrán

Shora uvedené problémy vedly k hledání nového uspořádání a materiálového provedení membrán. Původně dominující polymerní materiály – polyethersulfon a polypropylen, byly postupně vytlačeny polyvinilidendifluoridem. Objevují se další nové polymery, např. polytetrafluorethylen aj. V minulosti produkované systémy hollow fibre, provozované ve směru inside/out, byly nahrazeny systémy s průtokem outside/in [3]. Hledáme-li však lék na porušování integrity polymerních membrán z dutých vláken (hollow fibre) a způsoby pro dokonalé zpětné praní membrány, je třeba se poohlédnout po materiálech a konfiguracích odolnějších a masivnějších. I když ne zcela nově, ale s novým potenciálem, se nabízí možnost využití keramických mikrofiltračních membrán.

Keramické ultrafiltrační a mikrofiltrační membrány jsou používány pro průmyslové účely (potravinářský sektor, pivovarnictví, farmacie) od poloviny sedmdesátých let

minulého století. Přes jejich výborné vlastnosti byla jejich aplikace pro úpravu vody limitována zejména jejich cenou, dále také skutečností, že i ty největší moduly, ve kterých byly komponovány jednotlivé keramické elementy, dávaly poměrně malý výkon. Zejména z těchto dvou důvodů nemohly keramické membrány v minulosti úspěšně konkurovat masivnímu nasazení polymerních membrán v technologických procesech úpravy vody.

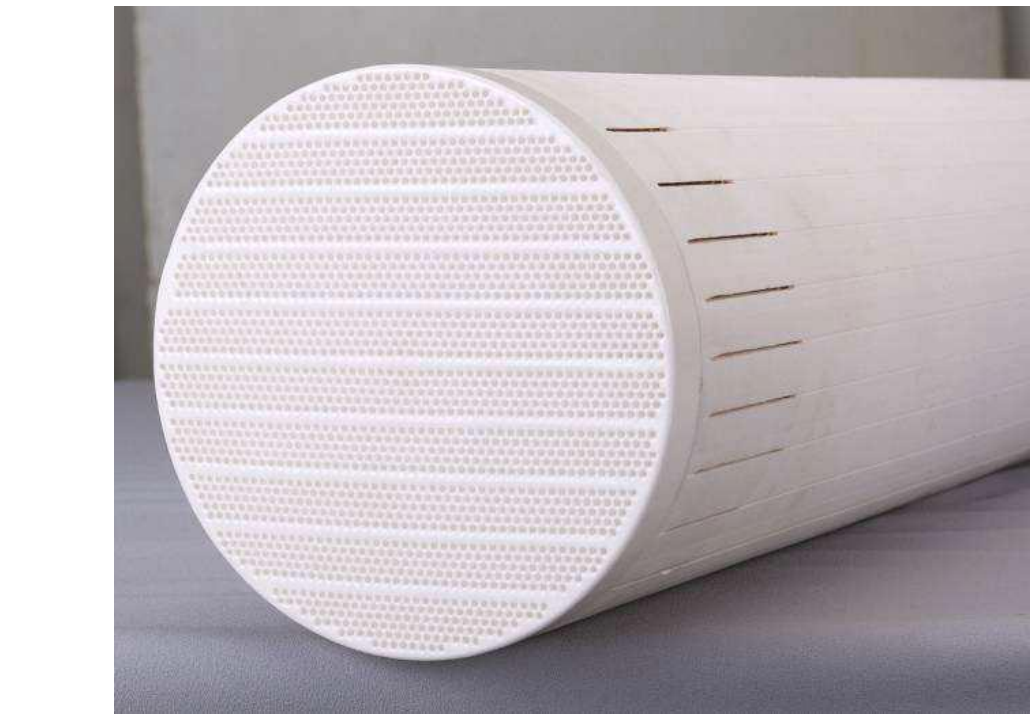
Teprve nové generace keramických mikrofiltračních membrán, které uvedla na trh přibližně v roce 1998 firma METAWATER Co., Ltd. (dříve NGK Insulators, Ltd.), překonávají již zmíněné nedostatky. Také původní, průmyslově využívané keramické mikrofiltrační membrány, byly neustále zdokonalovány. V současnosti jsou například v japonských vodárnách používány keramické membrány třetí generace. Srovnáváme-li vlastnosti polymerních a keramických UF/MF membrán, předčí keramické membrány své polymerní konkurenty zejména v mechanické stabilitě a chemické odolnosti. Robustní provedení filtračního elementu a materiál membrány dovolují použití efektivních metod zpětného praní a chemického čištění membrány.

