



ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

**Студентска конференција на младите уметници и научници
СКУН**

13 и 14 октомври 2020

Скопје, 2021



Универзитет Св. Кирил и Методиј - Скопје

Факултет за ликовни уметности





СКУН

Студентска конференција на младите уметници и научници



Антонио Андоновски¹, Сашо Стојковиќ², Слободан Оклевски³, ментор:
проф. д-р Методија Најдоски⁴

^{1,2,4} Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-математички факултет, Архимедова 5, 1000 Скопје, Р. Северна Македонија

³ Министерство за внатрешни работи, 1000 Скопје, Р. Северна Македонија

[^andonovskiantonio@gmail.com](mailto:andonovskiantonio@gmail.com) [^sashostojkovikj@gmail.com](mailto:sashostojkovikj@gmail.com) [^o_slobodan@yahoo.com](mailto:o_slobodan@yahoo.com),
[^metonajd@pmf.ukim.mk](mailto:metonajd@pmf.ukim.mk)

ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА НА ЛАТЕНТНИ ОТПЕЧАТОЦИ ОД ПРСТИ НА НЕИСПУКАНИ КУРШУМИ СО ХЕМИСКА ДЕПОЗИЦИЈА НА ОЛОВО (II) СУЛФИД

КРАТКА СОДРЖИНА (АПСТРАКТ)

Во овој труд е презентирани нов, хемиски метод за визуелизација на латентни отпечатоци од прсти на површина од месинг од неиспукани куршуми. Методот е базиран на селективна хемиска депозиција на олово (II) сулфид во просторот помеѓу папиларните линии на површина. Постапката е едноставна и се состои од краткотрајно потопување на куршумите во раствор за визуелизација. Растворот за визуелизација на отпечатоците е приготвен со мешање на водни раствори од олово (II) ацетат, натриум хидроксид, триетанол амин и тиоуреа. Хемискиот процес се одвива во алкална средина и умерено загревање. Испитувањето на хемискиот состав на депонираниот материјал, беше извршено со прашкова рендгенска дифракција (XRPD). Дизајнирањето на овој метод беше спроведено со употреба на значителен број на примероци од неиспукани куршуми, при што беше испитувана и можноста за визуелизација на релативно стари отпечатоци. Притоа, успешно беа визуелизирани отпечатоци кои беа нанесени пред околу 2 години. Предложениот метод е релативно едноставен за изведување, што го прави потенцијално корисен при форензички испитувања.

Клучни зборови: латентни отпечатоци, олово (II) сулфид, неиспукани куршуми, форензичка хемија, хемиска депозиција.

1 ВОВЕД

При контакт на кожата од прстите со некоја површина доаѓа до нанесување на траги, познати како отпечатоци од прсти. Овие траги се должат на набраноста на кожата. Морфологијата од бразди, познати како папиларни линии, кои се јавуваат на врвот на прстите е уникатна кај секој човек. Генерално отпечатоците се делат на видливи, кои се појавуваат по претходен контакт на прстите со некоја материја која лесно може да се пренесе, и невидливи т.е. латентни, за чија визуелизација е потребна примена на

соодветни методи. Латентните отпечатоци можат дополнително да се класифицираат во однос на хемискиот состав како масни - кои што имаат генерално липиден состав и потни - кои што во најголем дел содржат вода во која се растворени соли, аминокиселини и други соединенија. Уникатноста и непроменливоста којашто е својствена за отпечатоците ги прави истите доста вредни за форензиката, не само за утврдување на идентитетот на криминалци, туку и на жртви на различни природни незгоди [1,2]. И покрај тоа што модерната фореника брзо напредува и се стреми кон пронаоѓање на побрзи, поефикасни и поевтини методи за визуелизација на латентни отпечатоци, традиционалните методи кои вклучуваат прашоци забележуваат најширока примена [1,2]. Овие прашоци вообичаено содржат боја за постигнување на контраст и поволно визуелизирање, како и смолест материјал кој го потпомогнува прилепувањето за материјата од отпечатокот. При нанесување на прашоци доаѓа до прилепување на прашокот за отпечатокот. За ваков вид на визуелизација најчесто се користи магнетен прашок [1-6], но се користат и некои пигменти. Меѓу вообичаените методи за визуелизација на отисоци се вбројува и цијаноакрилатниот метод [1-3,5-11] кој вклучува формирање на полимеризиран цијаноакрилат на површината од папиларните линии. Процесот на визуелизација се врши во комора со цијаноакрилатни пари кои се добиваат со загревање на цијаноакрилатно лепило. Цијаноакрилатните пари реагираат со влагата од воздухот и аминокиселинските и протеинските материји на површината од отпечатокот, при што доаѓа до нивна полимеризација и формирање на цврста фаза. Притоа се овозможува контраст меѓу отпечатокот и површината на која е нанесен. Покрај тоа, може да се користи и раствор од сребро нитрат [1,2], кој формира бел сребро хлорид со хлоридите кои што се содржат во излачената пот во отпечатоците. Овој хлорид преминува во елементарно сребро по изложување на светлина. Може да се изврши и визуелизација на отпечатоците со депозиција на тенки слоеви супстанца меѓу папиларните линии од отпечатокот. Во овие техники се вбројуваат методи кои користат Толенсов реагенс [12], паладиум [2,13], раствор за посинување [2,14], злато [2], калиум бирнесит [10], сулфид на бакарот [15], берлинско сино [16] и слично. Визуелизацијата со Толенсов реагенс вклучува редокс реакција меѓу сребрените јони и бакарот од месингот, при што доаѓа до формирање на тенок филм од елементарно сребро, процес на кој вообичаено му претходи закиселување за да го намали инхибирачкиот ефект на присутните оксиди и карбонати [2,10,11]. Во случајот со растворот за посинување потребно е да се изберат услови кои би помогнале да се избегне прекумерна депозиција на бакар (II) селенид во просторот меѓу папиларните линии, со што би се намалил квалитетот на визуелизацијата [10].

