

Může fyzikální úprava vody zabránit úsadám vodního kamene?

Vytváření nového technologického paradigmatu – náhledu na proces

Karen R. Smith

Water Conditioning & Purification, únor 2007

Může fyzikální úprava vody (PWT) fungovat? To záleží na tom, kdo a kde pokládá tuto otázku. Například na britských ostrovech je PWT oceňována a respektována a zde v USA je běžně vysmívána. Pokud PWT funguje, tak za jakých podmínek? A jak?

Nejznámější (a nejvíce neblaze proslulé!) jsou pro členy WQA (Společnost pro kvalitu vody) zařízení na magnetickou úpravu vody. Když před časem tato metoda vyvolala uspěchaný zájem veřejnosti, WQA zorganizovala Diskusní Fórum (Magnetic Task Force), které dospělo k závěru, kde bylo více otázek, než odpovědí. V každém případě jsou zařízení na magnetickou úpravu vody instalovány v zemích EU i jinde.

Ostatní zařízení na fyzikální úpravu vody závisí na elektrickém proudu (viz No Salt Softeners – Fact or Fiction, WCP September 2006), ultrasonickém principu, efektu kapacity, účinku vysoké frekvence, nebo jevu rezonance. Zařízení se ve velké míře prodávají jako ochrana před úsadami vodního kamene, nebo jejich eliminaci. V této době nebyla zařízení zkoušena dle standardů NSF/ANSI nebo WQA, existuje protokol o zkouškách v němčině (DVGW W512).

Stanovení účinku prevence proti úsadám pomocí testu vyvinutého German Technical a Scientific Association for Gas and Water. Účinnost metody prevence tvorby úsad pro uznání její způsobilosti musí být minimálně 80%. Jen málo z mnoha zařízení zkoušených tímto testem dosáhlo těchto hodnot.

Využívá proces krystalizace, velmi dobře známý fyzikální jev, kde je v novém zařízení umístěno speciální lože polymerů v běžné nádobě používané na úpravu vody.

Na rozdíl od ostatních alternativních způsobů úpravy vody toto nové médium dosáhlo 99,6% účinnosti při testu DVGW W512. Nejnovější systém fyzikální úpravy vody nepoužívá ani elektrické pole, ani magnet.

Následující excerpt je z *Alternative Technologies: The Pros and Cons of Physical Water Treatment*, Duane D. Nowlin, Ph. D. (WC&P July 1999).

Německo je jedinou zemí, která rozpoznala potřebu k vývoji pro hodnocení netradičních zařízení na úpravu vody. Toto bylo provedeno pod řízením German Society of Gas and Water Specialist (DVGW). Tato organizace je svým způsobem rovna Státnímu hygienickému Úřadu v USA a provádí kontrolu a regulaci v oblasti průmyslové úpravy vody v Německu.

Zkušební metody DVGW byly vyvinuty k vyhodnocení schopnosti ochrany před úsadami, nebo účinnosti při jejich odstranění různých zařízení na úpravu vody.

Sestává z testovací stanice s dvěma miniaturními ohřivači vody s kapacitou zhruba 3 galony (12 litrů). Jeden z ohřivačů je připojen ke zdroji surové, tvrdé vody. Druhá nádoba je připojena ke zdroji upravené vody prošlé zařízením umístěným před vstupem k ohřivači.

Voda v každém tanku je ohřáta na cca 80°C (175°F) a ponechána po dobu 30 minut. Část horké vody je odvedena z tanku a nahrazena stejným objemem studené vody. Toto ohřívání a odpouštění vody ve výše uvedených cyklech pokračuje v časových intervalech po 16 hodin denně s osmihodinovými přestávkami. Tato šablona zkoušek simuluje používání horké vody v běžném domě. Na konci pokusu po 21 dnech jsou obě nádoby s ohřivači vypuštěny a je tam nalit roztok zředěné kyseliny, která rozpustí všechny úsady zachycené na topných tělesech (spirálách). Množství úsad v upravené vodě nesmí být více než 20% než těch, které se zachytily na topném tělese (spirále) v surové neupravené vodě. Pokud je tato podmínka splněna, pak je zkoušené zařízení prohlášeno jako efektivní při ochraně/eliminaci úsad z tvrdé vody.

Tento test je v současné době (1999) zaváděn v Německu a umožňuje výrobcům podstoupit zkoušky na jejich zařízeních a získat DVGW protokol.

Použití polymerového lože není ani nové, ani unikátní, nicméně toto médium se chová rozdílně. Zejména nevyžaduje žádnou regeneraci, není potřeba ani sůl ani jiné chemikálie.

Kombinace zaoblené povrchové geometrie media a vlastností jednotlivých částí (zrn) tohoto lože přispívá speciálním způsobem k vyvolání jevu nazývaného nízkoenergetická heterogenní nukleotizace.

