

Zpevňování papírového podkladu poškozeného mechanickou a chemicko-fyzikální degradací - zpevnění papírového podkladu zeslabeného rozpadem železito-duběnkového inkoustu pomocí adhezivních japanových folii použitím metody in situ.

Ondřej Lehovec, 2008

Obsah

- I. Vytváření mírně alkalických AJF
- II. Testování mechanických a fyzikálních vlastností japonského papíru RK00 a mírně alkalických AJF
- III. Test dvojohybu historického ručního papíru zpevněného lepivějšími a mírně alkalickými AJF (návaznost na výzkumnou činnost provedenou v r.2007)
- IV. Objevení savosti papíru jako důležitého prvku při volbě vhodného typu AJF pro zpevňování dokumentů
- V. Mechanické testování historického ručního papíru z poloviny 17. stol. „poškozeného plísněmi“ zpevněného vícevrstevnými mírně alkalickými AJF
- VI. Umělé stárnutí AJF

Úvod

Výzkumný záměr se v první fázi zaměřil na přípravu alkalicky upravených lepidel Klucelu G a Tylosy MH 4000 a jejich využití při vytváření mírně alkalicky upravených adhezivních japanových folií - AJF. Cílem bylo dodat alkalické složky do AJF a tak současně propojit zpevnění podkladu s neutralizací kyselých složek v papíru.

V další fázi výzkumu byly vytvořené mírně alkalické AJF zkoumány z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností - pevnosti v tahu a míry průhlednosti po nalepení na papírový podklad. Dále byla pozorována míra zpevnění historického ručního papíru vícevrstevnými a mírně alkalickými AJF za pomoci mechanického testu dvojohybu (tato část výzkumu byla v přímé návaznosti na provedenou činnost v roce 2007) a byla též zkoumána míra zpevnění historického ručního papíru (lehce poškozeného mikrobiologickou degradací) pomocí mírně alkalických AJF (proveden mechanický test dvojohybu a tržného zatížení měřených vzorků). Na závěr byly vybrané vzorky AJF podrobeny umělému stárnutí.

I. Vytváření mírně alkalických AJF

▪ Alkalická rezerva

Určité nadbytečné množství alkalických sloučenin obsažených v papíru, které může neutralizovat kyseliny vzniklé v důsledku jeho přirozeného stárnutí nebo atmosférického znečištění a prodlužuje tak jeho životnost. Za dostatečnou je považována rezerva 2-3% uhličitanu vápenatého nebo hořečnatého. Zdroj [ČSN ISO 9706:5](#), [ĐUROVIČ-2002:29](#), [WEBER-1997:19](#)

▪ Příprava alkalicky upravených lepidel a způsob jejich nanášení na plastovou podložku.

Pro účely vytváření alkalicky upravených AJF byla vybrána dvě lepidla Klucel G a Tylosa MH 4000. Tato lepidla byla připravena ve vodných roztocích ve dvou koncentracích 1% a 2%. Pro účely vytváření rovnoměrné vrstvy lepidla na plastové podložce byly zvoleny dva způsoby nanášení (viz Tab.1).

Prvním způsobem nanášení byl standardní nanášecí tyčinka č.7 (způsob označený jako „A7“). Nanášecí tyčinka: jedná se o navinutý drátek specifické tloušťky na ocelovou tyčinku. Po plynulém jednosměrném stažení vrstvy lepidla tyčinka propustí vždy stejné množství lepidla, proteklé vinutím drátku. Takto byla vytvářena standardní lepivá vrstva (A7).

Druhým způsobem nanášení bylo volné rozlití lepidla na plastovou podložku a jeho následné zarovnání do požadované souvislé vrstvy - tzv. hladinové rozlití a stažení lepidla (způsob označený jako „D“). Nanášení zde spočívá v nalití lepidla do výškově a prostorově ohraničeného úseku na plastové podložce a jeho následném rozprostření pomocí rovného pravítka do jedolité výškové hladiny. Tento způsob nanášení byl použit pro přípravu 5-ti a 10-ti vrstevých AJF.

Proces nanášení lepidel způsobem D probíhal tak, že na plastové podložce byl nejprve vymezen úsek s danou výškou a vnitřní plochou, který byl po dvou obvodových stranách ohraničen lepenkovými přířezy (kolejnicemi) – vznikl tzv. „otevřený bazének“, viz obr.1. Do vymezeného úseku bylo s mírným přebytkem vlito lepidlo a s pomocí rovného a pevného pravítka opřeného o obvodové lepenkové kolejnice bylo plynule staženo-zarovnáno do jedolité výškové hladiny, viz obr.2. Při nanášení lepivé vrstvy způsobem D byly zvoleny dva typy výškových hladin a to 1mm (označovaný dále jako „D1“) odpovídající svým obsahem

přibližně pěti standardním vrstvám A7 a 2mm (označovaný dále jako „D2“) odpovídající svým obsahem přibližně deseti standardním vrstvám A7 (viz Tab.1).

A7	natažením tyčinkou-č.7	1-3 vrstvé AJF
D1, D2	volnou hladinou –hladinové rozlití a stažení (výška hladiny 1mm a 2mm)	5, 10 vrstvé AJF

Tab.1 /Způsoby nanášení lepidel na plastovou podložku

Zmíněnými způsoby nanášení - A7 a D1, D2 byly vytvářeny vždy rovnoměrné a objemově identické lepidivé vrstvy při přípravě AJF (viz Tab.2).

