

Др Ивана БЈЕЛОВУК*,
Криминалистичко-полицијска академија, Београд
Срђан ИЛИЋ, специјалиста криминалистике,
УКП МУП Републике Србије, Београд

doi:10.5937/bezbednost1701005B

УДК: 623.44: 340.66 623.44:655.3::004.9

Оригинални научни рад

Примљен: 21.12.2016.

Ревизија: 10.4.2017.

Датум прихватања: 30.5.2017.

Могућности криминалистичко-техничког испитивања трагова на муницији испалењој из оружја штампаног ЗД техником¹

Анстракт: Штампарска техника се константно усавршава пратећи развој компјутерске технологије и последњих година сведоци смо корисног штампања предмета у три димензије у индустрији, медицини, уметности и др. Такође, ову технологију могуће је и злоупотребити и направити оружје у импровизованој балистичкој лабораторији. Поставља се питање, уколико се овакво оружје употреби за извршење неког кривичног дела (убиство, покушај убиства, наношење тешких телесних повреда, изазивање опште опасности и сл.), на који начин се могу испитати трагови на муницији која је испалења из оваквог оружја и на њеним деловима. Овакав начин израде оружја је нелегалан чин и као такав представља глобалну опасност, те је разматрана превенција злоупотребе ове технологије, али и могућности криминалистичко-техничких испитивања трагова на муницији испалењој из оваквог оружја ако већ дође до извршења кривичног дела тим оружјем.

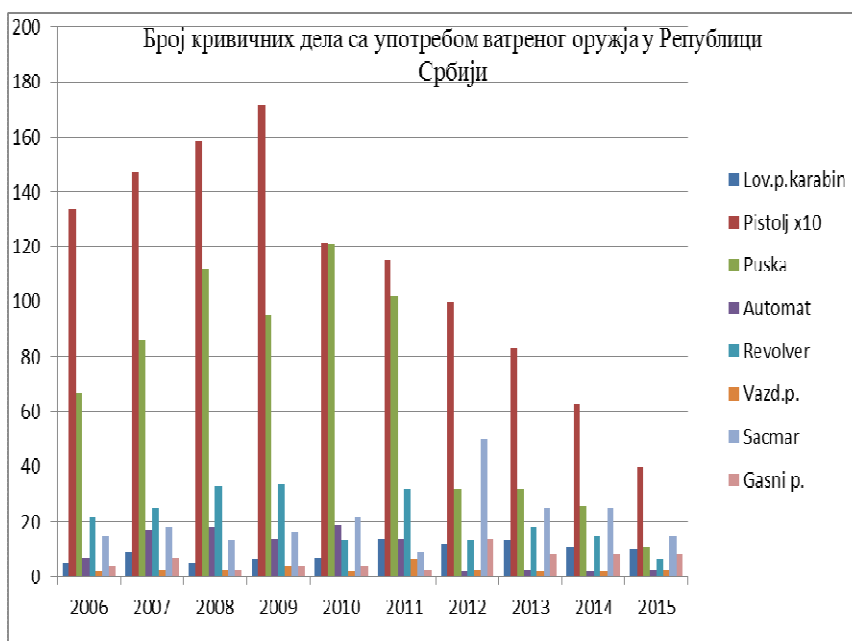
Кључне речи: ЗД штампа, оружје, трагови, балистика, вештачење.

* corresponding author, e-mail: ivana.bjelovuk@kpa.edu.rs

¹ Овај рад је настао као резултат научноистраживачког пројекта Криминалистичко-полицијске академије под називом „Форензички методи у криминалистици“ (2015-2019), који је одобрио МУП РС.