2 ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Целта на ова истражување е развивање на нов метод за визуелизација на латентни отпечатоци од прсти нанесени на куршуми преку депозиција на тенки слоеви од олово (II) сулфид. Во рамките на ова истражување е опфатен метод кој обезбедува едноставна и релативно брза визуелизација на латентни масни отпечатоци нанесени на површина на неиспукани куршуми. Визуелизацијата се одвива преку депозиција на олово (II) сулфид во браздите меѓу папиларните линии на отпечатокот, при што се обезбедува контраст. Овој метод е применлив за визуелизација на отпечатоци кои вклучуваат масни соединенија во нивниот состав. Заради ниската цена и ефективноста, методот наоѓа потенцијална примена во форензички лаборатории.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

3.1 Материјали и методи

Во рамките на истражувањето беа користени следниве хемикалии: олово (II) ацетат трихидрат, натриум хидроксид, тиоуреа ((NH₂)₂CS, триетанол амин N(C₂H₅OH)₃, натриум карбонат и дејонизирана вода, сите со чистота за анализа. Овие супстанции беа употребени за приготвување на 100 cm³ од следниве водни раствори, со концентрации од 0,5 mol/dm³ за Pb(CH₃COOH)₂, 2 mol/dm³ за NaOH, 1 mol/dm³ за

$(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ и 1 mol/dm^3 за $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_3$. Приготвувањето на растворите е детално опишана во Прилогот 1 кон трудот. Куршумите употребени во истражувањето имаат калибар 7,9 mm. Тие се наменети за пушка тип маузер (К 98), која се произведувала во фабриката Застава во Крагуевац, Србија. Оваа пушка на овие простори е наречена М 48. Чаурите се изработени од α -месинг кој се состои од Cu и Zn , со масени удели од 78 и 22%, соодветно (Производител: РПУ-Први Партизан Ужице, Србија). Карактеризацијата на хемискиот состав на депонираниот материјал, којшто овозможува визуелизација на отпечатоците, беше извршена со рендгенска дифракција на прашкасти материјали (X-Ray Powder Diffraction - XRPD) со примена на дифрактометар Rigaku Ultima IV со $\text{CuK}\alpha$ радијација.

3.2 Постапка за нанесување отпечатоци од прсти на површина од неиспукани куршуми

За да се нанесат отпечатоци со еднаков т.е. сличен притисок од прстот, беше користен стиропор за фиксирање на куршумите поставен на вага со капацитет до 7 kg. Начинот на кој се обезбедија отпечатоци е визуелно прикажан на слика П1 во Прилогот кон трудот. На идентичен начин се нанесеа и отпечатоци со притисоци кои одговараат на аплицирана маса од 100 до 800 g. Сите отпечатоци се нанесени од истата личност.

