

# METODY VIZUALIZACE LATENTNÍCH OTISKŮ PRSTŮ NA NÁBOJNICÍCH

Článek je věnován 70. výročí založení Vysoké školy chemicko-technologické v Praze.

**GABRIELA BRONCOVÁ a TEREZA SLANINOVÁ**

Ústav analytické chemie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6  
Gabriela.Broncova@vscht.cz, ter.slavinova@seznam.cz

Došlo 12.1.22, přijato 24.6.22.

Klíčová slova: otisk prstu, metoda zviditelnění, nábojnice, forenzní analýza

● <https://doi.org/10.54779/chl20220599>

## Obsah

1. Úvod
2. Shrnutí metod vizualizace latentních otisků prstů
  - 2.1. Aplikace Gun blue
  - 2.2. Aplikace kyanoakrylátových par
  - 2.3. Depozice elektropolymerních filmů
3. Metody vizualizace latentních otisků prstů na nábojnicích
4. Závěr

## 1. Úvod

Otisky prstů zanechané konečky lidských prstů po dotyku s povrchem jsou velmi důležitými vodítky při forenzním vyšetřování na místě činu kvůli své jedinečnosti a stabilitě<sup>1–3</sup>. Otisky prstů se skládají z potu, zbytků přirozené sekrece a exogenních složek z prostředí, z nichž některé jsou zřídka vidět. Navzdory rozvoji metod analýzy DNA je porovnávání otisků prstů stále nejobvyklejším a důvěryhodným způsobem identifikace osob při objasňování trestných činů a jiných kriminalisticky relevantních událostí. Z pohledu kriminalistiky je nejdůležitějším krokem vizualizace latentních (skrytých) otisků prstů (LOP) na kovových plochách, které se běžně používají při trestné činnosti (zbraně, náboje, nože)<sup>4–6</sup>. Největší význam má však možnost vizualizace otisků prstů na nábojnicích. Po uchopení náboje, nabití zbraně a střelbě jsou otisky prstů neviditelné a střelec neznámý. Otisky prstů nanesené na kovovém povrchu, který má navíc zakřivenou plochu, může proces vizualizace značně zkomplikovat, a proto jsou vyvíjeny stále nové metody, které by umožňovaly kvalitní zviditelnění otisků prstů. Všechny běžně používané metody snímání LOP byly popsány v tomto časopise v publikaci<sup>3</sup>. V této práci jsou popsány nejvýznamnější a nejhodnější metody vizualizace otisků prstů nanesených

na kovových substrátech, a to především na nábojnicích. Slibnou cestou jsou techniky Gun blue<sup>7–9</sup>, kombinované techniky s kyanoakrylátem<sup>8,9</sup> a nověji také elektrochemická depozice polymerního filmu potenciostaticky<sup>10,11</sup> nebo cyklickou voltametrií<sup>10,12</sup>, která je rychlá, levná a použitelná v terénu (obr. 1).

## 2. Shrnutí metod vizualizace latentních otisků prstů

Identifikace otisku prstu je založena na přítomnosti znaků, které odpovídají detailům druhé úrovně papírných linií<sup>1,2</sup>. Otisky prstů lze také zkoumat na první a třetí úrovni detailu; nelze je však použít k jednoznačné identifikaci, ale pouze k vyloučení pachatele<sup>4,5</sup>. V současné forenzní vědě se k vizualizaci latentních otisků používá několik technik; obecně se dělí na metody optické, fyzikální, fyzikálně-chemické a chemické<sup>6,13</sup>. Kromě konvenčních technik (práškování, kyanoakrylátové páry, ninhydrin) jsou používány a ve studiích popsány některé novější a sofistikovanější metody. Volba vhodné techniky závisí především na charakteru povrchu, na kterém má být otisk zviditelněn/vizualizován<sup>6</sup>.

Techniky nedestruktivní optické vizualizace využívají optických vlastností otisků prstů<sup>1,6,14</sup>. Na rozdíl od jiných technik poskytují optické metody také informace o molekulární struktuře otisku prstu. Tato skupina zahrnuje metody založené na IČ a UV absorpci, Ramanově rozptylu a další<sup>6</sup>. K vizualizaci adhezivních vlastností otisků prstů se používají fyzikální techniky, kdy specifická činidla ulpívají na mastných složkách otisku<sup>14</sup>. Příklady fyzikálních metod jsou Kelvinova skenovací sonda nebo vakuové nanášení kovů<sup>6</sup>. Při použití fyzikálně-chemických metod vizualizace je chemické činidlo navázáno nebo rozpuštěno v oblasti aplikovaného otisku prstu<sup>1</sup>. Do této skupiny metod patří kyanoakrylátové páry, jodové páry, vícenásobná depozice kovů, depozice elektropolymerních filmů a další<sup>6</sup>. Poslední skupina obsahuje chemické metody, které využívají přímé reakce chemického činidla se složkami otisků prstů (potu) za vzniku barevného produktu<sup>1,2</sup>. Těmito běžně používanými činidly jsou především ninhydrin, dusičnan stříbrný, patinovací roztok nebo roztok Gun blue (cit. <sup>7–9,15</sup>). Dnes existuje jen několik technik, které dokážou úspěšně zviditelnit LOP na nábojnicích<sup>7–12</sup> a ty budou představeny v následujícím textu.