Poř.č. lepidla	Druh lepidla	Rozpouštědlo	Koncentrace	Způsob nanášení	Počet vrstev
1	Klucel G	etanol	1%, 2%	A7, D1, D2	2, 3, 10
3	Tylosa MH 4000	alkalická voda (Herco), pH-8	1%, 2%	A7, D1, D2	2, 3, 5, 10
6	Klucel G	alkalická voda (Herco), pH-8	1%, 2%	A7, D1, D2	2, 3, 5, 10

Tab.2 /Přehled nanášených lepidel vybraných pro testování

▪ Způsob vytváření a označení AJF pro další testování.

AJF byly opět vytvářeny volným pokládáním přířezů japonského papíru na nanesenou vrstvu lepidla a nechány volně vyschnout, viz obr.3. Po vyschnutí byly AJF sejmuty z plastové podložky a připraveny k dalšímu testování, viz. obr.4. Při přípravě dvouvrstevých a třívrstevých AJF bylo nanášení lepidla na plastovou podložku pomocí nanášecí tyčinky provedeno opakovaně – v těchto případech bylo lepidlo nanášeno dvakrát a třikrát způsobem A7 (viz Tab.1 a 2). Při přípravě 5 a 10 vrstevých AJF bylo postupováno způsobem nanášení označeným jako D (viz Tab.1 a 2). Takto byly vytvořeny sady AJF se vždy stejným obsahovým množstvím lepidla (viz Tab.3).

Druh papíru	Pořadové číslo papíru	Směr vláken	Lepidlo č.	Způsob nanášení	Koncentrace	Počet vrstev
RK00	1	↑	1	A7, D1	2%	2,3,10
RK00	1	→	3 a 6	A7, D1 a D2	1% a 2%	1,2,3,5,10
RK00	2	↑	3 a 6	A7, D1 a D2	1% a 2%	1,2,3,5,10

Tab.3 /Přehled vytvořených sad mírně alkalických AJF pro testování

Vytvořené AJF byly pro přehlednost a snadnou identifikaci v průběhu dalšího testování označeny (viz Tab.4) - Modelový příklad zde ukazuje rozepsaný způsob označování vzorků AJF - jeho zkrácený zápis: 1/1A7-2%, 2x.

Číslo papíru (směr vláken)		Číslo lepidla	Způsob nanášení		Koncentrace		Počet vrstev
1	/	1	A7	-	2%	,	2x

Tab.4 /Způsob označení vytvořených AJF pro testování. Modelový příklad: 1/1A7-2%,2x

II. Testování mechanických a fyzikálních vlastností zpevňujícího japonského papíru RK00 a mírně alkalických AJF.

1.) Test tržného zatížení.

Vzorky japonského papíru a jednotlivých typů AJF byly nařezány na proužky o standardní šířce 15mm a délce 12cm. Tržné zatížení proužků AJF probíhalo na digitálním trhacím zařízení značky Instron a byly sledovány především dva pevnostní parametry, pevnost v tahu proužků tedy jejich silová pevnost při zatížení udaná v (N) a současně změna protažení proužků měřená v (%).

Japonský papír	Zatížení při natržení (N)	Standardní odchylka (%)	Tažnost při natržení-protážení (%)	Standardní odchylka (%)
RK00-1 /↑	0,97	-	0,98	-
RK00-2 /→	0,18	0,03	4,78	3,49

Tab.5 /Test tržného zatížení japonského papíru RK 00

Vzor. č.	Typ AJF (H) - Herco	Zatížení při natržení (N)	Standardní odchylka (%)	Tažnost při natržení- protažení (%)	Standardní odchylka (%)
1.	1/6A7-2%,2x,H	3,17	0,20	2,36	0,35
2.	1/6D1-1%,5x,H	4,02	0,47	1,71	0,20
3.	1/6D2-1%,10x,H	5,45	0,56	1,72	0,20
4.	2/6A7-2%,2x,H	1,34	0,13	4,50	1,70
5.	2/6D1-1%,5x,H	2,70	0,15	2,89	0,41
6.	2/6D2-1%,10x,H	4,51	0,96	2,87	0,46

Tab.6 /Test tržného zatížení AJF s Klucelem G v obohacené vodě (Herco)

Vzor. č.	Typ AJF (H) - Herco	Zatížení při natržení (N)	Standardní odchylka (%)	Tažnost při natržení- protažení (%)	Standardní odchylka (%)
1.	1/3A7-2%,2x,H	6,18	1,63	1,99	0,20
2.	1/3D1-1%,5x,H	9,95	1,05	2,06	0,27

Tab.7 /Test tržného zatížení AJF s Tylosou MH 4000 v obohacené vodě (Herco)

▪ Zhodnocení

Test tržného zatížení AJF prokázal ve všech měřených vzorcích zvýšení pevnosti ve srovnání s tržným zatížením neupravených základových japonských papírů RK 00 a RK 0 (viz Tab.5, 6 a 7). Z výsledků měření vyplývá, že ke zvyšování pevnosti AJF dochází v přímé úměře s množstvím obsaženého lepidla v AJF a to jak v podélném tak i příčném směru vláken japonského papíru (viz Tab.6 a 7).