Takto koncipované elementy vedou k vysoké bezpečnosti keramických membrán z hlediska integrity membrány pro celé období její životnosti. Používané způsoby čištění membrány zachovávají její dlouholetou životnost, aniž by docházelo k postupnému snižování její průchodnosti. Správně koncipovaný proces čištění zaručuje kontrolu zanášení (anglicky *fouling*) membrány.

Keramický mikrofiltrační element a modul

Keramický mikrofiltrační element firmy Metawater třetí generace, znázorněný na obrázku 1 je, 1500 mm dlouhý a má průměr 180 mm. Je tvořen monolitem z Al_2O_3. Filtrační plocha membrány elementu je 25 m^2. Způsob filtrace, používaný pro úpravu vody, je dead-end. Surová voda vstupuje do vstupních kanálků, které jsou umístěny na čele elementu. Po průchodu aktivní vrstvou membrány je filtrát odváděn do sběrných kanálků filtrátu, které jsou vyústěny po straně elementu. Každý element obsahuje 2000 vstupních kanálků, jejichž průměr je 2,5 mm. Nominální velikost pórů membrány je 0,1 μm. Provedení a materiál elementu umožňují použití zpětného proplachu při tlaku 5 bar s následným praním vzduchem při tlaku 2 bar. Vysoká chemická odolnost membrány elementu umožňuje provádění chemického zpětného praní a chemického čištění za použití poměrně koncentrovaných chemikálií.

Keramické mikrofiltrační elementy jsou umístěny v nerezových pouzdrech, která jsou sestavována do modulů různé velikosti. V jednom modulu je umístěno až 10 keramických mikrofiltračních elementů.



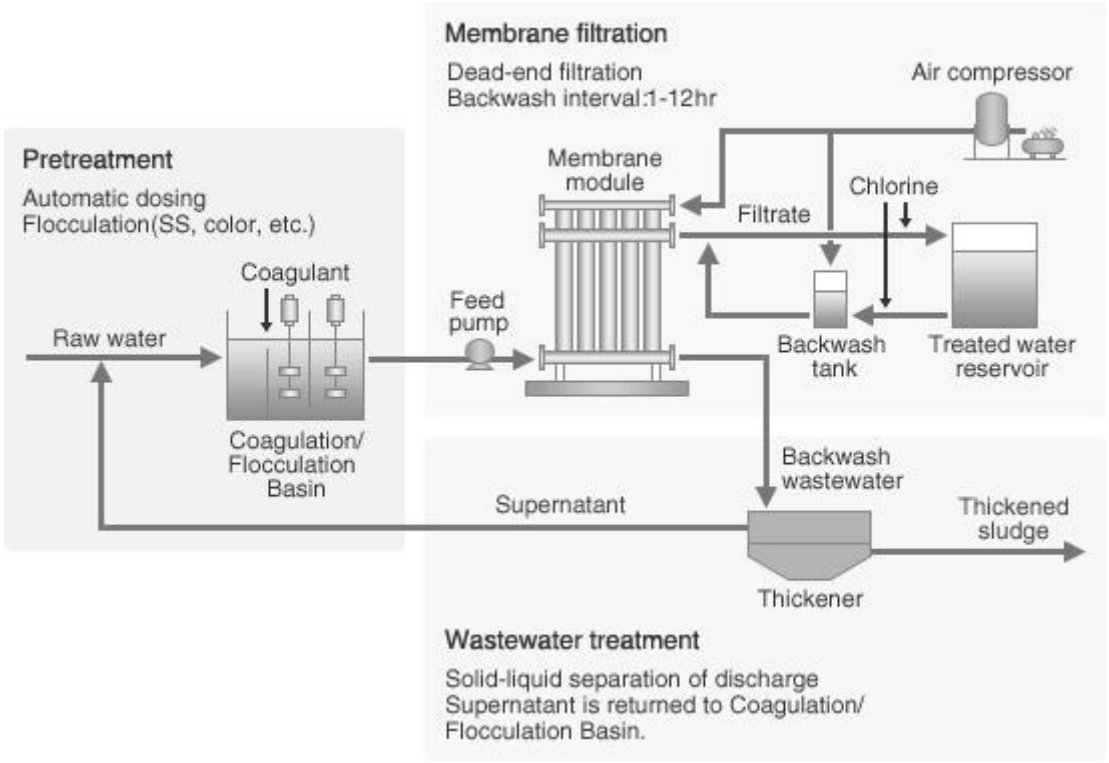
Obrázek 1. Keramický mikrofiltrační element třetí generace