3.3 Постапка за визуелизација на латентните отпечатоци

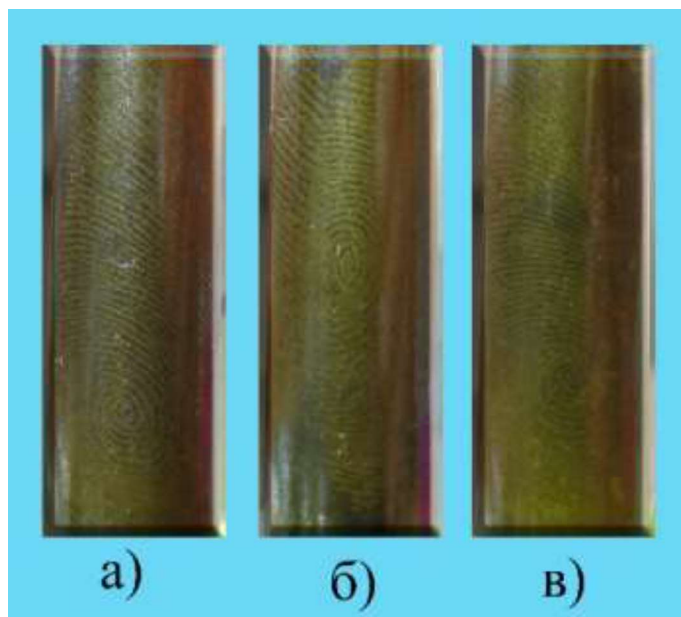
Подготвени беа хемиски бањи А, Б и В со различни концентрации на реактантите. За хемиската бања А беа употребени следниве волумени од растворите: 2 cm^3 од $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{aq})$, 4 cm^3 од $\text{NaOH}(\text{aq})$, 1 cm^3 од $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_3(\text{aq})$, 35 cm^3 дејонизирана вода и 3 cm^3 воден раствор од тиоуреа. Хемиските бањи Б и В беа приготвени со двојно и тројно поголеми количества на реактантите соодветно, при што се променувахе волуменот на дестилирана вода за вкупниот волумен да изнесува 45 cm^3 . Визуелизацијата беше изведена на температури од $28 \text{ }^\circ\text{C}$ и $35 \text{ }^\circ\text{C}$. При работа на повисока температура, куршумите се фаќаат за проектилот со пинцета и се потопуваа во хемиските бањи веднаш по постигнувањето на температура од $30 \text{ }^\circ\text{C}$ и се вадеа по постигнување на задоволителна визуелизација, т.е. за време од приближно 7 минути. Деталите во врска со оптимизацијата на условите и редоследот се дадени во прилогот кон трудот (Прилог 2). По извршената визуелизација, отпечатоците беа фотографирани со примена на дифузна светлина која евентуално може да ја елиминира рефлексивната на цилиндричната метална површина. Фотографираните отпечатоци беа проследени кон дактилоскопска анализа со посебен осврт кон определување на карактеристиките на второ ниво.

3.4 Карактеризација на хемискиот состав на депонираниот материјал

Имајќи предвид дека количеството на депониран материјал на еден куршум при процесот на визуелизација на отпечатокот е занемарливо мало за да биде испитувано со рендгенска дифракциона анализа на прашкасти материјали (XRPD), применет беше посебен пристап. Примерок од чаура од ист тип како и останатите користени во ова истражување беше исечен и израмнет со цел да добие конечна форма на рамна плочка со димензии од $3 \times 4 \text{ cm}$. Оваа процедура е преземена и воедно подетално опишана во [16]. Плочката беше темелно исчистена со триење со цврст CaCO_3 и потопена во хемиска бања приготвена според процедурата А, опишана во Прилог 2. Плочката беше ставена во три хемиски бањи А во вкупно времетраење од околу 75 мин. Очекувано, на плочката се депонираше слој од истата супстанца која се депонира на куршумите. Откако плочката се извади од последниот раствор, таа беше промиена со дејонизирана вода и оставена да се суши. Во растворите во кои беше потопена плочката на крај беше присутно определено количество од талогот. Талогот со филтрација беше раздвоен, потоа промиен со вода, и беше оставен да се суши. Составот на овој талог се определи со XRPD.