### 2.1. Aplikace Gun blue

Metoda vizualizace otisků pomocí Gun blue patří mezi chemické zviditelnění otisků, podobně jako patinovací roztok funguje i Gun blue. Jedná se o roztok kyseliny seleničité, kyseliny dusičné, síranu měďnatého a vody<sup>6–8,15</sup>,



Obr. 1. Strategie elektrochemické vizualizace LOP pomocí polymerního filmu (PNR) na vystřelených nábojnicích<sup>12</sup>

pokud se aplikuje na kovový substrát obsahující otisky<sup>7,8,15</sup>, primárně reaguje se substrátem. Jak kyselina seleničitá, tak i měďnaté ionty mohou oxidovat většinu kovů (povrchy ze zinku, hliníku, železa)<sup>7,8</sup>, proto se tyto dvě složky samy redukují za vzniku selenidu měďného<sup>5</sup>. Kovový povrch se poté zbarví tmavomodře, zatímco oblast latentních otisků zůstane nedotčena díky přítomnosti mazových složek<sup>6–8</sup>. Výsledky vizualizace otisků se mohou lišit v důsledku různého ředění jednotlivých složek Gun blue<sup>6</sup>.

Zajímavostí vizualizace pomocí Gun blue je vliv teploty při aplikaci na mosazné disky. Experimenty prokázaly, že při nižších teplotách se zbarvil okolní povrch (obr. 2a a 2c), zatímco při použití vyšší teploty (nad 200 °C) může docházet k vizualizaci otisku reverzním vývojem, v tomto případě došlo ke zbarvení oblasti otisku prstu za vzniku pozitivního obrazu (obr. 2b a 2d)<sup>9</sup>.

## 2.2. Aplikace kyanoakrylátových par

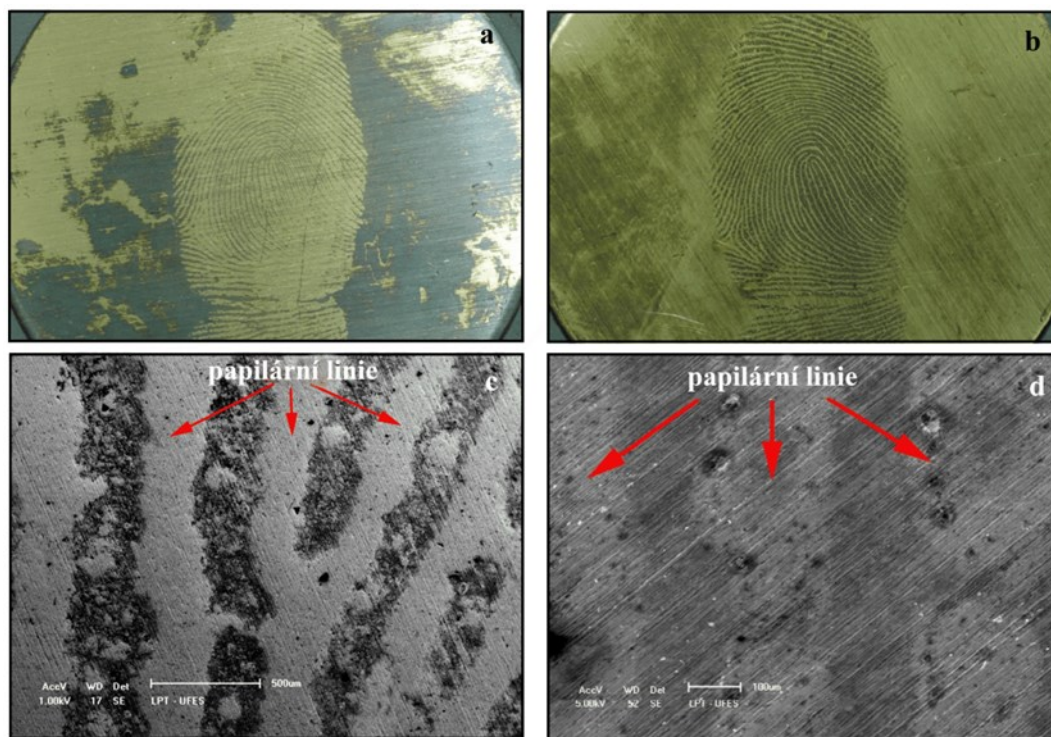
Tato metoda vizualizace pomocí kyanoakrylátových par je metodou fyzikálně-chemickou, kdy dochází k navázání použitého chemického činidla na určitou složku otisku prstu<sup>1,2</sup>. Nicméně, na rozdíl od chemických metod, nedochází k přímé reakci, ale chemické činidlo se v dané složce rozpouští nebo se na ni naváže, tím dojde k vizualizaci otisku<sup>1</sup>.