Začlenění mikrofiltrace v technologickém procesu

Pilotní projekty, které byly provedeny v zahraničí, prokázaly možnost použití keramických mikrofiltračních membrán v různých místech úpravárenského procesu. Zařazení mikrofiltračního stupně za stávající úpravárenské stupně, tj. například za koagulační filtraci nebo čiření, umožňuje provoz MF jednotek při jejich vyšším hydraulickém zatížení až do hodnot specifického toku 400 l/m^{2}h.

Jednou z nejzajímavějších aplikací je však jejich přímé využití jako jediného separačního stupně. Proces, znázorněný na obrázku 2, je koncipován tak, že surová voda, zbavená hrubých nečistot, natéká do flokulačního stupně. Do tohoto stupně může být dávkováno kromě koagulantu také práškové aktivní uhlí. Voda je dále přiváděna na mikrofiltrační modul.

Vlastní filtrační cyklus mikrofiltrační jednotky je různě dlouhý, trvá obvykle v rozmezí 1 – 12 hodin. Poté následuje zpětné praní modulu, který bývá doplněn chemickým praním (CEB – Chemical Enhanced Backwash). Přibližně jednou za rok je aplikováno chemické čištění (CIP Cleaning in Place).



Obrázek 2. Technologické schéma přímého využití MF jako jediného separačního stupně

Výsledky takto koncipovaných pilotních zkoušek publikoval již v roce 1996 Hattori [7]. Z řady dalších provedených pilotních zkoušek uvádíme v tabulce 1 alespoň souhrnné výsledky Kanta [8].

Dalším významným příspěvkem k objasnění některých technických aspektů takto koncipovaných mikrofiltračních jednotek jsou pilotní zkoušky, které provedli pracovníci IWW Center, Mülheim v Německu [9]. Cílem tohoto jednoletého projektu bylo ověření funkce modelu za podmínek měnícího se hydraulického a látkového zatížení elementu. V průběhu pilotních testů se měnil zákal surové vody od 3 do 100 NTU. Specifický tok (flux) byl zvyšován od 80 do 300 l/m^2h. Odstraňování DOC bylo v rozmezí 20 – 35 %. Vlastní spotřeba vody se pohybovala od 4,1 do 1,1 % (tomu odpovídají hodnoty výtěžnosti 95,9 – 98,9 %).

Autoři v závěru provedli ekonomické srovnání polymerních a keramických membrán. Na základě výsledků pilotních testů konstatují, že úprava vody pomocí keramických membrán je v evropských poměrech cenově srovnatelná s použitím polymerních membrán.