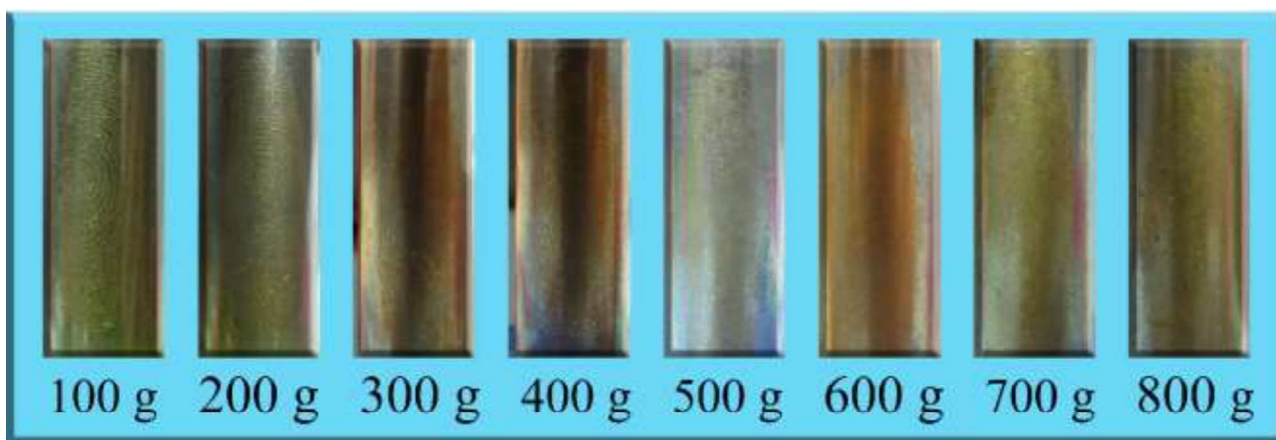
4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Според резултатите од дактилоскопската анализа, конфигурацијата на отпечатоците е солидно сочувана при што може да се препознае формата на отпечатокот преку протегањето на папиларните линии, јасно изразената курватура на свиоците без прелевање на материјалот наменет за визуелизација. Латентните траги стануваат видливи поради обојувањето на меѓупапиларниот простор. На површината од куршумите каде што металната површина е оштетена или изгребана доаѓа до прекинување на континуитетот на папиларните линии. Обојувањето на меѓупапиларниот простор на прв поглед дава зголемен контраст наспроти металната површина, што значи дека овој метод не се препорачува кај темни непорозни површини. Прекинувањето и разгранувањето на папиларните линии може да се детектира со релативна леснотија, при што нивните рабови ја зачувуваат автентичноста т.е. не создаваат лажни карактеристики, прелевајќи се кон соседните папиларни линии. На овој начин се зачувува нивниот биометрички капацитет. Со примена на методот за визуелизација, којшто е предложен во ова истражување, можат да се детектираат повеќе карактеристики кои не претрпеле деформација, а флукуацијата на ширината на папиларните линии при нормален притисок не се менува драстично. Карактеристиките од трето ниво, како што се пори на папиларните линии и рабни карактеристики, можат да се анализираат од повеќе аспекти. Порите се послабо изразени, појавувајќи се на определени места и тоа со боја со која е обоен и меѓупапиларниот простор. Овој метод практично кажано не ги уништува микрополињата т.е. празниот простор на местата каде се одразуваат порите кои, иако во поголемиот дел не се видливи, тоа е повеќе поради временската дистанца на депонирање на трагите. Рабните карактеристики кои се изградени од поголеми свиоци како и флукуацијата на ширината на папиларната линија се со правилна форма. При споредбата на ефектот на концентрацијата врз брзината на развивање на отпечатоците од прсти беше утврдено дека примената на хемиските бањи Б и В овозможува поволна визуелизација на отпечатоците за време од околу 4 минути. Меѓутоа, хемиската бања Б беше загреана до температура од 35-36 °C, за разлика од хемиската бања В која беше загреана до 33 °C. Визуелизацијата на отпечатоци со примена на хемиската бања А, пак, даваше задоволителни резултати околу 6:30 мин. по потопувањето на куршумите во неа. беше утврдено дека со примена на бањата А се добиваат отпечатоци со повисок квалитет во споредба со другите две бањи, факт што е поддржан од бројот на присутни карактеристики, 43 во споредба со 27 и 26 за примероците од бањите Б и В соодветно. Бидејќи разликата во потребното време не е значителна, за понатамошна работа беше избрана хемиската бања А, со оглед на тоа што таа вклучува најмало количество на хемикалии. Фотографираните визуелизирани отпечатоци од хемиските бањи А, Б и В се прикажани на слика 1а, б и в, соодветно.



Слика 1. Фотографии со визуелизирани отпечатоци на куршуми од хемиски бањи а) А, б) Б и в) В.

Со употреба на растворите кои што беа подготвени со примена на хемиската бања А беше разгледан ефектот на притисокот манифестиран како маса со која е нанесен отпечатокот. На осум различни куршуми беа нанесени отпечатоци со примена на притисок врз куршумот и мерење на маса на вага во интервал од 100 до 800 g.



Слика 2. Резултати од визуелизацијата на отпечатоци нанесени со различен притисок изразен како маса.

Табела 1. Број на карактеристики на второ ниво наспроти измерената маса пропорционална на притисокот со кој е нанесен отпечатокот.

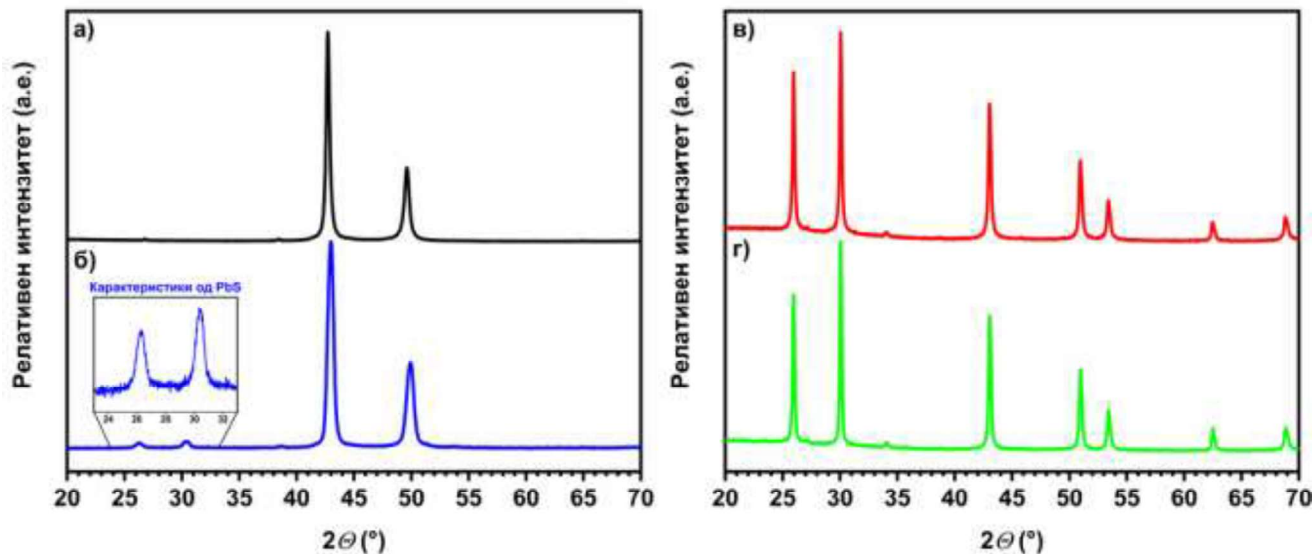
Измерена маса, пропорционална на притисокот (g)	100	200	300	400	500	600	700	800
Број на карактеристики на второ ниво	27	24	22	22	12	5	7	4