Aplikace kyanoakrylátových par je nejčastěji používanou technikou<sup>1,2,5,8</sup>. K vyvíjení par se nejvíce používají ethylestery kyanoakrylátu, které jsou součástí vteřinových

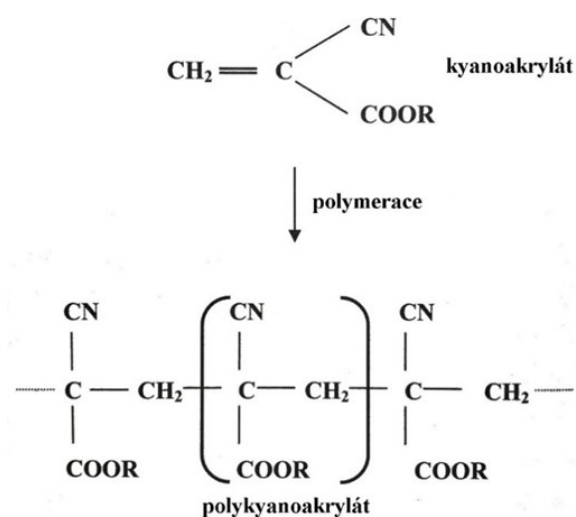
lepidel (tzv. Superglue)<sup>1,2,8</sup>. Tato metoda se provádí v dýmové komoře, ve které se kyanoakrylát postupně odpařuje a selektivně polymeruje v oblastech nanesených otisků (potně-tukové složky)<sup>6,9,15,16</sup>. Schéma polymerace kyanoakrylátu je zobrazeno na obr. 3. Tvorba bílého zpolymerovaného kyanoakrylátu tak umožňuje vizualizaci hřebenů papilárních linií<sup>2,5,8</sup> a zároveň chrání otisk před degradací. Pro urychlení procesu dýmání v komoře je možné použít vyšší teplotu<sup>17</sup>, případně vakuové pumpy, která sníží tlak<sup>8,17</sup>.

Struktura vzniklého polymeru je značně ovlivněna chemickým složením naneseného otisku<sup>17</sup>. Nejlepší výsledky poskytují ekrinní otisky, protože polymerace kyanoakrylátu vytváří vláknité usazeniny na papilárních liniích. Mazové otisky naopak tvoří kruhové struktury<sup>6,17</sup>. Hlavní výhodou této metody je její použitelnost téměř na všech površích a rychlost zviditelnění (20–30 min)<sup>6</sup>. Na druhou stranu je metoda kyanoakrylátových par značně limitována na mokré neporézní povrchy<sup>1,7,16,18</sup>, protože vyšší vlhkost napomáhá získání jasnějších detailů otisku<sup>5,8,17,19</sup>.

Největším problémem při použití kyanoakrylátu je častá nutnost použití další metody pro zlepšení kvality zviditelněných otisků. Jednou z možností je použití modifikovaného kyanoakrylátu Lumicyano, což je fluorescenční činidlo<sup>5,6</sup>, které poskytuje zvýšení kvality otisků na hliníkovém povrchu. Pravděpodobně se jedná o lepší volbu oproti dvoustupňovým metodám využívajícím kyanoakrylát v prvním kroku a jinou techniku v druhém kroku.



Obr. 2. Vizualizace otisku prstu na mosazném disku pomocí Gun blue: a) při 63 °C negativní obraz; b) při 200 °C pozitivní obraz. Zobrazení pomocí SEM: c) při 63 °C; d) při 200 °C (upraveno podle cit.<sup>9</sup>)



Obr. 3. Schéma polymerace kyanoakrylátu za vzniku polykyanoakrylátu (upraveno podle cit.<sup>1</sup>)

Porovnání vizualizace klasickým kyanoakrylátem a modifikovaným Lumicyanem je zobrazeno na obr. 4. Jak je patrné z obrázku 4a, použitím Lumicyanu je možné získat zviditelněný otisk s vyšším kontrastem<sup>6</sup>. Pro získání kvalit-

nějšího otisku je také možné použít různá fluorescenční barviva<sup>4,5,16</sup>, kterými jsou např. Basic Yellow 40, Rhodamin 6G (cit.<sup>5,8,17</sup>), Safranin O, Basic Red 14 (cit.<sup>4,5</sup>) nebo Sudan Black<sup>17</sup>.



Obr. 4. Zviditelněný otisk prstu na mosazném povrchu pomocí: a) Lumicyanu; b) klasického kyanoakrylátu (upraveno podle cit.<sup>6</sup>)



### 2.3. Depozice elektropolymerních filmů

Depozice elektropolymerních filmů je metoda fyzikálně-chemická, která je testována v posledních letech nově ve spojení s vizualizací otisků na kovových površích<sup>4,15,16</sup>. Principem metody je nanášení vodivého polymeru na požadovaný povrch obsahující otisk (bohatý na lipidové složky), kdy je postupně vyvíjen negativní obraz otisku prstu, protože přítomnost mastných kyselin v LOP působí jako nevodivá maska bránící elektrochemickému procesu<sup>5,14,16,20</sup>. K nanosení polymerního filmu dojde pouze na pozadí mimo oblasti otisku<sup>4-6,14</sup>. Tloušťka naneseného filmu by měla být vždy nižší ve srovnání s otiskem<sup>4,5</sup>, protože silnější filmy poskytují nižší kvalitu a jasnost zviditelněného otisku<sup>14</sup>. Po nanosení filmu je vzorek s otiskem umístěn do druhého roztoku bez monomeru, čímž následně dochází při změnách vkládaného potenciálu ke změně barvy polymeru za vzniku kontrastu a tím lepšího zviditelnění, kdy výsledný otisk (obrys) lze vidět pouhým okem<sup>4,6,14,16</sup>. Obecně lze říci, že některé zásadní vlastnosti LOP z hlediska jejich vizualizace lze změnit vyladěním okolních podmínek (aplikovaný potenciál, pH atd.). Celé schéma postupné vizualizace otisku je uvedeno v práci<sup>3</sup>.