Увод

Савремене технологије попут 3Д скенера и 3Д штампача имају све ширу примену у индустрији али и другим гранама (Huang, Lin, 2017; Wu et. al., 2016; Липовац и др., 2010). Примена савремених технологија омогућава полицији борбу против криминала, али у неким случајевима и отежава. С обзиром на могућност злоупотребе савремених достигнућа науке и технологије у сврхе извршења разних кривичних дела (убиство, покушај убиства, наношење тешких телесних повреда, наношење лаких телесних повреда, изазивање опште опасности, уништење или оштећење туђе ствари и сл.) размотрена је примена 3Д скенера и штампача у изради ватреног оружја. У свету је било покушаја злоупотребе 3Д технологије у случају платних картица. Употребом 3Д штампача могућа је и израда ватреног оружја. На овакав начин израђено оружје представља глобалну безбедносну претњу с обзиром да је готово немогуће контролисати овакву производњу на начин на који је контролисана наменска производња. Тако би практично оружје било надохват руке свим заинтересованим лицима, међу којима би вероватно било и злонамерних. Као додатни проблем јавља се и отежана детекција таквог оружја на уређајима који омогућавају контролу приступа (гранични прелази, посебно штићени објекти и сл.) У прилог оправданости истраживања дат је приказ броја кривичних дела са употребом конвенционалног ватреног оружја без улажења у правну квалификацију дела извршених на територији Републике Србије у периоду од 2006. до 2015, из кога је очигледно да је убедљиво највећи број извршених кривичних дела коришћењем пиштоља и то сто пута више у односу на употребу других оружја.



Слика 1 – Број кривичних дела уз употребу ватреног оружја у Републици Србији у периоду 2006-2015. година²

Не улазећи у анализу процента расветљености ових кривичних дела, а под претпоставком да се на територији Републике Србије почне користити и оружје штампано 3Д техником, може се сматрати да употреба штампаног оружја тродимензионалном техником представља велику безбедносну претњу.

Унутрашњебалистички прорачун стрељачког оружја

Стрељачко ватрено оружје обухвата све врсте ватреног оружја до калибра 12,43mm (Ивановић, Бјеловук, 2010). Метак стрељачког оружја садржи пројектил, чауру, барутно пуњење као погонско гориво и средство за његово иницирање. Пројектил стрељачког оружја обично има кошуљицу од меког метала у којој је смештено оловно или челично језгро и чврсто је спојен са чауром у једну целину. Неки пројектили малих калибара немају кошуљицу већ само оловно језгро. Намена чауре је смештање барутног

² Извор: МУП Републике Србије

пуњења и средства за његово припаљивање, као и обједињавање свих елемената метка у једну целину. Да би чаура исправно вршила своју функцију, израђује се од материјала са таквим механичким карактеристикама да буде отпорна и еластична с обзиром да се при процесу опаљења метка шири преносећи при томе притисак барутних гасова на зидове лежишта метка, а после опаљења се враћа на првобитне димензије. За израду чаура обично се употребљава месинг (легура бакра и цинка, а понекад се смеси додаје и никл) или челик, којом приликом је потребна додатна заштита од корозије. Улога чауре је да добро заптива барутну комору и штити барутно пуњење од штетних атмосферских утицаја и лежиште метка од дејства продуката сагоревања барута за време процеса опаљења метка, омогућава лако пуњење и пражњење оружја. Дачауре садржи обод, лежиште за капислу и отвор за пролаз пламена од каписле ка барутном пуњењу ради његовог активирања. Код стрелачке муниције се користе иницијалне каписле напуњене иницијалном смешом, која даје топлотни импулс у виду пламена. Иницијална каписла се активира краткотрајним механичким импулсом који даје ударна игла. Барутно пуњење подразумева тачно одређену количину барута дефинисаног хемијског састава, физичко-хемијских и балистичких особина, одређеног облика и димензија. Код стрелачког оружја барутно пуњење је слободно насуту у чауру. Барути могу бити у облику праха, малих неправилних сфера, цилиндричних једноканалних или вишеканалних зрна, плочица, трака, цеви, шипки или цилиндричних блокова. Сагоревање барута се врши по паралелним слојевима.

Унутрашњи балистички прорачун обично се своди на проблем да се за познато оружје (познате карактеристике цеви, чауре, пројектила, барута) одреди закон кретања пројектила у цеви. То подразумева решавање система једначина које одражавају законитости процеса опаљења чиме се дефинише зависност притиска барутних гасова (p) и брзине пројектила (v) од конструктивних карактеристика канала цеви оружја и услова пуњења у виду $p(l)$, $v(l)$, $p(t)$, $v(t)$ где је l пут пројектила у цеви, а t време кретања пројектила у цеви. Тако је могуће одредити вредност и положај максималног притиска, карактеристика на крају сагоревања и у тренутку када је дно пројектила прошло кроз уста цеви. Основ унутрашње балистичког прорачуна представља геометријски закон сагорева-

ња који подразумева хомогеност барута, једновремено паљење, сагоревање по паралелним слојевима истом брзином продирања фронта пламена управно на површину сагоревања. „Притисак барутних гасова не сме прелазити одређену величину максималног притиска p_{max} , која обично зависи од величине почетне брзине пројектила и моћи оруђа“ (Јарамаз, Мицковић, 2002:87).