Zvýšení pevnosti je i u nejméně lepidivé AJF v podélném směru vláken více jak trojnásobné viz Tab.6, vzorek č.1, u více lepidivé AJF viz vzorek č.3 (Tab.6) je zvýšení pevnosti v podélném směru vláken pak více jak pětinasobné.

Tabulka č.7 popisuje vzorky AJF s Tylosou 4000, kde došlo vůbec k největšímu zvýšení pevnostních parametrů, vzorek č.1 s dvouvrstvým obsahem lepidla zvýšil svou pevnost na více jak šestinasobek pevnosti neupraveného japonského papíru a vzorek č.2 s pětinasobnou vrstvou lepidla zvýšil svou pevnost dokonce na desetinásobek původní pevnosti jap. papíru.

2.) Optické vlastnosti

Z optických testů byla zkoumána míra průhlednosti či změna barevnosti AJF. Proužky AJF byly nalepovány na černý základový karton a byla zjišťována změna barevnosti černého kartonu-černé podložky respektive míra průhlednosti nalepených AJF. Černý karton-černá podložka, zde byla měřena jako 100% barevnostní základ ΔL . Měření bylo prováděno pomocí optického přístroje SPEKTROFOTOMETR CM-508d, značky MINOLTA. Zjištěné hodnoty udávající změnu barevnosti černé podložky ΔE po nalepení AJF ve zvýšených kladných hodnotách, znamenaly větší zesvětlení černého podkladu a tedy snížení barevnosti černé podložky. Zjištěné hodnoty byly dále procentuálně přepočítány a definují změnu-snížení barevnosti černé podložky po nalepení AJF a procentuální míru zjištěné průhlednosti nalepovaných AJF (viz Tab.8 a Obr. příloha č.1).

Vzorek č.	Typ AJF (H-zkratka Herco)	Aktivační roztok	Černý podklad ΔL	Změna barevnosti černé podložky ΔE	Snížení barevnosti černé podložky v (%)	Míra, stupeň průhlednosti AJF v (%).
1.	1/6A72%,2x,H	etanol	25	9,9	-39,6	60,4
2.	1/6A7-2%,3x,H	etanol	25	10,3	-41,2	58,8
3.	1/6D1-1%,5x,H	etanol	25	5,4	-21,6	78,4
4.	1/6D2-1%,10x,H	etanol	25	3,0	-12	88,0
5.	1/6A7-2%,2x,H	75% etanol/voda	25	10,6	-42,4	57,6
6.	1/6A7-2%,3x,H	75% etanol/voda	25	7,2	-28,8	71,2
7.	1/6D1-1%,5x,H	75% etanol/voda	25	2,9	-11,6	88,4
8.	1/6D2-1%,10x,H	75% etanol/voda	25	2,1	8,4	91,6
9.	1/6A7-2%,2x,H	50% etanol/voda	25	8,2	32,8	67,2
10.	1/6A7-2%,3x,H	50% etanol/voda	25	7,3	-29,2	70,8
11.	1/6D1-1%,5x,H	50% etanol/voda	25	1,5	-6	94,0
12.	1/6D2-1%,10x,H	50% etanol/voda	25	1,0	-4	96,0

13.	1/1A7-2%,3x	etanol	25	5,9	-23,6	76,4
14.	1/1D1-2%,10x	etanol	25	2,5	-10	90,0
15.	1/3A7-2%,2x,H	50% etanol/voda	25	6,0	-24	76,0
16.	1/3A7-2%,3x,H	50% etanol/voda	25	2,8	-11,2	<u>88,8</u>
17.	1/3D1-1%,5x,H	50% etanol/voda	25	3,6	-14,4	85,6

Tab.8 /Test průhlednosti-změny barevnosti mírně alkalicky obohacených i neobohacených AJF

▪ Zhodnocení

Z provedených testů měření změny barevnosti černé podložky vyplývá, že nejprůhlednějšími měřenými typy AJF jsou vícevrstvé klucelové mírně alkalicky obohacené AJF typu: 1/6D2-1%,10x,H (viz vzorek č.12, Tab.8) a 1/6D2-1%,5x,H (viz vzorek č.11, Tab.8) oba aktivované 50% etanol/voda. Po nalepení na černou podložku (karton) dosahují více jak devadesáti procentní (96% a 94%) průhlednosti. Dobrý stupeň průhlednosti prokázala i tylosová mírně alkalicky obohacená AJF typu: 1/3A7-2%,3x,H aktivovaná 50% etanol/voda (viz vzorek č.16), jejíž průhlednost dosáhla 88,8%.

Jako nejméně průhledné se prokázaly AJF typu: (1/6A7-2%,2x) viz vzorek č.5 aktivovaná 75% etanol/voda její průhlednost dosahuje pouhých 57,6% a dále AJF typu: (1/6A7-2%,3x) viz vzorek č.2 a typ: (1/6A7-2%,2x) viz vzorek č.1 obě aktivované etanolem - průhlednost 58,8% a 60,4%.

Jako zajímavé se jeví i porovnání míry průhlednosti Klucelu G připraveného v etanolu a Klucelu G připraveného v obohacené vodě Herco. Typ: (1/1A7-2%,3x) viz vzorek č.13, Tab.8, kde byl Klucel G připraven v etanolu, je mnohem průhlednější 76,4%, než typ: (1/6A7-2%,3x) vzorek č.2 průhlednost 58,8%, který se liší od předchozího pouze tím, že Klucel G byl připraven v obohacené mírně alkalické vodě Herco. Stejně zjištění bylo pozorováno i u vícevrstvých klucelových AJF, srovnej vzorek č.4 a č.14. Z těchto porovnání lze usuzovat na možné mírné snížení průhlednosti lepivé vrstvy s obsahem alkalické složky (Herco).