Од определените карактеристики на второ ниво за сите овие примероци, чии фотографии се прикажани на слика 2, а резултатите во табела 1 и слика ПЗ, беше заклучено дека најмногу карактеристики се изброени за примерок од отпечаток нанесен со притисок еквивалентен на измерена маса од 100 g. За понатамошните испитувања беше користена оваа вредност при нанесување на

отпечатоците. Зголемувањето на масата на нанесување на отпечатоците над 400 g доведува и до пет пати помал број на карактеристики (слика П3) кој што најверојатно се должи на слепување на папиларните линии и намалување на меѓупапиларното растојание кое што е клучно за примена на методот предложен во ова истражување. Покрај другото, беше утврдено и дека потни отпечатоци не може да се визуелизираат со предложената метода. Имено, материите од потните отпечатоци се раствораат во вода, па на куршумот не се забележа нивна визуелизација, за разлика од куршумот со масни отпечатоци, каде што се забележаа јасни траги, почнувајќи од четвртата минута по неговото потопување во соодветниот раствор за визуелизација. Испитуван беше и бројот на последователни употреби на една хемиска бања подготвена според хемиска бања А. Во експериментот, по 6:30 минути, откако се забележа задоволителна визуелизација на отисокот на куршумот, двата куршуми беа извадени од растворот за визуелизација и на нивно место беа третирани други два. На вторите куршуми се забележаа бледи траги по 2:30 минути, чиј интензитет растеше постепено. По петтата минута по внесувањето на куршумите во растворот отпечатоците се доста јасни. По 6:30 мин. куршумите беа извади од растворот и беа заменети со други два за третман. Визуелизација на отпечатоците на третите куршуми „задоцни“ околу една минута во однос на степенот на визуелизација на претходните куршуми. Така, по 3:30 мин. третман на третите куршуми беше забележани траги со споредлива јасност со трагите кои се забележаа на вторите куршуми по 2:30 мин. Сепак, контрастот на отпечатоците постепено се подобруваше. Кога куршумите беа извадени по 6:30 мин, квалитетот беше споредлив со оној од вторите куршуми. Слично на претходните случаи, во растворот беа ставени уште два куршуми. Визуелизацијата на отпечатоците во овој случај е забележливо побавна и потребни се 8:15 мин. Конечно, во истата хемиска бања беа ставени петтите куршуми. Потребни беа околу 5 мин. за да дојде до појавување на бледи траги, но овие траги не стануваа појасни во следните 7-8 мин.

Испитувањето на ефектот на стареење на отпечатоците влијаеше на потребното време за визуелизација. Имено, додека за свежите отпечатоци беа потребни околу 6-7 минути за визуелизација, за отпечатоците стари една до три недели беше потребно време од 8-10 минути, при што и резултатот беше послаб. Меѓутоа, кога се изврши визуелизација на отпечатоци нанесени пред околу две години (слика П4), потребни беа 10 минути, но се добија јасни слики од отпечатоци кои содржеа 24 карактеристики на второ ниво. Ваквата појава можеби е последица на разградувањето на некои од органските материји во отпечатокот.

Хемискиот состав на нанесениот слој беше испитан со помош на XRPD. Снимени беа четири дифрактограми. Најпрвин, беа снимени два дифрактограми на месингани супстрати од кои на едниот беше нанесен слој со хемиска бања А (слика 3, лево). Лесно може да се забележи дека во дифрактограмот со сина боја, кој одговара на месинганиот супстрат на кој е нанесен слој, присутни се дифракциони максимуми карактеристични за кубичен олово (II) сулфид – PbS (JCPDS No. 5-0592). Останатите два дифрактограми беа снимени со цел да се провери дали концентрацијата влијае врз составот на слојот што се нанесува на месинганата површина. За анализа на продуктите, во едниот случај беше собран талог од хемиска бања А, додека во другиот случај беше собран продукт од бањите Б и В (слика 3, десно). Се забележува дека нема значителна разлика меѓу дифрактограмите на двете супстанции, што потврдува дека станува збор за истата супстанца, односно кубичен олово (II) сулфид.



Слика 3. Дифрактограми добиени од плочка од месинг (а), наспроти плочка од месинг со слој депониран со примена на хемиска бања А (б), и талог добиен од хемиска бања А (в), наспроти талог собран од хемиските бањи Б и В (г).