Velkou výhodou této metody je schopnost zviditelněvat otisky na celé řadě kovových substrátů (bronz, mosaz, olovo, měď, nikl). Jedná se především o kovy, které se běžně používají při výrobě nábojnic<sup>6</sup>. Elektrochemická depozice vodivých polymerů se zdá být komplementární ke konvenčním metodám, které se běžně používají v praxi<sup>4-6,16</sup>, protože umožňují zkoumání LOP s vysokým rozlišením detailů druhé úrovně, které se využívají při identifikaci<sup>4,5,14</sup>. V některých případech je možné zaregistrovat i jemnější detaily třetí úrovně<sup>4,5,12</sup>.

Mezi nejvíce používané polymery v této oblasti výzkumu patří polypyrrol (PPy)<sup>13,15,16,20</sup>, polyanilin (PANI) (cit.<sup>4-6,14</sup>) nebo polyethyldioxythiofen (PEDOT)<sup>4-6,16</sup>, které jsou při zviditelnění účinné na starých i čerstvých otiscích<sup>6</sup>. Některé vodivé polymery jsou polychromní, což znamená, že se vyskytují v několika barevných formách dle oxidačního stavu<sup>3,5</sup>. Méně známým polymerem je poly-

(neutrální červeň) (PNR)<sup>21</sup>, která byla v souvislosti s vizualizací otisků prstu prvně použita v práci<sup>22</sup>. Ukázky vizualizace pomocí polymerních filmů jsou na obr. 5.

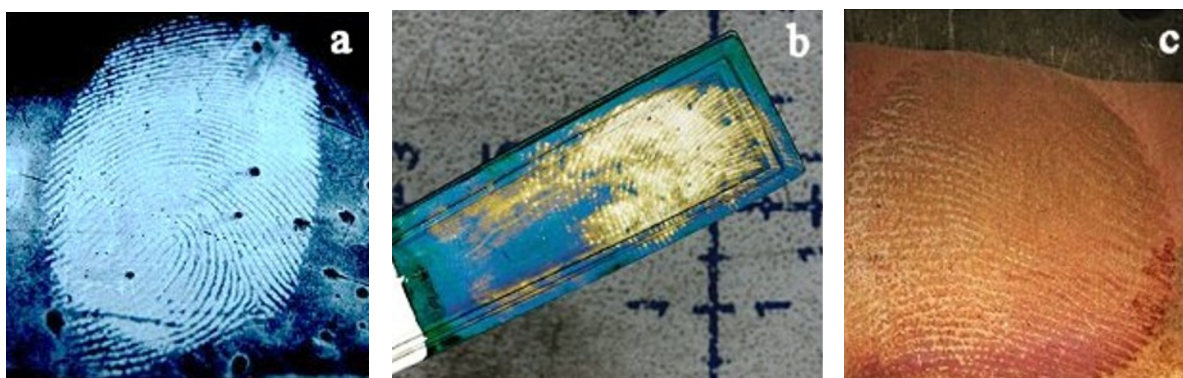
Vzhledem k vysoké elektrochemické aktivitě monomerů a následně polymerů se tyto materiály používají jako citlivé vrstvy nebo redoxní mediátory s dobrými vlastnostmi přenosu elektronů<sup>24</sup>. Polymerní filmy kombinují řadu vlastností, které jsou důležité pro forenzní aplikace. Mezi tyto výhody patří dobrá adsorpce na různé kovové povrchy<sup>24,25</sup>, vysoká mechanická pevnost<sup>25</sup>, biokompatibilita, dlouhodobá stabilita a selektivita<sup>21</sup> na komponenty/druhy specifické pro jednotlivce a užitečné pro jejich identifikaci.

Elektropolymerizace nabízí řadu výhod jako je a) řízení procesu polymerace, b) syntéza na tenké vrstvě, c) jednoduchoť přípravy polymeru a d) dobrá adheze polymeru ke kovovým povrchům. Výhodou aplikace polymerních filmů na různé povrchy je také jejich výrazná barva<sup>26</sup>.

Při optimalizaci procesu vizualizace otisku prstu je nutné najít ideální podmínky, za kterých se získá nejviditelnější otisk prstu a zároveň je možné vizualizaci opakovat. Mezi základní parametry, které ovlivňují proces vizualizace, patří výběr základního elektrolytu, koncentrace monomeru, vkládaný potenciál nebo použité potenciální rozsahy cyklizace a počet cyklů. V průběhu experimentů je nutné tyto parametry systematicky měnit a optimalizovat<sup>12</sup>.