U Klucelu G připraveného v obohacené vodě lze též pozorovat, že schopnost průhlednosti stejných typů těchto vícevrstvých AJF se mění v souvislosti s množstvím použitého etanolu

v aktivačním roztoku viz srovnání vzorek č.3, 7 a 11 nebo též srovnání vzorek č.4, 8 a 12. Zde můžeme dobře vidět, že se průhlednost AJF po nalepení na pap. karton zvyšuje spolu se zvyšujícím se obsahem vody v aktivačním roztoku. Nejoptimálnější výsledky průhlednosti AJF tak byly dosaženy při použití aktivačního roztoku 50% etanol/voda.

III. Test dvojohybu historického ručního papíru zpevněného lepivějšími a mírně alkalickými AJF (návaznost na výzkumnou činnost provedenou v r.2007)

V návaznosti na testy dvojohybu historického ručního papíru zpevněného AJF v roce 2007, byly v letošním roce provedeny další mechanické testy dvojohybu tohoto papíru zpevněného tentokrát lepivě obsažnějšími a mírně alkalickými AJF za účelem porovnání změn jeho mechanických vlastností. Existoval zde logický předpoklad, že při použití lepivějších AJF dojde k znatelnému nárůstu mechanické pevnosti zpevněného papíru. Výsledná zjištění však byla překvapivá. U všech měřených vzorků až na jeden sice došlo k nepatrnému zvýšení mechanické pevnosti vůči ohybu, vezmeme-li však v úvahu, že pro zpevnění ručního papíru zde byly použity vícevrstvé lepivější AJF, nebyly výsledky testů ani zdaleka tak přesvědčivé, jak se původně očekávalo (viz Tab.9).

VZOREK			Směr papíru	Počet dvojohybů	směrodatná S	
Ruční papír (před zpevněním)			napříč / ↔	18,5	9,1	
Vz. č.	Typ AJF	Aktivační roztok	Směr japonsku	Směr papíru	Počet dvojohybů	směrodatná S
1.	1/1A7-2%,2x	etanol	↓	napříč	27,1	10,7
2.	1/6D1-1%,5x,Herco	etanol	↓	napříč	19,0	7,7
3.	1/3A7-2%,3x,Herco	50% etanol+voda	↓	napříč	17,6	4,7
4.	2/3A7-2%,2x,Herco	50%etanol+voda	→	napříč	20,4	9,1
5.	1/3D1-1%,5x,Herco	50%etanol+voda	↓	napříč	20,9	7,4

Tab.9 /Test dvojohybu hist. ručního papíru zpevněného lepivějšími a mírně alkalickými AJF

▪ Zhodnocení

Z tab.9 vyplývá, že s obsahem lepidla v AJF nijak výrazně nevzrůstá míra zpevnění testovaného papíru viz vz.č.2 (1/6D1-1%,5x,Herco) či vz.č.5 (1/3D1-1%,5x,Herco), kde došlo pouze k minimálnímu nárůstu mechanické pevnosti zpevněného papíru i přesto, že byla v obou případech použita pětinasobná (standardní) lepivá vrstva v AJF. Lepší výsledky zpevnění se naopak paradoxně projeví u klucelové folie vz. č.1 (1/1A7-2%,2x), kde došlo k nejvyššímu zpevnění z měřených vzorků a to i přesto, že tento druh AJF obsahoval pouze dvě (standardní) lepivé vrstvy.

Překvapivě nízké hodnoty zpevnění papíru (test dvojohybu) byly s největší pravděpodobností způsobeny tím, že značná část lepidla z AJF zůstala po zpevnění na jeho povrchu aniž by se vsála do jeho struktury. Nevsáté zbytkové lepidlo z AJF, tak spíše než ke zpevnění papíru přispělo k povrchovému zatížení papíru a tím i k přibrzdění či zablokování nárůstu jeho mechanické pevnosti (pružnosti). Této úvaze by nasvědčoval i fakt, že historický papír vybraný pro testování byl již před zpevňováním ve velmi dobrém fyzickém stavu. Papír byl dobře klížený a tím i málo savý (savost t.:40s). Z výše projevené skutečnosti vyplývá, že schopnost papíru úspěšně přijímat lepivou vrstvu z AJF do své struktury, úzce souvisí s mírou jeho savosti.

IV. Objevení savosti papíru jako důležitého prvku při volbě vhodného typu AJF pro zpevňování dokumentů

▪ Savost papíru - určující faktor míry zpevnění

Případná omezená schopnost papíru vsát větší množství lepidla do své struktury je dána obecně několika známými vzájemně propojenými faktory. Prvním faktorem, který způsobuje, že papír není dostatečně savý a tedy schopný přijímat lepivou vrstvu ze zpevňující AJF je jeho dobrý fyzický stav. Minimální povrchové rozrušení či otevření vlákenné struktury papíru způsobí, že velká část lepivé vrstvy obsažená ve zpevňující AJF zůstane po nalepení na jeho povrchu. Takto ošetřený papír, s přebytkem nevsátého lepidla na svém povrchu pak spíše nese další zatěžující vrstvu a průkazně nijak výrazně nevzrůstají jeho pevnostní parametry (viz Tab.9). Druhým pozorovaným důvodem, proč papír není „schopen“ vstřebávat větší množství lepidla z AJF je především jeho dobré a zachovalé ještě nezdegradované klížení. V tomto případě je přijetí–vsání lepidla z AJF do vlákenné struktury papíru rovněž jen velmi omezené.

