

Příspěvek ke studiu problematiky vzniku žlutých skvrn na prádle.

Ing. Jan Kostkan,
společnost DonGemini s.r.o.

Tímto příspěvkem reaguji na článek Ing. Zdeňka Kadlčíka z června tohoto roku o názvu Diskutujeme ke žlutým skvrnám. K článku lze podotknout, že žluté skvrny na prádle nejsou ryze český problém. Vyskytují se v prádelnách v Německu, Itálii, Španělsku, Rusku, stejně tak jako i ve Spojených státech. Je zarážející, že ve světové prádelenské literatuře je jim věnována zcela nezaslouženě jen okrajová pozornost. Výjimku snad představují materiály z amerického žurnálu Laundry Today. Jejich vznik je zde dáván do souvislostí obvykle se železem a nebo tzv. sekundární karbonizací..

Je proto velmi potěšující výzva Ing. Kadlčíka k diskusi právě na toto téma. Výzva z pera našeho předního odborníka je důkazem toho, že české prádelenství nestagnuje, nezůstává na povrchu problémů a opírá se o tradiční kreativitu českých lidí, což je jistě krok tím správným směrem.

V tomto příspěvku je věnována pozornost jedné z nejčastějších příčin vzniku žlutých skvrn zvláště na bavlněném prádle. Vznik skvrn, respektive jejich příčina, je nejčastěji spojována se změkčováním vody v iontoměničových úpravách a je vysvětlována již dříve zmíněnou sekundární karbonizací. Tato verze dnes patří k nejrozšířenějším.

Mezery nejrozšířenějšího vysvětlení

Výše naznačená představa vychází z předpokladu, že změkčením vody se převede uhličitán hořečnatý a vápenatý na uhličitán sodný a následnou hydrolyzou uhličitánu sodného při vyšší teplotě vzniká louh sodný, který vede ke vzniku skvrn.

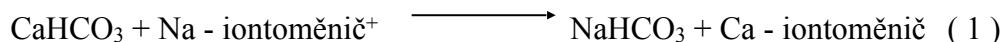
Přestože se toto vysvětlení stále více rozšiřuje, ponechává stranou podstatu věci. Jistě proto nebude na škodu malá rekapitulace

Předně je třeba připomenout, že na iontoměničích je převáděn kyselý hydrogenuhličitán vápenatý, či hořečnatý na hydrogenuhličitán sodný. Uhličitán vápenatý a hořečnatý jsou totiž sloučeniny s velmi malou rozpustností ve vodě. Proto se z vody samovolně vylučují.

Jistě si čtenář při této příležitosti vzpomene na vylučování vodního kamene a nebo vznik krasových útvarů. Tyto jevy jsou důkazem široké platnosti uhličitánové rovnováhy, která pochopitelně platí i pro iontoměničové úpravny vody.

Obecně je známo, že tvrdost vody má původ právě v rozpustné formě těchto sloučenin, tj. v kyselém uhličitánu vápenatém a hořečnatém. Analýzou vody před a po úpravě lze snadno prokázat, že změkčení vody nevede k produkci uhličitánu sodného, nýbrž hydrogenuhličitánu sodného, což je z hlediska dané problematiky značný rozdíl, který však zůstává zcela opomíjen.

Schematicky lze diskutovaný děj úpravy vody iontoměničem znázornit takto:

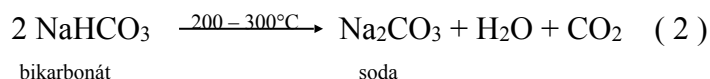


Na iontoměniči v Na^+ cyklu se tedy vymění atom sodíku za atom vápníku, což je princip i smysl celého zařízení.

Je tedy otevřená otázka, která z hydrogenuhličitanu sodného vznikne podstatně zásaditější uhličitan sodný.

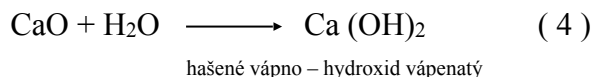
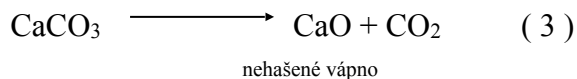
Hydrogenuhličitan sodný jinak kyselý uhličitan sodný, nebo dalším názvem jedlá soda, či bikarbonát, lze převést na uhličitan sodný celou řadou postupů. V průmyslovém měřítku se obvykle využívá termického rozkladu bikarbonátu při teplotách nad 200°C za vzniku vody resp. páry a oxidu uhličitého.