### 3. Metody vizualizace latentních otisků prstů na nábojnicích

Řada studií potvrzuje, že vizualizace otisků prstů na vystřelených nábojnicích představuje obtížný úkol, zejména kvůli poškození uložených otisků prstů<sup>6,7,16</sup>. Míra úspěšné vizualizace otisků prstů na nábojnicích je tak v běžných případech nízká<sup>6-8,16</sup>. Ve studiích jsou srovnávány především rozdíly ve vizualizaci na vystřelených a nevystřelených nábojnicích<sup>6,8,9</sup>. Obecně platí, že větší úspěšnosti vizualizace je možné dosáhnout na nevystřelených nábojnicích oproti těm vystřeleným<sup>6,8,9</sup>. Nicméně na místě činu je větší pravděpodobnost nalezení vystřelených náboj-



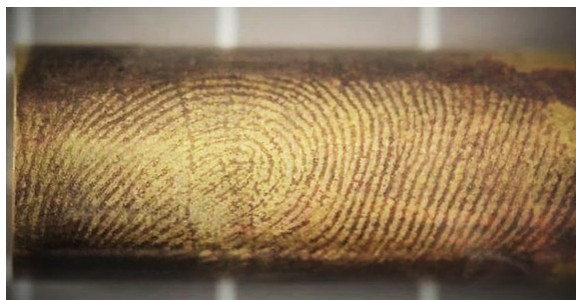
Obr. 5. Vizualizace otisku prstu na kovovém povrchu při použití a) PEDOT (upraveno podle cit.<sup>4</sup>), b) PANI (upraveno podle cit.<sup>23</sup>) a c) PNR (upraveno podle cit.<sup>22</sup>)

nic<sup>6</sup>. Vizualizace otisků prstů na vystřelených nábojnicích je daleko obtížnější vzhledem k působení tepla, tření<sup>6-8,20</sup> a tlaku během vystřelení. V okamžiku vystřelení se průměr nábojnice zvětšuje v důsledku vysokého vnitřního tlaku<sup>8</sup>. Takové procesy pravděpodobně degradují přítomné otisky<sup>6-8</sup>. U některých střelných zbraní (samopal, pistole) se zároveň předpokládá, že část otisku na nábojnici je poškozena již během samotného nabíjení<sup>6</sup>.

Ve studii<sup>8</sup> byla zkoumána aplikace kyanoakrylátových par pro vizualizaci otisků na mosazných a niklových nábojnicích. Zatímco na niklových nábojnicích bylo dosaženo dobrých výsledků, vizualizace na mosazných nábojnicích nebyla úspěšná. Hodnotily se také rozdíly ve vizualizaci otisků klasickým kyanoakrylátem v porovnání s použitím fluorescenčních barviv v druhém kroku. Fluorescenční barviva umožňují lepší kontrast a tím i vizualizaci<sup>8</sup>.

Metoda Gun blue se zdá být pravděpodobně nejlepší metodou vizualizace otisků na mosazných površích (mosazné nábojnice)<sup>6-8</sup>. Gun blue dokonce poskytuje dobré výsledky i na vystřelených nábojnicích (viz obr. 6)<sup>6</sup>.

Beresford a spol. byli první a jedni z mála, kteří zkoumali vizualizaci latentních otisků na mosazných patronách pomocí elektrochromních vodivých polymerů, konkrétně PANI (viz obr. 7)<sup>10</sup>. Byla testována potenciostatická (za konstantního potenciálu 0,6 V) i potenciodynamická (cyklování potenciálu v mezích -0,2 až 0,6 V) metoda vizualizace v prostředí šťavelanu sodného. Provedené experimenty porovnávají vizualizaci na nevystřelených a vystřelených nábojnicích. U nevystřelených nábojnic byly získány poměrně kvalitní snímky papilárních linií, ale u vystřelených nábojnic byly vizualizovány pouze částečné otisky<sup>10</sup>.



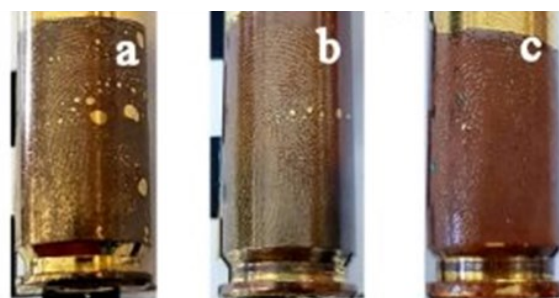
Obr. 6. Otisk prstu na mosazné nábojnici získaný pomocí Gun blue (upraveno podle cit.<sup>6</sup>)



Obr. 7. Fotografie vizualizace otisku prostřednictvím potenciostatické depozice PANI (koncentrace monomeru 0,3 M) při 0,6 V z 0,1 M Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> po dobu 85 s (upraveno podle cit.<sup>10</sup>)