5 ЗАКЛУЧОК

Презентирианиот метод на хемиска депозиција на олово (II) сулфид за визуелизација на латентни масни отпечатоци е едноставен и практичен за примена. Самата депозиција на материјал се одвива во браздите меѓу папиларните линии на латентните отпечатоци, при што се постигнува задоволителен контраст, дури и на цилиндрични површини од месинг, каков што е случајот со неиспукани куршуми. Нанесениот слој останува на куршумот, дури и по повеќе од неколку недели при собни услови. Предложениот метод е применлив и за визуелизација на латентни масни отпечатоци со старост од околу две години.

6 БЛАГОДАРНОСТ

Авторите на трудот ја искажуваат својата благодарност до Армијата на Република Северна Македонија, како и до Министерството за одбрана за обезбедените куршуми, без кои ова истражување не би било возможно. Исто така, искажуваме благодарност до Даниела Божиновска Мариновска за фотографирањето на визуелизираните отпечатоци.

7 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] J.D. Ferrara, Latent Print Processing, New York City Police Department, (1981).
- [2] National Institute of Justice (U.S.). The fingerprint sourcebook. Washington, DC: U.S. Dept. of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice, (2011).
- [3] G. Christofidis, J. Morrissey, J.W. Birkett, Detection of Fingermarks-Applicability to Metallic Surfaces: A Literature Review, J. Forensic Sci., 63(2) (2018) 1616–1627.
- [4] J.D. James, C.A. Pounds, B. Wilshire, Flake Metal Powders for Revealing Latent Fingerprints, J. Forensic Sci. (1991), 36 (5), 1368–1375.

- [5] S. Madkour, A. Sheta, F.B. El Dine, Y. Elwakeel, N. AbdAllah, Development of latent fingerprints on non-porous surfaces recovered from fresh and sea water, Egypt. J. Forensic Sci., 7(1) (2017) 3.
- [6] G.S. Bumbrah, R.M. Sharma, O.P. Jasuja, Emerging latent fingerprint technologies: a review, Res. Rep. Forensic Med. Sci., 6 (2016) 39–50.
- [7] L. Lewis, R. Smithwick, G. Devault, B. Bolinger, S. Lewis, Processes Involved in the Development of Latent Fingerprints Using the Cyanoacrylate Fuming Method, J. Forensic Sci., 41(2) (2001) 241–246.
- [8] K. Dixon, J. Wu, R. Brennan, P. Goldsmith, Development of a Finger Printing Device for Use on a Mobile Robot, J. Forensic Sci., 49(2) (2004) 290–299.
- [9] H.C. Lee, R.E. Gaensslen, Cyanoacrylate Fuming—Theory and Procedures, Ident. News, 34(6) (1984) 8–14.
- [10] M. Najdoski, S. Stojković, S. Oklevski, Potassium Birmessite Deposition on Unfired Cartridge Cases, J. Forensic Ident., 67(2) (2017) 227–242.
- [11] C.M.A. Girelli, M.A. Vieira, K. Singh, A.G. Cunha, J.C.C. Freitas, F.G. Emmerich, Recovery of latent fingermarks from brass cartridge cases: Evaluation of developers, analysis of surfaces and internal ballistic effects, Forensic Sci. Int., 290, (2018) 258–278.
- [12] R. Reed, Development of Latent Prints on Brass with Silver Nitrate, Ident. News, 35(7) (1985) 11.
- [13] Y. Migron, D. Mandler, Development of Latent Fingerprints on Unfired Cartridges by Palladium Deposition: A Surface Study, J. For. Sci., 42(6) (1997) 986–992.
- [14] A. A. Cantu, D. A. Leben, R. Ramotowski, J. Kopera, J. R. Simms, Use of Acidified Hydrogen Peroxide to Remove Gun Blue-Treated Cartridge Cases and to Develop Latent Prints on Untreated Cartridge Cases, J. Forensic Sci., 43(2) (1998) 294–298
- [15] M. Najdoski, S. Stojković, S. Oklevski, Cuprous sulfide deposition method for visualization of latent fingermarks on unfired cartridge cases, J. Chin. Chem. Soc., 67 (2020) 1415–1422.
- [16] M. Najdoski, S. Oklevski, G. Stojković, A simple chemical method for visualization of sebaceous fingerprints on unfired cartridge cases by Prussian blue deposition, Russ. J. Appl. Chem., 88(11) (2015) 1896–1901.

Прилози кон трудот

ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА НА ЛАТЕНТНИ ОТПЕЧАТОЦИ ОД ПРСТИ НА НЕИСПУКАНИ КУРШУМИ СО ХЕМИСКА ДЕПОЗИЦИЈА НА ОЛОВО(II) СУЛФИД

Антонио Андоновски¹, Сашо Стојковиќ², Слободан Оклевски³, ментор: проф. д-р Методија Најдоски⁴

^{1,2,4} Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-математички факултет, Архимедова 5, 1000 Скопје, Р. Северна Македонија

³ Министерство за внатрешни работи, 1000 Скопје, Р. Северна Македонија

[1andonovskiantonio@gmail.com](mailto:andonovskiantonio@gmail.com) [2sashostojkovikj@gmail.com](mailto:sashostojkovikj@gmail.com) [3o_slobodan@yahoo.com](mailto:o_slobodan@yahoo.com),
[4metonajd@pmf.ukim.mk](mailto:metonajd@pmf.ukim.mk)

Прилог 1. Приготвување на работните раствори

Подготовка на раствор од $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ со количествена концентрација од $0,5 \text{ mol/dm}^3$:

На вага беа измерени 19,025 g олово(II) ацетат трихидрат ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) кои потоа беа префрлени во лабораториска чаша од 200 cm^3 и растворени во 60 cm^3 дејонизирана вода со загревање и мешање на магнетна мешалка. Приготвениот раствор е разреден до 100 cm^3 и префрлен во пластично шише.