Proces lze vystihnout rovnicí:



Na kalandrech a nebo žehlicích strojích je dosováno teploty obvykle nižší. Nanejvýš tak $140 - 170^\circ\text{C}$. Významný termický rozklad bikarbonátu ve vlhkém prádle se z tohoto úhlu jeví jako velmi smělá termodynamická úvaha, pro kterou však v dostupné literatuře nebylo nalezeno žádné opory. Další možnost převedení kyselého uhličitanu sodného na uhličita sodný nabízí reakce se silnou zásadou, jakou je např. hydroxid sodný. Teorie **sekundární karbonizace** však předpokládá, že hydroxid sodný je konečným produktem, který má původ právě v přítomnosti sody, tedy v uhličitanu sodném. Ještě kurioznější je však úvaha o vzniku louhu, tedy hydroxidu sodného, ze sody.

V souvislosti s touto představou nelze nezpomenout na cukrovary a jejich vápenky. Ve vápence se vyrábělo nehašené vápno termickým rozkladem uhličitanu vápenatého v pecích a to při velmi vysokých teplotách.



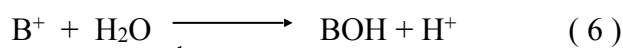
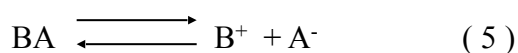
Analogickým postupem, nastíněným rovnicemi 3 a 4, lze sice formálně dospět ke vzniku hydroxidu sodného ze sody. Reaktivita sodíku je však o mnoho vyšší než vápníku. Pokud by k této reakci vůbec došlo, potom za teplot vyšších než 1000°C . Vždyť jenom bod tání bezvodého uhličitanu sodného dosahuje již 850°C . a bod tání hydroxidu sodného je 328°C .

O původu alkality v prádle

Na druhé straně žloutnutí prádla je realitou a musí tedy mít své racionální vysvětlení. Zkušenosti ukazují, že vznik skvrn v naznačených souvislostech je ovlivňován řadou faktorů. K nejvýznamnějším z nich patří:

1. Složení pracovní lázně
2. Míra odstranění zbytků pracovní lázně v průběhu máchání prádla
3. Složení máchacích lázní
4. Míra separace vody z prádla, tj. vlhkost žehleného prádla
5. Teplota a čistota pracovních povrchů strojů na žehlení a mandlování.

Praní prádla probíhá v pracovní lázni, která je mimo jiné tvořena solemi slabých a kyselin a silných zásad. Těmito složkami jsou např. uhličitán sodný, metakřemičitan sodný atd. Tyto soli jsou v roztoku značnou měrou hydrolyticky rozštěpeny. Mějme obecně sůl BA. Její disociaci a následné reakce s vodou lze naznačit takto:



Protože, jak již bylo řečeno, v roztoku jsou rozpuštěny soli slabých kyselin a silné zásady - sodíku, převládá v roztoku koncentrace iontů hydroxylových a roztok reaguje zásaditě.

Hodnota pH takového roztoku je dána vztahem:

$$pH = 7 + 0,5p_k + 0,5\log c \quad (I)$$

Hodnota p_k představuje záporně vzaty dekadický logaritmus disociační konstanty příslušné kyseliny. Koncentrace soli je značena c .

Pro ilustraci jsou v tabulce číslo 2 uvedeny hodnoty p_k nejběžnějších kyselin

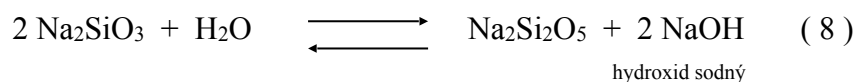
kyselina	p_{k1}	p_{k2}
uhličitá	6,5	10,2
křemičitá	12	<12
mravenčí	3,7	-
octová	4,8	-

citronová	3,1	4,3
-----------	-----	-----

Porovnání tabulky číslo 2 a vzorce č. 1 ukazuje, že největším nositelem alkality z pohledu chemické podstaty jsou sodné soli kyseliny křemičité.

Pracovní lázeň a hydroxid sodný

Z literatury je známo, že hydrolyza metasilikátu sodného probíhá podle rovnice:



Z rovnice je zřejmé, že produktem hydrolyzy je vedle dvojkřemičitanu také hydroxid sodný. Již v roce 1927 ukázal R. Schwarze, že stupeň hydrolyzy roztoku metakřemičitanu sodného na hydroxid sodný je závislý na koncentraci výchozí sloučeniny. Závislost mezi koncentrací metasilikátu sodného a jeho hydrolyzou na hydroxid sodný ukazuje následující tabulka číslo 1.

tabulka číslo 1

koncentrace roztoku metasilikátu sodného	koncentrace vzniklého hydroxidu sodného
1,00 N	14 %
0,010 N	28 %
0,01 N	32 %

V prádelenské praxi se však obvykle pracuje s roztoky ještě přibližně desetkrát zředěnějšími, což ovšem také znamená že stupeň hydrolyzy je vyšší a vznik hydroxidu sodného je tak vydatnější.