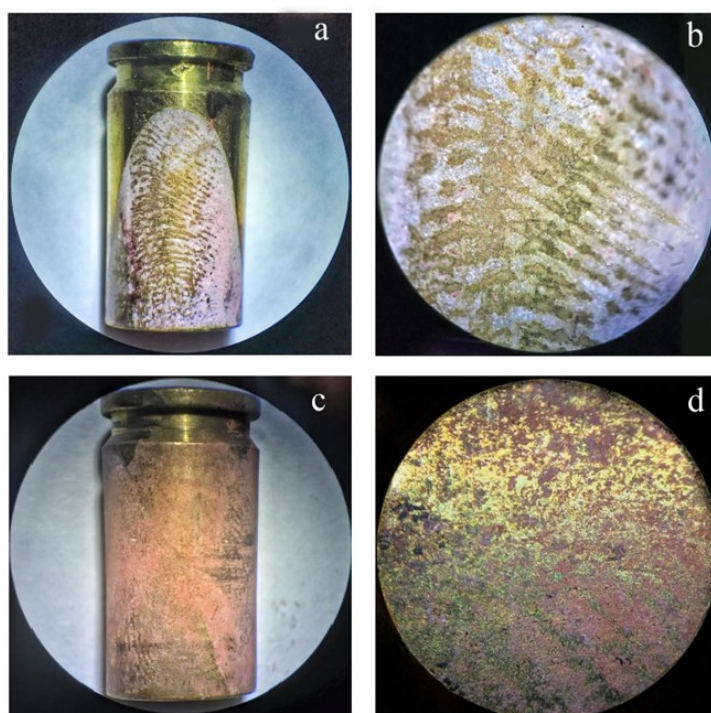
Costa a spol.<sup>11</sup> použili pro vizualizaci latentních otisků prstů na mosazných nábojnicích elektrodepozici poly(3,4-ethylendioxythiofenu) (PEDOT). PEDOT byl elektrolyticky nanášen přímou oxidací monomeru z vodného roztoku LiClO<sub>4</sub> chronoamperometricky (potenciostatická metoda) při potenciálu 0,90 V proti Ag/AgCl (viz obr. 8). Z analýzy snímků vizuální kontrolou (Bandeyho škála), morfologické struktury (SEM) a úpravy snímků pomocí forenzního softwaru bylo možné identifikovat vzory papilárních linií, rozlišení třídy otisků prstů a markantů/identifikačních značek vytvořených otisků prstů v dostatečném množství (79 % stupně 3 nebo 4) a kvalitě pro bezpečnou a robustní konfrontaci s jinými daktyloskopickými snímky pro identifikaci jednotlivce. Taková strategie je zajímavá pro aplikaci ve forenzní biometrii pro vývoj latentních otisků prstů na mosazných nábojnicích, protože poskytuje snímky s vysokým rozlišením, umožňující jasnou vizualizaci daktyloskopických vzorů a markantů<sup>11</sup>.

Další, kteří se zabývali zviditelněním otisků prstů na nábojnicích vyrobených z mosazi z důvodu velkého uplatnění v oblasti kriminalistiky, byli Broncová a spol.<sup>12,22</sup>. Pilotní práce popisuje možnost vizualizace otisků na nábojnicích za použití elektrochemické depozice PNR filmů<sup>22</sup>. Další studie je pak zaměřená na a) optimalizaci podmínek elektrochemického ukládání PNR na mosazné povrchy, b) ATR-FTIR spektroskopickou charakterizaci substrátů modifikovaných PNR a c) identifikaci charakteristických detailů na vizualizovaných otiscích prstů na vypálených mosazných nábojnicích<sup>12</sup>. Snížení kyselosti podpůrného elektrolytu, aplikace úzkého potenciálového okna v 6 cyklech a koncentrace NR 0,002 M vedla k optimální tloušťce polymerního filmu a následně ke kvalitativní viditelnosti uloženého otisku prstu (viz obr. 9). Otisk prstu je dobře viditelný bez dalších úprav díky barvě polymerního filmu. Spektroskopická charakterizace ukázala přítomnost charakteristických pásů a) otisků prstů, což dokládá jejich molekulární složení a b) vzniklého polymerního filmu, což ukazuje na polymerační reakci NR. Infračervená spektra potvrzují mnohem slabší přilnavost polymeru k oblasti otisků prstů ve srovnání se silnou přilnavostí k samotnému mosaznému povrchu. Kombinace spektroskopického a elektrochemického přístupu je slibným nástrojem, který



Obr. 8. Obrázky vizualizovaných otisků prstů elektrodepozicí PEDOT na mosazných nábojnicích během stárnutí vzorku: a) 1 den, b) 7 a c) 15 dní při použití potenciálu 0,9 V po dobu 180 s (upraveno podle cit.<sup>11</sup>)