▪ Fenomén savosti papíru ve vztahu k míře poškození papíru

V průběhu pozorování různých druhů historických papírů a jejich forem poškození došlo k důležitému zjištění. Vyšlo najevo, že papír poškozený vlivem chemicko-fyzikální či biologické degradace vykazuje větší otevřenost své vlákenné struktury a s tím spojenou zvýšenou savost. Zde je třeba zdůraznit právě schopnost zvýšeného vsání či savosti papíru jako důležitého fenoménu či průvodní jevu vzrůstajícího spolu s mírou poškození papíru. Papír v průběhu své degradace ztrácí své původní pevnostní charakteristiky ať již vlivem kyselé hydrolýzy či oxidačně redukční procesů, které v papíru probíhají. Obecně lze říci, že čím je papír poškozenější, tím je i více savější. Schopnost savosti papíru souvisí též významně i s jeho tloušťkou, čím je papír silnější – tlustější, tím je i savější, tedy vzrůstá jeho absorpční schopnost. Určujícím faktorem míry vsání papíru, však zůstává především stupeň jeho poškození. Bylo pozorováno, že tento jev-zvýšeného vsání poškozeného papíru je velmi důležitým a určujícím prvkem při volbě optimálního množství obsahu lepidla ve zpevňující AJF. Chceme-li například zpevnit velmi poškozený historický papír - dokument pomocí AJF musíme počítat s vysokou otevřeností poškozené struktury papíru a tedy i se zvýšenou schopností vsání papíru, která způsobí zvýšené odčerpání lepivé vrstvy z AJF a ve výsledku významně sníží její průhlednost na ošetřeném papíře - dokumentu. Pro vytvoření dobrého optického výsledku - dobré průhlednosti zpevnění, budeme muset v takovém případě použít lepivější AJF s mnohem vyšším obsahem lepivé vrstvy (tzv. vícevrstvé AJF) než bychom použili například při zpevňování papíru méně poškozeného a povrchově jen málo narušeného.

Po zjištění této skutečnosti bylo provedeno několik zkoušek vypovídajících o schopnosti sání nepoškozeného, poškozeného i silně poškozeného historického papíru. Tyto zkoušky či testy byly prováděny s pomocí etanolu a lab. pipety formou kapičkové metody, kdy na povrch ručního papíru byla nakápnuta vždy standardně velká kapka etanolu a současně byl měřen čas do okamžiku jejího úplného vsání do struktury papíru. Pomocí těchto testů bylo zjištěno, že velmi savé jsou historické ruční papíry poškozené mikrobiologickou degradací a papíry vystavené dlouhodobému působení vlhkosti. Velmi savé jsou také papíry poškozené vlivem degradace železito-duběnkového inkoustu, viz Obr. příloha č.2.

Je tedy zřejmé, že pro dosažení dobré průhlednosti AJF nalepovaných na textovou část dokumentu, ať již tisku nebo rukopisu, budeme potřebovat vždy úměrně více lepidla v souvislosti se vzrůstem míry savosti daného ošetřovaného dokumentu.

V. Mechanické testování historického ručního papíru z poloviny 17. stol. „poškozeného plísněmi“ a zpevněného vícevrstvými mírně alkalickými AJF.

Pro zjištění míry zpevnění AJF na poškozené historické papírové podložce byly dále provedeny testy dvojohybu a testy tržného zatížení sady zpevňujících AJF nalepených na skartovaném historickém papíře poškozeném plísněmi (viz Tab. 10 a 11). Zkoumaný historický papír pocházel z první poloviny 17. století. Tloušťka papíru 0,16-0,21mm, savost papíru 8-19 vteřin.

Tento papír byl výrazně poškozen plísněmi pouze v okrajové části, zbylé části listů neprokazovaly významné známky poškození. Pevné nepoškozené části listů papíru byly použity na přípravu testovacích vzorků o délce 100mm a standardní šířce 15mm.

Ruční papír před zpevněním		Tloušťka (mm)	Savost (s)	Směr papíru	Počet dvojohybů	směrodatná S
		0,16-0,21	8-19	napříč/ ↔	6,38	3,55

Vz. č.	Typ AJF	Aktivační roztok	Směr jpanu	Směr papíru	Počet dvojohybů	směrodatná S
1.	1/6A7-2%,2x,H	etanol	↓	napříč	8,75	3,42
2.	1/6D1-1%,5x,H	etanol	↓	napříč	10,9	6,13
3.	1/6D1-2%,10x,H	etanol	↓	napříč	12,16	5,98

Tab.10 /Test dvojohybu „poškozeného“ historického papíru (pol.17 stol.) zpevněného mírně alkalickými AJF s Klucelem G.