Z pohledu žloutnutí prádla je však třeba připomenout, že vznik hydroxidu sodného hydrolytickým štěpením příslušného metakřemičitanu je procesem vratným, jak ukazuje rovnice číslo 8. Křemičitany se tak z tohoto úhlu pohledu jeví jako ideálními přenašeči a producenti alkality jak v prádle, tak na pracovních plochách žehlicích strojů a mandlů.

Nevšední vlastnosti křemičitanů

Velmi zajímavou vlastností křemičitanů je jejich schopnost vytvářet komplexy různé komplexy a to i s polyhydroxylovými organickými sloučeninami. V roce 1961 dokázal

A Weis v případě oxokomplexů křemičitých sloučenin u křemíku koordinační číslo 6, což je u tohoto prvku zcela nebývalé. Za zmínku v této souvislosti rovněž stojí i to, že v kyselém prostředí poskytují neionogenní tenzidy svým ethericky vázaným kyslíkem oxoniové soli.

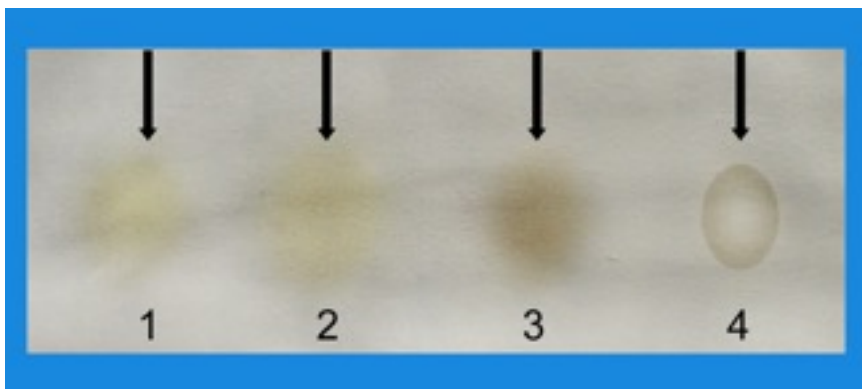
V patentové literatuře je uvedena celá řada metod přípravy polyhydroxylových sloučenin křemičitanů za podmínek velmi podobných jaké existují při žehlení a nebo mandlování prádla. Nutno podktnout, že bavlna svojí chemickou podstatou k polyhydroxylovým sloučeninám nesporně patří. Uvedené komplexotvorné vlastnosti křemičitanových sloučenin, spolu s nepatrnou rozpustností kyseliny křemičité, která se z křemičitanů uvolňuje již v poměrně dosti alkalickém roztoku (pH = 9,6), velmi komplikují odstranění zbytků těchto sloučenin mácháním.

Od teorie k praxi

Šedá je teorie, ale zelený je strom života. Teorie, která nepřináší prakticky použitelné výsledky patří do salonních společností intelektuální povahy, kde nic nezkaží, ale také nenapraví. Prádelenská praxe vyžaduje takové aplikace, která ukazují východiska. Byly proto provedeny soubory experimentů s cílem určení minimální koncentrace alkálie, které vede ke vzniku žlutých skvrn na prádle. Zkoušky byly prováděny s roztokem bikarbonátu (1), sody (2), metakřemičitanu sodného (3) a hydroxidu sodného (4). Koncentrace jednotlivých alkálií, kde i necvičeným okem byly patrné skvrny, jsou shrnuty v tabulce číslo 2 a jejich účinky zachyceny na obrázku číslo 1.

Alkálie	Koncentrace % hmotnostní	Koncentrace molární milimol/litr
Bikarbonát	0,12	14,3
soda	0,15	14,3
Metakřemičitan	0,3	14,3
Hydroxid sodný	0,057	14,3