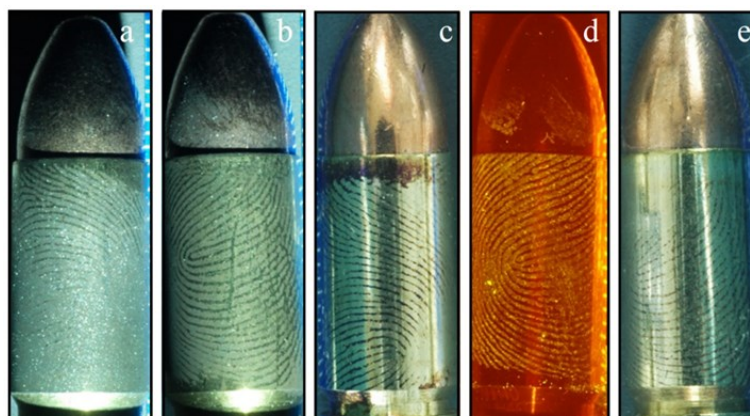


Obr. 9. Vizualizované otisky prstů na mosazných vystřelených nábojnicích. Snímky byly pořízeny binokulární lupou: a) a c) zvětšení 10×; b) a d) zvětšení 30×. Porovnání dvou různých otisků prstů: a) a b) otisk nanesen po vystřelení (nový otisk experimentátora); c) a d) otisk nanesen před vystřelením (neznámý střelec) (upraveno podle cit.<sup>12</sup>)

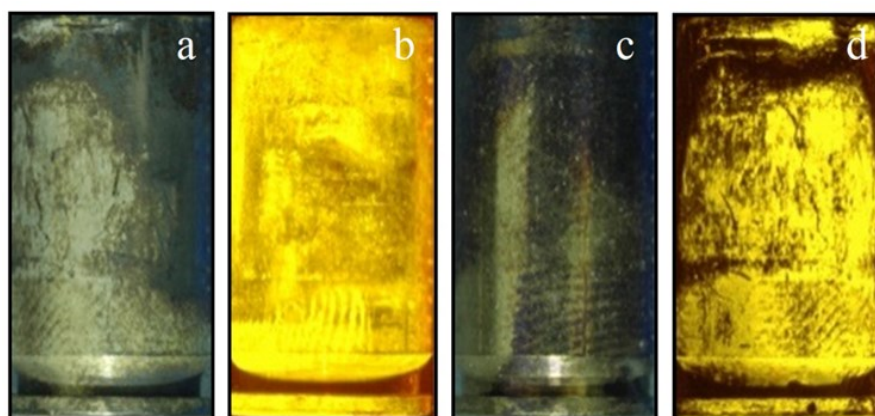
Lze efektivně využít ve forenzní oblasti z hlediska identifikace otisků prstů.

Stejně jako další metody, i vodné elektrolyty (např. NaOH) byly zkoumány z hlediska vizualizace otisků na vystřelených a nevystřelených nábojnicích. Použití vodných elektrolytů na nevystřelené nábojnice poskytuje poměrně dobrou vizualizaci otisků, nicméně v případě vystřelených nábojnic je situace obtížnější<sup>6</sup>.

Ve většině studií s nábojnicemi byly zkoumány především kombinace více metod pro získání lepších výsledků zviditelnění otisků. Jak již bylo řečeno, kvalitnější vizualizace je možné dosáhnout na nevystřelených nábojnicích (obr. 10). V případě vystřelených nábojnic byly získány otisky horší kvality, protože došlo k výraznému zničení otisků (obr. 11). Nejlepší výsledky poskytuje kombinace kyanoakrylátu v prvním kroku, protože kyanoakrylát chrání otisky před zničením, s dalšími metodami<sup>9</sup>.



Obr. 10. Vizualizace otisků na nevystřelených mosazných nábojnicích použitím více metod: a) kyanoakrylát a běžný prášek; b) kyanoakrylát a magnetický prášek; c) kyanoakrylát a Gun blue; d) kyanoakrylát a fluorescenční barvivo Basic Yellow 40; e) Gun blue (upraveno podle cit.<sup>9</sup>)



Obr. 11. Vizualizace otisků na vystřelených mosazných nábojnicích použitím více metod: a) kyanoakrylát a Gun blue; b) kyanoakrylát a fluorescenční barvivo Basic Yellow 40; c) Gun blue; d) kyanoakrylát, Gun blue a fluorescenční barvivo Basic Yellow 40 (upraveno podle cit.<sup>9</sup>)

#### 4. Závěr

Pro vizualizaci latentních otisků prstů na vystřelených nábojnicích doposud neexistuje vhodná technika zviditelnění, proto jsou hledány stále nové a účinné metody vizualizace. Obecně je tedy nutné konstatovat, že ve většině případů je možné spíše dosáhnout lepšího zviditelnění otisků na nevystřelených nábojnicích oproti těm vystřeleným. Nicméně i přes všechna tato negativa byly získány v některých studiích i pozitivní výsledky zviditelněných otisků. Prostorová depozice látky (kyanoakrylát, Gun blue; fluorescenční barvivo a jejich kombinace) nebo selektivní elektrodepozice barevných filmů (PANI, PEDOT, PNR) jsou slibnou cestou s vysokou rozlišovací schopností, jednoduchostí, nízkou cenou a nedestruktivností, která je vhodná pro zvýraznění latentních otisků prstů na hladkých i drsných kovových površích nábojnic. Možnost využití některé výše uvedené metody vizualizace otisků prstů na vystřelených nábojnicích může nabídnout v budoucnu uplatnění při vyšetřování trestných činů.