Ruční papír před zpevněním		Směr papíru	Zatížení při natržení (N)	Standardní odchylka (%)	Tažnost při natržení-protažení (%)	Standardní odchylka (%)
		↔	9,6	-	1,22	-

č.	Typ AJF	Směr papíru	Zatížení při natržení (N)	Standardní odchylka (%)	Tažnost při natržení-protažení (%)	Standardní odchylka (%)
1.	2/6D1-1%,5x Herco	↔	28,4	-	3	-

Tab.11 /Test tržného zatížení „poškozeného“ histor. papíru (pol.17 stol.) zpevněného mírně alkalickou AJF s Klucelem G.

▪ Zhodnocení

Z provedených mechanických testů vyplývá, že měřené vzorky zpevněné pomocí AJF vykazují ve všech případech zlepšení svých mechanických vlastností. Ve výsledku tržného zatížení vzorku č.1 v Tab.11 je velmi dobře patrné zlepšení pevnostního parametru papíru po zpevnění pomocí AJF. Před zpevněním měl zde papír tržnou sílu pouze 9,6 (N) a protažlivost 1,22%. Po zpevnění pomocí AJF typu (2/6D1-1%,5x) jeho tržná síla vzrostla na 28,4 (N) tedy téměř na trojnásobek jeho původní tržné odolnosti a to i přes to, že použitá zpevňující AJF typu (2/6D1-1%,5x) má měřenou tržnou sílu pouze 2,7(N) a protažlivost 2,89%, viz Tab.6, vz. č.5. Z výše patrného je tedy zřejmé, že zpevnění

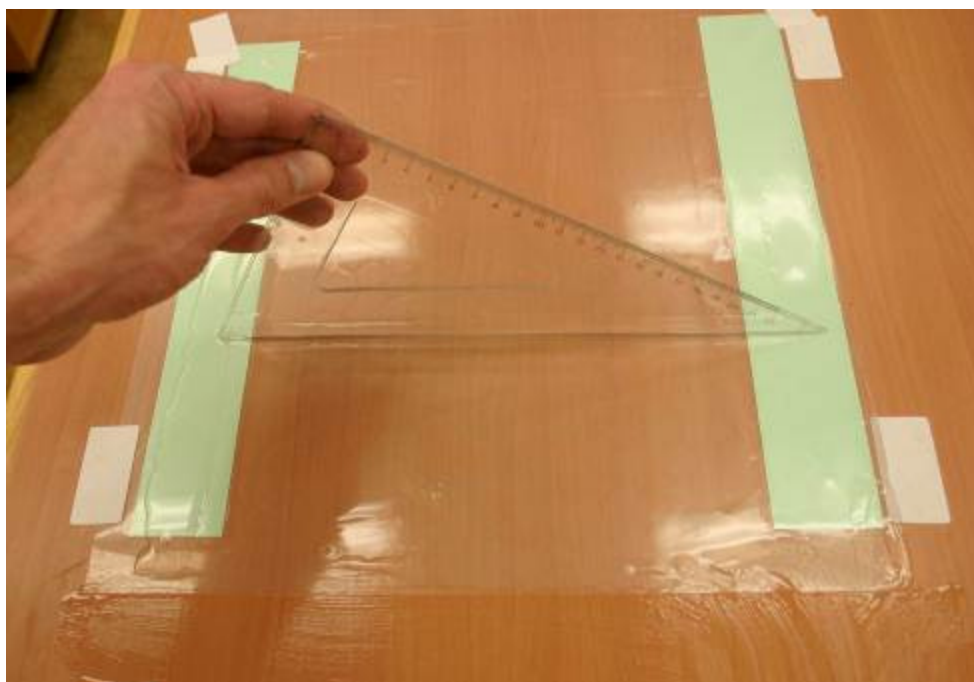
Bibliografie:

1. [ČSN ISO 9706:5](#), [ĎUROVIČ-2002:29](#), [WEBER-1997:19](#) /M.Ďurovič a kol. – Restaurování a konzervování archiválií a knih. Nakl.Paseka, 2002.

Obrázky



Obr.1 /Nanášecí plastová podložka s vodícími bariérami z papírové lepenky, zde o výšce 0,55mm.



Obr.2 /Srovnání hladiny lepidla pravítkem do výšky zaráznávacích bariér – vytvoření rovnoměrné vrstvy lepidla.



Obr.3 /Nanesený japonský papír na hladině lepidla.



Obr.4 /Snímání AJF z plastové podložky.

VI. Umělé stárnutí AJF

Vybrané druhy folií jsou podrobeny umělému stárnutí. Folie stárnou samostatně i nalepené na filtračním nebo historickém papíru.

Metodika stárnutí

Proužky folií 15mm x 100mm byly vloženy do podélně přehnutého kyselého papíru o velikosti 34mm x 135 mm. Kraje papíru byly uzavřeny kancelářskými sponkami, takže folie jsou uzavřeny v kyselém papíru. Celá sestava byla vložena do zkumavek s uzávěrem a pevně uzavřena. Zkumavky jsou umístěny v prostředí o teplotě 80 °C.

Hodnocení stárnutí.

Před stárnutím byly vzorky folií nenalepených na papíru fotografovány pod mikroskopem v procházejícím světle a u všech vzorků byla změřena jejich barevnost na bílém a černém podkladu. Kromě vlastních vzorků byly připraveny ještě kontrolní zkumavky, které jsou během stárnutí otvírány a je sledován průběh stárnutí. Tyto zkumavky obsahují folii (AJF) složenou ze tří vrstev směsného lepidla 2%Klucelu G a 2%Tylosy MH4000 (rozpuštědlo etanol:voda 1:1).