Nízká energie je samo-vysvětlitelný termín; v tomto případě je to výraz srovnávací, ve smyslu mnoha reakcí jak užívajících výrazně vyšší energie než tento krystalizační proces. Heterogenní je (dle Webstera) definován jako médium složené z nesouvisících a nepodobných částí, nebo částic. Různých, řečeno stručně.

Nukleotizace je proces formování uvnitř nebo okolo jádra, které předchází fázové proměně.

Pro vědeckou ilustraci tohoto procesu jsme se obrátili na MIT (Massachusetts Institut of Technology), který jej definoval následovně:

Heterogenní nukleotizace nastává jakousi nedokonalostí při nahrazování originální konfigurace nukleotizačními částicemi se speciálními energetickými vlastnostmi.

Například nukleotizace na hranicích zrna (viz obr. 1) odstraňuje oblast hranice zrna a nahrazuje ji mezifázovou hranicí která by byla vytvořena stejně formací nové fáze. A tak předcházející „nedokonalost“ efektivně „katalýzuje“ proces nukleotizace.

Heterogenní nukleotizace je obecně pozorovaný jev. Heterogenní nukleotizaci lze porozumět s ohledem na geometrii jádra. Jednoduchý model pro případe nukleotizace nové fáze na isotropických hranicích zrna lze získat vzetím do úvahy toho, že jádra mají obrys dvou hemisferálních čepiček které hraničí s rovnovážnými dihedrálními úhly daných Youngovými rovnicemi nucené rovnováhy.

Modelové rovnice mohou být odvozeny v paralele ke kritické velikosti jádra, který vyvažuje poměr snížení volumetrické (objemové) energie se zvyšováním velikostí interfaciální (mezifázová, povrchová) energie.

Heterogenní nukleotizace je pouze polovina obrázku. Vlastní proces vytvoří vysoce aktivní katalytickou matici na povrchu částic lože. Hovoříme-li o matici (šabloně, mřížce) – jsou zde jich miliardy – jako skupiny atomů naaranžovaných tak, že vypadají jako perfektní základna pro růst krystalů selektivních pro sloučeniny iontů tvrdosti vody.

Fungují jako katalyzátory vytvářející nízkoenergetickou cestu pro krystalizaci sloučenin tvrdosti vody (uhličitany vápenaté a hořečnaté). Z těchto důvodu je tato technologie nazývána TAC (Template Assisted Crystallization – krystalizace podporovaná maticí).

Krystalizace

Proces krystalizace sestává ze dvou hlavních etap, a sice nukleotizace a růst krystalů.

Nukleotizace je etapa, kdy rozpuštěné molekuly rozptýlené v roztoku začnou vytvářet shluky velikostí nanometru (zvyšující koncentraci roztoku v malém objemu) až do určité stability shluku odpovídající současným podmínkám prostředí. Tyto stabilní shluky vytvoří jádro. Nicméně, pokud nejsou shluky stabilní, tak se znovu rozpustí. Z tohoto důvodu potřebují shluky dosáhnout kritické velikosti, aby mohlo vzniknout stabilní jádro. Tato kritická velikost je určena okolními podmínkami (teplota, přesycení roztoku, odchylky, atd.)

Je to ve stadiu nukleotizace, kdy atomy jsou naaranžovány v definovaném a opakovatelném uspořádání, které určuje krystalickou strukturu, specifickou pro vnitřní uspořádání atomů, nikoli k vnějším makroskopickým vlastnostem krystalů, jejich velikosti, nebo tvaru.

Růst krystalů je následkem růstu jader po dosažení kritické velikosti shluků. Následná nukleotizace a růst probíhá souběžně (současně), pokud trvá přesycení. Přesycení je řídicí silou krystalizace, a proto rychlost nukleotizace a růstu je řízena existujícím přesycením v roztoku. Závisí to na podmínkách, kdy buď nukleotizace, nebo růst mohou být převládající nad ostatními procesy a tak mohou vznikat krystaly různých

velikostí a tvarů. Ovládání tvorby krystalů z hlediska jejich velikosti a tvaru je jednou z hlavních výzev v průmyslové oblasti, jako je například výroba léčiv.

Vrátíme-li se k mediu fyzikální úpravy vody, tak medium mající na povrchu „šablony“ poskytující nukleotizační místa pro krystalizaci vápníku a hořčíku, přičemž jsou transformovány tyto minerály tvrdosti vody z rozpuštěné formy na nerozpustné sub-mikroskopické krystaly. Tato změna fyzikálního stavu je extrémně rychlá při srovnání s filtrací přes lože iontoměníčů ve změkčovacích filtrech. A tak, při praktických aplikacích, se počítá objem media PWT v řádově menších objemech, než u iontoměníčů.