Решавање основног задатка унутрашње балистике подразумева примену компјутерских програма. У систем једначина унутрашње балистике дат једначинама (1)-(5) уносе се основни подаци – карактеристике цеви, карактеристике пројектила и карактеристике барута. Унутрашњебалистички циклус је описан једначинама енергије, сагоревања барута и кретања пројектила:

$$(1-T_v)f m_b \psi / \Theta = \varphi M_p V^2 / 2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\Psi = \kappa_1 z (1 + \lambda_1 z) \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma = 1 + 2\theta_1 z \dots\dots\dots (3)$$

$$u = de/dt = u_o + p^n + b_k = u_o p \dots\dots\dots (4)$$

$$\varphi M_p v (dv/dt) = sp \dots\dots\dots (5)$$

где је: φ [/] – коефицијент фиктивности; f [kJ/kg] – сила барута; m_b [kg] – маса барута; M_p [kg] – маса пројектила; ψ [/] – релативни део сагорелог барутног пуњења; z [/] – релативна дебљина сагорелог свода; σ [/] – релативна сагорела површина барута; κ_1, λ_1 – карактеристике облика барутног зрна; T [K] – температура барутних гасова; T_v [K] – температура сагоревања барута при константној запремини; v [m/s] – брзина кретања пројектила; u [m/s] – брзина сагоревања барута; u_o [m/s.bar] – јединична брзина сагоревања барута; p [bar] – притисак барутних гасова; $\Theta = c_p/c_v - 1$; e [m] – свод барутног пуњења; S [m²] – површина попречног пресека канала цеви оружја; n [/] – експонент у изразу за брзину сагоревања; b_k [m/s] – константа у изразу за брзину сагоревања.

При унутрашњебалистичким испитивањима се прати понашање оружја током процеса опаљења, дужина трзања, потпуност сагоревања барута, количина и боја дима, постојање пламена на устима цеви и јачина пуцња (Јарамаз, Мицковић, 2002:137).

Ватрено оружје штампано 3Д техником и криминалистичко-техничко испитивање

Основни задатак који се поставља приликом пројектовања оружја и муниције јесте да се мора водити рачуна да притисак барутних гасова који се ствара приликом процеса опаљења не пређе вредност коју цев оружја може да издржи. Оружје штампано 3Д технологијом могло би се израдити на начин да се најпре израде одговарајући технички цртежи (Computer Aided Design – CAD програм израђује документ са 3Д моделом обично у .stl формату) по којима би штампач направио предмет са цртежа с обзиром да 3Д штампачи функционишу као нумерички управљане машине (Computer Numeric Control). Радом ових машина управља се по три координатне осе (x , y , z) тако да припадајући софтвер препознаје попречне пресеке компоненти оружја по одговарајућим осама и преноси команду за штампу тих пресека у виду танких слојева чија дебљина зависи од жељене прецизности. Тако се израђује 3Д модел у радном простору наношењем специјалног праха и везивног средства сваке компоненте појединачно по пресецима, односно слојевима, након чега се врши склапање. Избором карактеристика праха за штампање и везива штампани предмет имаће одговарајуће карактеристике и боју. С обзиром да се унутрашњебалистичким прорачуном могу добити вредности температуре и оптерећења које је потребно да издржи цев оружја приликом процеса опаљења, може се управљати својствима материјала за тродимензионалну штампу. Предмет који треба да буде израђен на 3Д штампачу може да буде израђен преко цртежа или да постоји скениран документ као улаз. Практично гледано, свако оружје које постоји на тржишту могло би бити скенирано и одштампано и на тај начин умножено у неограничен и неконтролисан број копија. У садашњем тренутку на територији Републике Србије не постоји велики број лица (што правних, што физичких) која поседују 3Д штампач с обзиром на његову цену. Међутим, протеком времена цена сваке технологије, односно машине опада и машина бива замењена другом машином савременије технологије, па ће у једном тренутку, с обзиром на цену 3Д штампача, ова технологија бити доступна већем броју корисника, а самим тим је већа и веро-

ватноћа злоупотребе. Масовна, а неконтролисана производња оружја представља велику претњу безбедности.