Подготовка на раствор од NaOH со количествена концентрација од 2 mol/dm^3 :

На вага беа измерени 8,005 g натриум хидроксид кои потоа беа префрлени во чаша од 200 cm^3 и растворени во 100 cm^3 дејонизирана вода. Растворот потоа е префрлен во пластично шише.

Подготовка на раствор од тиоуреа ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$) со количествена концентрација од 1 mol/dm^3 :

На вага беа измерени 7,630 g тиоуреа кои потоа беа префрлени во чашка од 200 cm^3 и растворени во околу 60 cm^3 дејонизирана вода со загревање и мешање на магнетна мешалка. Добиениот раствор е разреден до 100 cm^3 и префрлен во пластично шише.

Подготовка на раствор од $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_3$ со количествена концентрација од 1 mol/dm^3 :

Со шприц беа измерени $13,5 \text{ cm}^3$ од течен триетанол амин ($\rho = 1.12 \text{ g/mL}$, $w \approx 98\%$) и беа префрлени во чаша од 200 cm^3 и растворени во околу 60 cm^3 дејонизирана вода. Растворот потоа е префрлен во шише, при што е дополнет до вкупен волумен од 100 cm^3 .

Прилог 2. Оптимизација на експерименталните услови за визуелизација на латентните отпечатоци

Визуелизација на $28 \text{ }^\circ\text{C}$:

Во лабораториска чаша од 50 cm³ беа ставени 4 cm³ од растворот од олово(II) ацетат и кон него беа додадени 8,5 cm³ од растворот на натриум хидроксид. Со додавањето на натриум хидроксид најпрвин се формира бел талог од олово (II) хидроксид, Pb(OH)₂, кој во вишок од хидроксид преминува во тетрахидроксиплумбат(II) анјон, [Pb(OH)₄]²⁻, растворлив во вода. Откако талогот целосно се раствори, кон растворот беа додадени 2 cm³ од растворот на триетаноламин и 26 mL дејонизирана вода. Конечно, кон растворот се додаваат 6 cm³ раствор од тиоуреа и веднаш потоа се потопуваат куршумите/чаурите во растворот. По околу 7 минути беа забележани отпечатоци на куршумите. Девет минути по почнувањето на реакцијата куршумите се вадат од растворот. На површината на куршумите се забележува тенок слој од PbS кој се формира за време на реакцијата, на кој јасно се гледаат отпечатоците. Реакциите се одвиваа на 28 °C.

Реакцијата/визуелизацијата беше изведена и при други услови. Направена беше проба во која беа користени водни раствори и тоа, 2 cm³ олово (II) ацетат, 4 cm³ натриум хидроксид, 1 cm³ триетаноламин, 30 cm³ дејонизирана вода и 3 cm³ тиоуреа. Се тестираа два куршуми, од кои еден беше потопен во HCl пред да биде ставен во растворот. По околу 20-22 минути, куршумите беа извадени од растворите. На куршумот кој беше потопен во HCl пред почетокот на постапката се доби отисок со помал контраст, т.е. послаба визуелизација отколку на куршумот кој беше ставен директно во растворот за визуелизација. Направени беа и обиди во кои се користеа 5 cm³ олово (II) ацетат, 5 cm³ натриум хидроксид, 6 cm³ тиоуреа, 2 cm³ триетаноламин и 70 cm³ дејонизирана вода, додадени во стаклена чашка од 100 cm³ во тој редослед. Во растворите беа ставени вкупно пет куршуми кои беа извадени по 25 минути. Од нив два немаа јасна слика, додека останатите три имаа помалку јасни слики од претходно наведените обиди. Додаденото количество NaOH не е доволно за растворање на талогот од Pb(OH)₂. беше утврдено и дека ваквиот распоред на додавање на хемикалиите не е оптимален за добивање на квалитетна и јасна слика. Реакциите се изведуваа на 28 °C.

Визуелизација со умерено загревање:

Направени беа експерименти со три различни количества реактанти означени А, Б и В со загревање на растворите на магнетна мешалка до 30 °C, по што следеше визуелизација на отпечатоците на температура во интервалот 30-35 °C.