Kontrolní vzorky byly odebrány po 8 (K1) a 75 (K2) dnech stárnutí. Barevná změna folií je zachycena v tabulce č.

Vzorek	ΔL	Δa	Δb	ΔE
K1 bílý podklad	-0,12	-0,28	1,54	1,57
K1 černý podklad	1	0	0,1	1,01
K2 bílý podklad	-0,29	-0,41	2,36	2,41
K2 černý podklad	0,21	-0,03	0,44	0,49

Tab.12 (Barevná změna kontrolních folií během umělého stárnutí)

Z výsledků je zřejmé, že u folií dochází během stárnutí k barevným změnám v závislosti na době stárnutí. Ani po 75 dnech stárnutí nejsou však tyto změny průkazné.

Folie byly před a po stárnutí vyfotografovány pod mikroskopem v procházejícím světle (Obr.č.1-4).

Po 8 dnech stárnutí nejsou na Obr.č.2 patrné žádné změny struktury folie. Po 75 dnech stárnutí (Obr.č.4, pravá část) folie ztrácí svou celistvost dochází k částečnému narušení struktury.

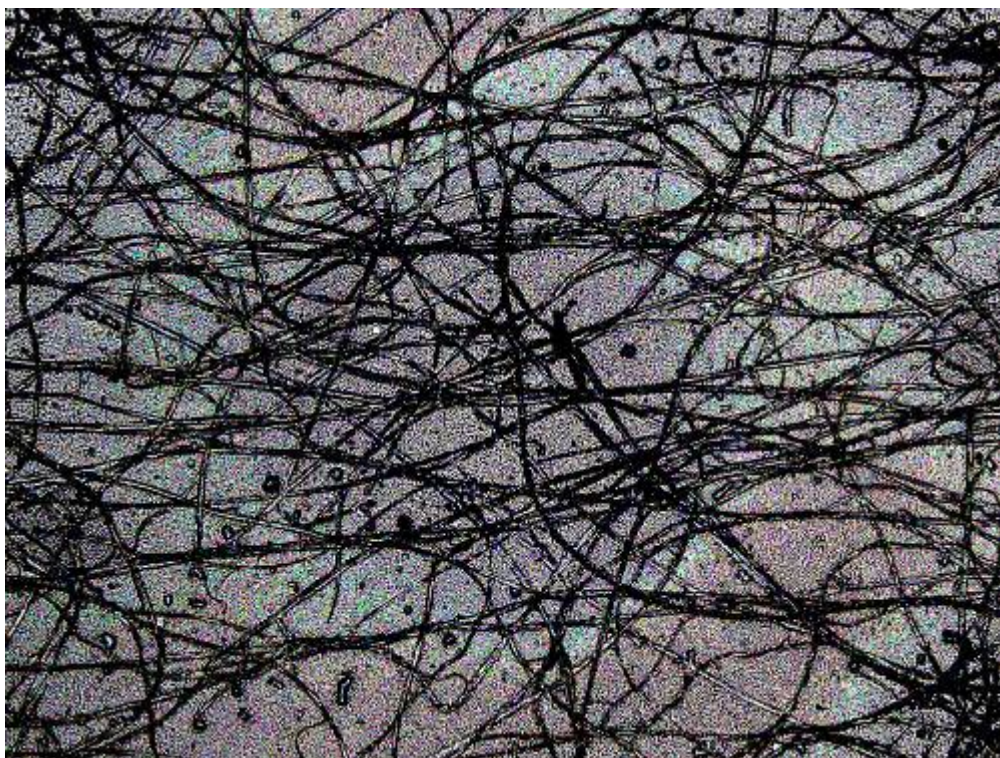
Na základě zhodnocení pozorovaných změn bylo rozhodnuto, že ve stárnutí se bude pokračovat ještě nejméně jeden měsíc.



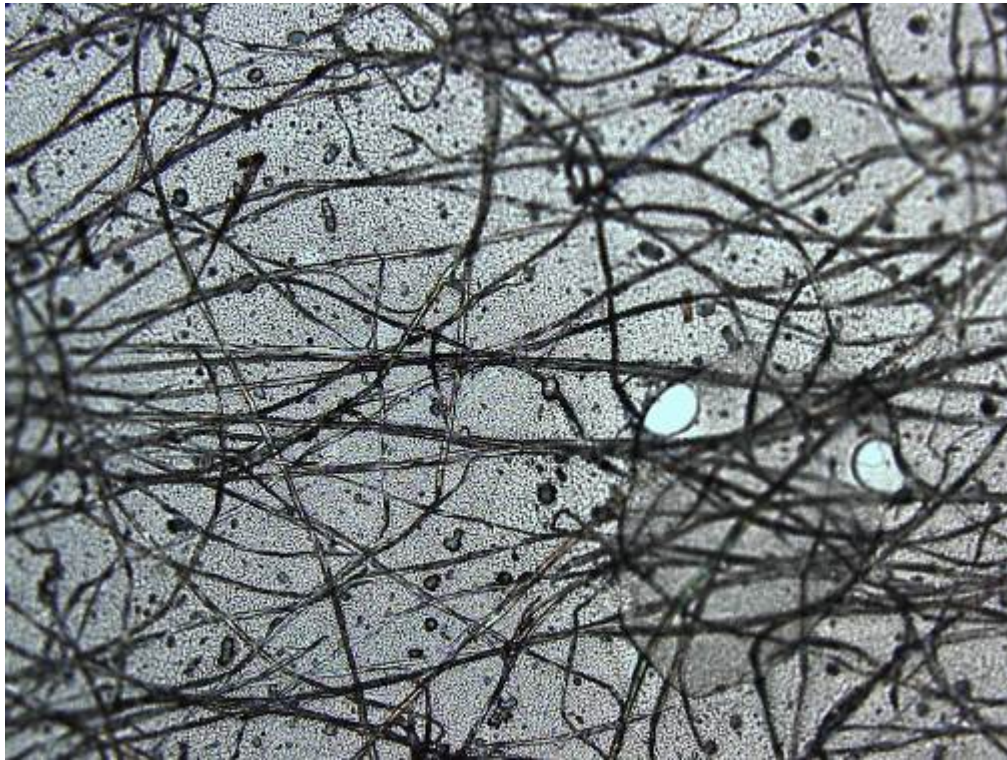
Obr.č. 1 – Folie K1 před stárnutím, zvětšení 40x