С обзиром на вредности притисака и температуре барутних гасова који се реализују током процеса сагоревања поставља се питање које су граничне вредности притиска и температуре које оружје израђено технологијом 3Д штампе може да издржи. У САД је било покушаја израде 3Д штампаног оружја (тзв. Либератор) где је оружје израђено од пластичног материјала, а ударна игла од метала.³ На овако израђено оружје не би требало очекивати идентичну реакцију уређаја за противдиверзиону контролу на граничним прелазима, аеродромима, улазима у државне институције, стадионе, дворане у којима се одржавају спортске манифестације, концерти, позоришне представе и др., а који се користе за недеструктиван преглед лица, ташни, пртљага и сл., с обзиром да нису израђени од метала, као што ће конвенционално оружје, тј. Метални делови бити „видљивији“ при прегледу.⁴ Додатни проблем је и што на овај начин израђено оружје неће имати серијски број с обзиром да је израђено у кућним условима, а не у фабрици наменске производње. Из наведеног се може закључити да се код оваквог оружја тешко може утврдити порекло.

У случају постојања основане сумње да је из оружја штампаног 3Д техником некој особи нанета телесна повреда или извршено убиство, то оружје треба да буде одузето и послато на балистичка испитивања. Након прелиминарних испитивања која подразумевају да се утврди да ли је уопште реч о оружју и ако јесте о каквом (да ли је оружје ватрено, да ли је фабричке или ручне израде), приступа се испитивању његове функционалне исправности, да ли је уопште и могуће из таквог оружја извршити опалење и ако јесте да ли је из тог оружја пуцано и када, а што је у директној вези са могућношћу наношења повреда ватреним оружјем некој особи.

Сегмент испитивања исправности оружја подразумева и испаливање метака из оружја осумњиченог у балистичком тунелу.

³ Више о томе на: <https://www.wired.com/2014/05/3d-printed-guns/> доступно 25. 10. 2016.

⁴Опширније о уређајима који се користе на аеродромима видети у: Teodorović, S., (2016). The role of biometric applications in air transport security, *NBP – Žurnal za kriminalistiku i pravo*, br. 2, str. 139-158.

лу. Приликом испаливања сваког метка из ватреног оружја на дну чауре, конкретно на иницијалној каписли, остаје траг ударне игле с обзиром да је она израђена од тврђег материјала у односу на материјал чауре. Исправност ватреног оружја уопште подразумева скуп техничких карактеристика које одређени тип оружја мора да задовољи. „Из сваког исправног оружја може да се испали метак, али свако оружје из кога може да се пуца не мора да буде технички исправно“ (Фрањић, 2009:179). Након утврђивања исправности оружја приступа се процесу идентификације. Основни кораци при идентификацији оружја подразумевају најпре идентификацију на нивоу општих карактеристика, тј. утврђивање врсте оружја (пиштољ, револвер и сл.), начина функционисања, да ли је у цивилној или војној употреби, из које државе потиче, ко је произвођач, који је модел, ког је калибра, да би се потом утврдио серијски број оружја. У том смислу сваки произвођач оружја на одговарајућим местима на оружју утискује одређене ознаке које су специфичне само за одређени модел. Посебан значај имају индивидуалне карактеристике оружја специфичне само за конкретно оружје. Индивидуалне карактеристике настају током процеса производње, употребе, чишћења, старења, али и сервисирања и поправки. Сви елементи конструкције оружја који учествују у процесу опаљења метка и притом имају контакт са деловима метка (припала, чаура, пројектил) остављају на њима специфичне трагове. Они су најчешће у облику мањих или већих удубљења, испупчења која су видљива под микроскопом. Како је врх ударне игле овалан и налази се обично у оси канала цеви ватреног оружја, то приликом процеса опаљења ударна игла удара у иницијалну капислу на којој остаје траг у виду удубљења који се назива кратер. У зависности од облика врха ударне игле, материјала од кога је израђена иницијална каписла, грешака приликом производње оружја (системске грешке које се могу јавити код већег броја оружја и случајне), грешака насталих при употреби оружја и др., трагови удара се међусобно разликују. У том смислу, када се на компаративном микроскопу или аутоматском систему за идентификацију оружја посматрају идентификационе карактеристике на чаури, које су настале пресликавањем индивидуалних карактеристика са елемената оружја који могу оставити траг на метку током процеса опаљења, може се уочити низ рељефних линија – бразде, кратер, огреботине и сл. (испупчења на деловима оружја у