tabulka číslo 2

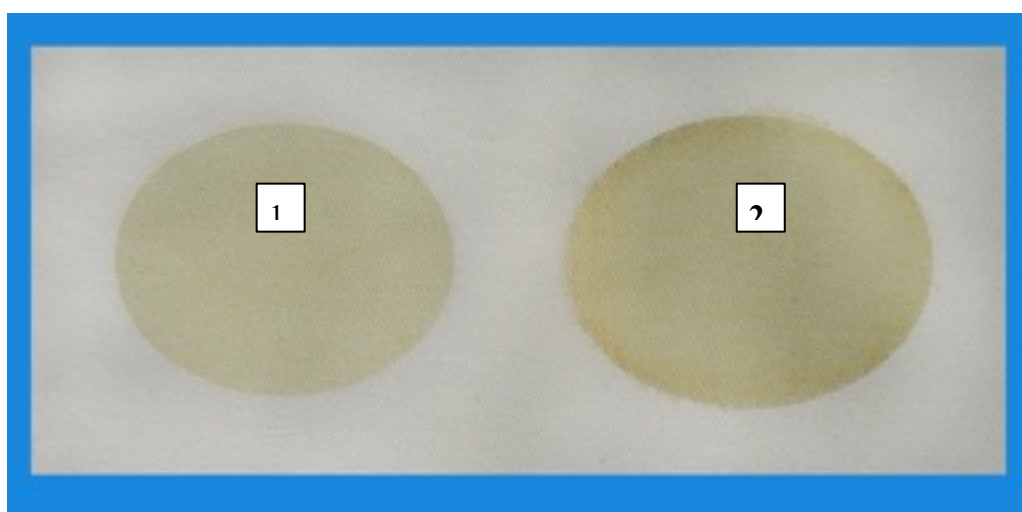


Obrázek číslo 1

Z tabulky i obrázku je zřejmé, že chemicky stejné množství alkálie (ekvimolární roztoky) vede k odlišným intenzitám v zabarvení skvrn. To znamená, že alkálie se liší svojí reaktivitou.

Zkoušky byly prováděny na naprosto deinkrustovaném vzorku bavlněného prádla. (hodnota pH výluhu z prádla činila 7,2)

Zkoušky s tímž vzorkem, avšak bez deinkrustace, ukázaly viditelnou skvrnu po aplikaci roztoků zředěných na poloviční koncentraci pouze v případě metakřemičitanu sodného. (skvrna č.1 na obrázku číslo 2). Skvrna číslo 2 vznikla po aplikaci roztoku o koncentraci metakřemičitanu sodného 0,30 % a je výrazně intenzivnější oproti předchozí zkoušce s deinkrustovaným vzorkem.



Obrázek číslo 2

Pro úplnost je nutné uvést, že hodnota pH výluhu z prádla použitého k experimentu zachycené na obrázku číslo 2 dosahovala 8,1.

Tendence a rizika žloutnutí prádla je možné celkem snadno posoudit na každé prádelně. Postačuje k tomu např. kousek bílé bavlněné látky, která se rozdělí např. na šest částí. Jeden kus se ponechá jako referenční. Ostatní se namočí do separované vody z prádla, vyždímají v ruce a vyžehlí při teplotě alespoň 140°C. Při druhém kole se jeden kousek odloží a se zbylými se provede stejná operace. Získá se tak etalon, kde je možné posoudit změny podle počtu expozice poslední máchací vodou.

Příklad takového etalonu zachycuje obrázek číslo 3.



Obrázek číslo 3

Uvedeným postupem se také ověří podíl pracovních ploch žehlících strojů a mandlů na vzniku skvrn a žloutnutí prádla. Na obrázku číslo 4 je zachycena pracovní plocha, která vede ke

vzniku skvrn v již závislosti na obsahu pouze destilované vody v jinak naprosto čistém prádle. prádle.



Obrázek číslo 4

Pracovní plochy musí být naprosto čisté a to platí i o nábalech. Z pracovních ploch dochází k migraci křemičitanových reziduí do prádla. Ukázku takové migrace zachycuje obrázek číslo 5.

Sněhově bílá háčkovaná dečka přešla v hnědou, avšak na místě kontaktu s deskou zanechala svůj otisk.



Obrázek číslo 5

Východiska

Základním východiskem řešení problému se žloutnutím prádla je analýza technologického procesu, nalezení skutečných příčin a jejich pochopení. Na základě toho lze potom technologický proces usměrnit požadovaným směrem a následně také optimalizovat.

Další často opomíjenou podmínkou je péče o strojní vybavení. Základem kvalitního vyprání je čistá pračka a čisté pracovní plochy žehlících strojů a mandlů. Jejich změny jsou neklamným odrazem kvalitativní stránky praní a technologické úrovně celého procesu.

Snad tento článek povede alespoň několik čtenářů k zamyšlení nebo i diskusi což je další krok tím správným směrem.

Více informací o problematice praní může čtenář najít na stránkách www.praciprasky.cz v kapitole publikace.