Obr.č.2 – Folie K1 po stárnutí 8 dnů, zvětšení 40x

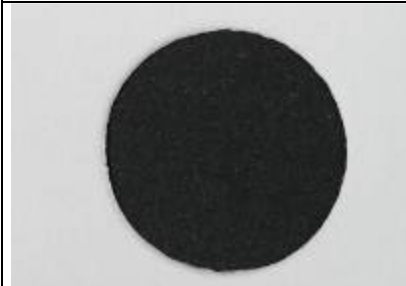

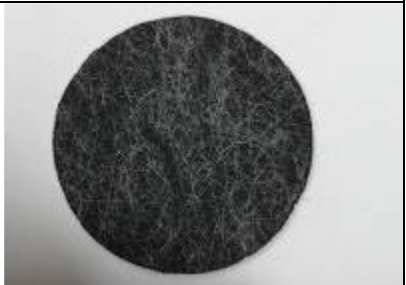


















Obr.č.3 – Folie K2 před stárnutím



Obr. č.4 –Folie K2 po 75 dnech stárnutí

Obrazové přílohy

Vzorky AJF nalepené na černý karton /str.1		
		
Černý karton	1/6A7-2%,2x/Herco (aktivace: etanol)	1/6A7- 2%,3x/Herco (aktivace:etanol)
		
1/6D1-1%,5x/Herco (aktivace: etanol)	1/6D2-1%,10x/Herco (aktivace:etanol)	1/3A7-2%,2x/Herco (aktivace:50%etanol/voda)
		
1/1D1-1%,5x/Herco (aktivace:50%etanol/voda)	1/6A7-2%,2x/Herco (aktivace:75%etanol/voda)	1/6A7-2%,3x (aktivace:75%etanol/voda)
		
1/6D1-2%,5x/Herco (aktivace:75%etanol/voda)	1/6D2-1%,10x/Herco (aktivace:75%etanol/voda)	1/6A7-2%,2x/Herco (aktivace:50%etanol/voda)

Vzorky AJF nalepené na černý karton /str.2		
		
Černý karton	1/6A7-2%,3x/Herco (aktivace:50%etanol+voda)	1/6D1-1%,5x/Herco (aktivace:50%etanol+voda)
		
1/6D2-1%,10x/Herco (aktivace:50%etanol+voda)	1/3A7-2%,3x/Herco (aktivace:50%etanol+voda)	1/1A7-2%,3x (aktivace:etanol)
		
1/1D2-1%,10x (aktivace:etanol)		

Obr. příloha č.1 /Vzorky AJF nalepené na černém kartonu.

Test savosti historických ručních papírů

Vzorek č.	Obrázek	Komentář (fyzický stav papíru)	Měřené místo (fyzický stav)	Tloušťka papíru (mm)	Savost papíru (s)
1.		Papír silně poškozen korozí železito-duběnkového inkoustu (16.stol. – Rakovnický kancionál)	okraje listu (nepoškozeny)	0,2-0,22	20
			mezi řádky (malé poškození)	0,2-0,22	20-30
			v písmu (značné poškození)	<u>0,2-0,22</u>	<u>10-15</u>
2.		Papír silně poškozen korozí železito-duběnkového inkoustu (14.stol.)	okraje listu (nepoškozeny)	0,18-0,23	60-70
			mezi řádky (malé poškození)	0,18-0,23	40-50
			v písmu (značné poškození)	<u>0,19-0,26</u>	<u>10-20</u>
3.		Papír silně poškozen plísněmi po okrajích listu. Ve hřbetní části je papír poškozen jen velmi slabě. (17.stol.)	slabé poškození plísní	0,15	13-19
			značné poškození plísní	<u>0,15</u>	<u>6</u>
			slabé poškození plísní	0,22	8-10
			značné poškození plísní	<u>0,22</u>	<u>4-6</u>
4.		Papír nepoškozen. (19.stol.)	okraje listu	<u>0,13-0,17</u>	<u>60-75</u>
			v písmu	0,13-0,17	60-75
5.		Papír nepoškozen (18.stol.)	okraje listu	<u>0,14-0,17</u>	<u>30-35</u>
			v textu	0,14-0,17	30-35

Obr. příloha č.2 /Test savosti historických ručních papírů