#### LITERATURA

1. Straus J., Porada V., Fürbach M., Nožička V., Rudáš Z., Suchánek J., Vavera F., Veselá J.: *Kriminalistická daktyloskopie*. Policejní akademie ČR, Praha 2005.
2. Konrád Z., Porada V., Straus J., Suchánek J.: *Kriminalistika. Teorie, metodologie a metody kriminalistické techniky*. Aleš Čeněk s.r.o., Plzeň 2014.
3. Slaninová T., Broncová G., Straus J., Shishkanova T. V.: *Chem. Listy* 113, 530 (2019).
4. Brown R. M., Hillman A. R.: *Phys. Chem. Chem. Phys.* 14, 8653 (2012).
5. Sapstead R. M., Corden N., Hillman A. R.: *Electrochim. Acta* 162, 119 (2015).
6. Christofidis G., Morrissey J., Birkett J. W.: *J. Forensic Sci.* 63, 1616 (2018).
7. James R. M., Altamimi M. J.: *Forensic Sci. Int.* 257, 385 (2015).
8. Champod C., Lennard C. J., Margot P., Stoilovic M.: *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*. CRC Press LLC, Boca Raton 2004.
9. Girelli C. M. A., Lobo B. J. M., Cunha A. G., Freitas J. C. C., Emmerich F. G.: *Forensic Sci. Int.* 250, 17 (2015).
10. Beresford A. L.: *Ph.D. Dissertation, The Electrochromic Enhancement of Latent Fingerprints on Metal Surfaces*. Department of Chemistry University of Leicester, Leicester, UK, 2013. dostupné online: [https://leicester.figshare.com/articles/thesis/The\\_Electrochromic\\_Enhancement\\_of\\_Latent\\_Fingerprints\\_on\\_Metal\\_Surfaces/1012657](https://leicester.figshare.com/articles/thesis/The_Electrochromic_Enhancement_of_Latent_Fingerprints_on_Metal_Surfaces/1012657), staženo 20. 8. 2021.
11. Costa C. V., Assis A. M. L., Freitas J. D., Tonholo J., Ribeiro A. S.: *Nano Select* 1, 405 (2020).
12. Broncová G., Slaninová T., Trchová M., Prokopec V., Matějka P., Shishkanova T. V.: *Polymers* 13, 3220 (2021).
13. Najdoski M., Oklevski S., Stojkovic G.: *Russ. J. Appl. Chem.* 88, 1896 (2015).
14. Beresford A. L., Hillman A. R.: *Anal. Chem.* 82, 483 (2010).
15. Jasuja O. P., Singh G., Almog J.: *Forensic Sci. Int.* 207, 215 (2011).
16. Beresford A. L., Brown R. M., Hillman A. R., Bond J. W.: *J. Forensic Sci.* 57, 93 (2012).
17. Frick A. A., Fritz P., Lewis S. W.: *Chemical Methods for the Detection of Latent Fingermarks*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester 2016.
18. Connatser R. M., Prokes S. M., Glembocki O. J., Schuler R. L., Gardner C. W., Lewis S. A., Lewis L. A.: *J. Forensic Sci.* 55, 1462 (2010).
19. Xu J. Y., Zhang Z. Y., Zheng X. C., Bond J. W.: *J.*

- Forensic Sci. 62, 776 (2017).
20. Bond J. W.: J. Forensic Sci. 53, 812 (2008).
  21. Broncová G., Shishkanova T. V., Matějka P., Volf R., Král V.: Anal. Chim. Acta 511, 197 (2004).
  22. Broncová G., Slaninová T., Dendisová M.: Chem. Papers 75, 6673 (2021).
  23. Bleay S. M., Croxton R. S., Puit M.: *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester 2018.
  24. Karyakin A. A., Bobrova O. A., Karyakina E. E.: J. Electroanal. Chem. 399, 179 (1995).
  25. Bauldreay J. M., Archer M. D.: Electrochim. Acta 28, 1515 (1983).
  26. Broncová G., Shishkanova T. V., Kronďák M., Volf R., Král V.: Chem. Listy 103, 795 (2009).

**G. Broncová and T. Slaninová** (*Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemical Engineering, University of Chemistry and Technology, Prague*): **Visualization Methods of Latent Fingerprints on Metal Substrates/Cartridges**

Despite the development of DNA analysis methods, fingerprint comparisons are still the most common and credible way to identify people when clarifying crimes and other forensically relevant events. Visualization of fingerprints applied to a metal surface, which may be curved (most often cartridges), often represents a difficult task, so that new methods are constantly being developed to get a high-quality visibility of fingerprints. This work describes the most important methods of visualization of fingerprints applied on metal substrates and especially on cartridge cases. So far, there is no suitable technique for making fingerprints visible on fired cartridges. Gun blue techniques, combined techniques with cyanoacrylate and, more recently, electrochemical deposition of polymer films potentiostatically or by cyclic voltammetry, which are fast, cheap and usable in the field, represent a promising way.

Keywords: fingerprint, visualization method, cartridges, forensic analysis

- Broncová G., Slaninová T.: Chem. Listy 116, 599–606 (2022).
- <https://doi.org/10.54779/chl20220599>