Proces TAC

Míč, kutálející se dolů z kopce (po malém počátečním postrčení) hledá stav s nižší energií. Formování krystalů z roztoku je výsledkem stejné přírodní iniciace ke stavu nižší energie; malinké potřebné postrčení je nukleotizace, kde se shluky atomů a molekul (uhličitán vápenatý, například) se začínají organizovat, a to jak v rámci celkového objemu, tak i na povrchu roztoku. Podmínky v roztoku: koncentrace, teplota, atd., stejně jako stav povrchu kapaliny, určují pravděpodobnost a budoucnost probíhajících jevů. Jakmile proběhne iniciace přes kritický stav, nukleotizace tvrdosti, například, indukuje ostatní rozpuštěné kationty (Ca^{2+} , Mg^{2+}) a anionty (CO_3^{2-} , SO_4^{2-}), aby se seskupily a vytvořily organizované, nerozpuštěné krystalové struktury.

Tyto krystaly se poté formují, než je dosažena nová rovnováha.

A tak je logické, že tyto krystaly jsou odstraňovány a na jejich původním místě pokračuje tvorba dalších krystalů, čímž je udržován systém prevence tvorby úsad v celém objemu vody prošlé procesem nukleotizace/krystalizace/růstu.

Pomocí TAC technologie jsou nastoleny podmínky nukleotizace a jsou zajištěny základní podmínky k super rychlé krystalizaci. Když se dostane tvrdá voda do kontaktu s mediem, lavina sub-mikroskopických krystalků tvrdosti se okamžitě formují na povrchu media a potom se utrhnou, čímž umožní v uvolněné matici tvorbu dalších krystalů v přitékající vodě.

Je zde i sekundární proces (homogenní nukleotizace), která dovršuje tento proces. Tyto nyní volně plovoucí sub-mikroskopické krystaly tvrdosti pokračují ve fungování jako nová místa ke nukleotizaci a k indukci tvorby dalších krystalů z dosud rozpuštěných iontů tvořících tvrdost vody v celém objemu vody.

Jedna ze zajímavých, ale důležitých vedlejších užitečných účinků procesu TAC je uvolňování oxidu uhličitého do roztoku.

Oxid uhličitý poté reaguje s vodou za vzniku kyseliny uhličité, což snižuje pH vody.

Tento účinek posunuje rovnováhu do stavu, kdy se postupně rozpouští již vzniklé úsady. Toto rozšiřuje závislost procesu na celkové chemii vody. Ve většině případů, kdy byla prováděna pozorování a monitoring procesu, stávající úsady v průběhu času zmizely.

Proces výroby

Specifické varianty polymerových pryskyřic tvořících lože byly vystaveny serii chemických procesů v chemickém rektoru: jedná se o tank z nerez oceli vybaveném regulací pH, teploty, míchání, tlaku a přidávání chemických přísad v naplánovaném pořadí.

Když je proces kompletní, medium je připraveno k činnosti. Konečný produkt je chemicky velmi čistý a byl nedávno podroben toxikologickým testům NSF 42.

Instalace

Z počátku to vypadá zcela obvykle. Instalace začíná, když se do standardní nádoby z laminátu dodá medium. Není potřeba ani řídicí hlava ani solanková nádrž. Základní konfigurace je tank s vývody in/out hlavou pro menší systémy (do výkonu cca 700 l/h).

Větší systémy mohou být vybaveny systémy připojení dno/vršek.

Největším rozdílem TAC medií je protiproudý provoz. Medium pracuje nejlépe, když voda proudí mediem zespoda nahoru, čímž je lože ve fluidním stavu. Toto maximalizuje interakci mezi ionty tvrdosti a mřížkou na povrchu media, a navíc to pomáhá odnášet sub-mikroskopické krystalky z povrchu media po proudu odcházející vody.

Hloubka lože media je typicky menší než cca několik desítek cm, a tak jsou TAC systémy také extrémně lehké na váhu a jednoduše transportovatelné.

Reálné světové aplikace

- rodinné domky: odstraňování/prevence tvrdosti vody do 60°N tvrdosti
- potravinářský průmysl a zařízení: ohřívače vody, kávovary, post mixy, apod.
- komerční budovy, hotely, boilery, sprchy a zavlažování
- myčky aut, předúprava reverzně osmotických stanic

Závěr

Zatímco kdysi byly doby, kdy se nic netušícím zákazníkům podstrčily hadí olej a zrcadla jako nástroje k úpravě vody, dnešní alternativní technologie úpravy vody oprávněně přináší užitek posledních výsledků vědy. Výsledek přispívá k doplnění metod úpravy vody.

Nastal čas dovolit vědcům, aby byli posledními soudci. Pomocí zavedených standardů, zkušebních testů a protokolů, posouzením kapacit, schopností a omezení různých zařízení se dobereme k lepšímu porozumění, což povede k lepším výrobkům. V následujících měsících, podrobí WQA ve spolupráci s IAMPO vybraná zařízení zavedeným testům. Prodejci a jejich zákazníci budou uživateli výhod čerstvého pohledu na alternativní metody úpravy vody.

Věda se mění každý den a zajišťuje pomocí nových metod nové pohledy na principy věcí a jevů. A jako zástupci průmyslu, musíme rozvíjet naše vědomosti.