Хемиска бања А	Хемиска бања Б	Хемиска бања В
2 cm ³ Pb(CH ₃ COO) ₂ , 0.5 mol/dm ³	4 cm ³ Pb(CH ₃ COO) ₂ , 0.5 mol/dm ³	6 cm ³ Pb(CH ₃ COO) ₂ , 0.5 mol/dm ³
4 cm ³ NaOH, 2 mol/dm ³	8 cm ³ NaOH, 2 mol/dm ³	12 cm ³ NaOH, 2 mol/dm ³
1 cm ³ N(C ₂ H ₄ OH) ₃ 1 mol/dm ³	2 cm ³ N(C ₂ H ₄ OH) ₃ 1 mol/dm ³	3 cm ³ N(C ₂ H ₄ OH) ₃ 1 mol/dm ³
35 cm ³ дејонизирана вода	25 cm ³ дејонизирана вода	15 cm ³ дејонизирана вода
3 cm ³ тиоуреа, 1 mol/dm ³	6 cm ³ тиоуреа, 1 mol/dm ³	9 cm ³ тиоуреа, 1 mol/dm ³



Слика П1. Визуелизација на куршумите во хемиска бања А до идентична хемиска бања.

Обидите со хемиските бањи Б и В беа направени паралелно за да се испита брзината на реакцијата и депонирањето на слојот од PbS. Растворите најпрвин се загреваат до температура од 30 °C. Откако ќе се постигне температурата куршумите се ставаат во растворите. Загревањето продолжува до температура од 35 °C, по што растворите за визуелизација се тргаат од грејното тело. Куршумите остануваат во растворите се дури не се добие задоволителна визуелизација. При загревањето важно е да се мешаат растворите за рамномерно загревање на истите.

Слично се постапи при третман со хемиска бања А – откако ќе се измешаат растворите, добиениот раствор за визуелизација се загрева 2 минути до температура од 30 °C, по што во растворот се ставаат куршумите. Растворот ја менува бојата од просирна во жолтеникава по околу 3-4 минути од внесувањето на куршумите во растворот, односно 5-6 минути од мешањето на реактантите. По достигнување на температура од 35 °C, растворот се трга од магнетната мешалка на која се загрева.

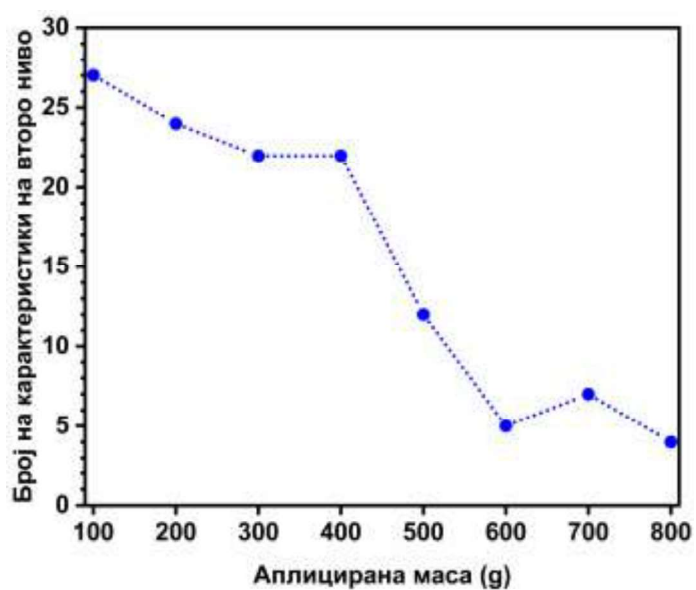
Хемиската бања А исто така се користеше за визуелизација на отпечатоци нанесени со различна сила. На осум куршуми се нанесе отпечатоци со сила која одговараше на 100-800 g. Времето за визуелизација варираше од 5:30 до 7 минути, најверојатно заради различниот степен на загревање на растворите.

Се провери и бројот на употреби на еден раствор припремен како во комбинација А. Најпрвин се направи споредба на визуелизацијата на потни и масни отпечатоци. Откако заврши визуелизацијата на куршумите со потни и масни отпечатоци се продолжи со користење на истата бања за визуелизирање на нови куршуми со масни отпечатоци. Куршумите беа потопувани и вадени еден по еден. Времето потребно за визуелизација се следеше во секој од случаите.

Хемиската бања А се користеше и за визуелизација и споредба на отпечатоци на куршуми со старост од една до три недели наспроти свежи отпечатоци. За споредба се визуелизираа отпечатоци од прсти кои датираат од 07.2018, што во времето на изработка на трудот би ги направило постари од две години.



Слика П2. Нанесување на отпечатоци со избрана маса.



Слика П3. Зависност на бројот на карактеристики наспроти аплицираната маса.



Слика П4. Визуелизиран отпечаток на неиспукаан куршум кој што е нанесен пред околу 2 години. Определени се 24 карактеристики на второ ниво.

Безбедносни забелешки

Соединенијата на оловото се отровни и со нив се ракува исклучиво со заштитни ракавици. Истото се однесува за тиоуреата која што е класифицирана во листата на канцерогени супстанции. Отпадот кој што се создава со примена на предложениот метод се одлага исклучиво, во согласност со правилата за отпад кој што содржи соединенија на оловото и којшто содржи тиоуреа.