Tabulka 1. Podmínky provozu modulu s keramickými elementy (zdroj surové vody řeka) [8]

	Specifický tok	Dávka PACl	Dávka PAU		Zákal	Barva	$CHSK_{Mn}$	UV 260 5 cm kyveta
	m3/m2xh	mg/l Al	mg/l		NTU	deg	mg/l O_2	
Cyklus 1	0,104	1	0	surová voda	3,22	7,4	6,1	0,236
				filtrát	0,00	1,6	2,2	0,064
Cyklus 2	0,104	0,75	10	surová voda	1,07	3,1	4,8	0,100
				filtrát	0,00	0,3	2,6	0,026
Cyklus 3	0,104	1	10	surová voda	2,41	2,9	5,6	0,135
				filtrát	0,00	0,2	2,5	0,018
Cyklus 5	0,125	1,25	50	surová voda	10,03	7,4	9,1	0,219
				filtrát	0,00	0,0	1,8	0,001

Provozní vodárenské aplikace s keramickými membránami v Japonsku

První provozní jednotka, využívající proces mikrofiltrace na keramických membránách, byla postavena v roce 1998 v japonském Kyotu. Výkon úpravny byl 425 m^3/den. Výstavba nových úpraven vody pokračovala i v dalších letech. Do roku 2006 bylo v Japonsku postaveno a provozováno celkem 50 takto koncipovaných úpraven s celkovým souhrnným výkonem 70 000 m^3/den. V roce 2006 byla ve městě Hinogawa, v oblasti Fukui uvedena do provozu největší úpravna vody s výkonem 40 000 m^3/den. V roce 2010 bude výkon této úpravny zvýšen na výkon 52 400 m^3/den. V současnosti se připravuje nebo je rozestavěných devět dalších úpraven vody s celkovým souhrnným výkonem 36 000 m^3/den [10].

Shrnutí

Řada pilotních projektů a výsledky provozu úpraven vody v Japonsku poukazují na vynikající vlastnosti keramických mikrofiltračních membrán, používaných po předřazené koagulaci/flokulaci pro přímou membránovou filtraci povrchových vod. Takto nově koncipovaná úprava vody by mohla v některých případech pravděpodobně konkurovat i jiným moderním či klasickým úpravárenským technikám. Další výsledky by měl přinést v současnosti v České republice řešený projekt, jehož cílem je zavedení této progresivní technologie do vodárenské praxe ve střední a východní Evropě.

Literatura

[1] P. Dolejš, N. Kalousková, Z. Nogová: Využití membránových procesů při úpravě pitné vody, Sborník VI. Mezinárodní konference Voda Zlín 2002.

[2] P. Dobiáš, P. Dolejš, N. Kalousková, Poloprovozní experiment s membránovou mikrofiltrací v reálných podmínkách provozu úpravny vody, Sborník VIII. Mezinárodní konference Voda Zlín 2004.

[3] Projekt AMEDEUS, Accelerate Membrane Development for Urban Sewage Purification, ENVI-PUR, s.r.o.

[4] Prospekt Mobilní úpravna vody VIWA 2 MF, TESLA, a.s.

[5] K.J.Howe, M.M.Clark, Coagulation Pretreatment for Membrane Filtration, AWWA Research Foundation, 90920, 2002.

[6] S. Adham, Kuang/ping Chiu, K. Gramith, J. Oppenheimer, Development of a Microfiltration and Ultrafiltration, Knowledge Base, AWWA Research Foundation, 91059, 2005

[7] K. Hattori, Y. Tomita, H. Yonekawa, Y. Inada: Water purification system with ceramic membrane, Project Membrane Aqua Century 21.

[8] Y. Kanto, H. Yonekawa, N. Aoki, Y Tomita, Y. Matsui, Novel hybrid ceramic membrane systems, IWA Specialty Conference 2004, Seoul, Korea.

[9] A. Loi-Brugger, S. Panglisch, K. Hattori, H. Yonekawa, Y. Tomita, R. Gimbel, Open Up New Doors in Water Treatment with Ceramic Membranes, 2007, AWWA Membrane Technology Conference.

[10] S. Kanaya, S. Fujiura, Y. Tomita, H. Yonekawa, The World Largest Ceramic Membrane Drinking Water Treatment Plant, 2007, AWWA Membrane Technology Conference.