процесу опаљења постају удубљења на деловима метка и обрнуто). Ударна игла оставља траг у виду кратера који може бити позициониран у центру или са стране данцета чауре, у зависности од конструкције оружја, и он може имати различит облик, интензитет, дубину, положај страна кратера и сл. Сем трага ударне игле, који је доминантан на данцету чауре, могу се уочити и трагови чела затварача, извлакача и сл. При ротационом кретању пројектила кроз олучену цев оружја остају трагови од поља услед урезивања јер се метак конструише и прави тако да постоји толеранција преклопа између пречника цеви и пројектила јер је кошуљица пројектила израђена од мекшег материјала него цев (Ђорђевић, 1999). У случају да је цев израђена од материјала насталог спајањем праха и везива на 3Д штампачу поставља се питање карактеристика таквог материјала и колика су оптерећења која он може да издржи. Уколико је материјал цеви од мекшег материјала у односу на пројектил, за очекивати је да се трагови опаљења појаве на унутрашњости цеви (услед сагоревања барута, стварања продуката реакције под притиском и кретања пројектила кроз цев). Код конвенционалног оружја рељефни трагови у виду неколико групација паралелних линија се налазе под одређеним углом у односу на осу пројектила, зависно од угла завојнице у цеви и типа оружја, односно произвођача. Прецизним мерењем ширине трага жљеба, поља и угла завојнице може се утврдити тип оружја из којег је пуцано (идентификација на нивоу општих карактеристика) код серијски урађеног оружја у фабрикама. Код 3Д штампаног оружја, с обзиром на начин израде није могуће разликовати трагове урезивања поља на пројектилу на нивоу општих карактеристика приликом процеса идентификације у балистичкој лабораторији на исти начин као код ватрених оружја серијске израде. Под претпоставком да штампано оружје може да функционише као ватрено, приликом идентификације оваквог оружја које није фабричке израде требало би поступати као и са оружјем ручне израде.

Закључак

Пре него што би се могла реализовати претња масовне и неконтролисане производње ватреног оружја израђеног коришћењем 3Д штампача требало би размотрити могућност контроле по-

седовања и коришћења оваквих уређаја. С обзиром да су за израду ватреног оружја уопште, па и за израду на 3Д штампачима, потребни технички цртежи ватреног оружја, требало би најпре онемогућити да такви цртежи буду јавно доступни, нарочито на интернету, с обзиром да би већа штета могла наступити злоупотребом него нарушавањем слободе изражавања. Наиме, уколико овакви цртежи нису јавно доступни, умногоме би било отежана израда оваквих оружја, али и сужен круг осумњичених лица на оне који поседују специфична знања у вези са конструкцијом ватреног оружја. Такође, требало би унапредити рад уређаја за противдиверзионе прегледе, конкретно за скенирање пртљага у смислу подешавања да реагују на вредности густина које су карактеристичне за материјале од којих су израђени ови предмети, тј. повећати осетљивост ових уређаја. Припадници полиције који раде на расветљавању кривичних дела извршених оваквим оружјем морају бити адекватно оспособљени и оштрчени, али и поседовати повећану дозу опрезности при противдиверзионим прегледима у смислу да сам облик предмета може указати да је у питању ватрено оружје без обзира на материјал од ког је израђен. При расветљавању кривичних дела из области производње али и трговине оваквим оружјем интернет и друштвене мреже могу бити користан извор информација за полицију с обзиром на врсте претраживања података на мрежи од стране појединих лица и, сходно томе, могу указати на потенцијално осумњичену особу.

Литература

1. Ђорђевић, И., (1999). Карактеристике муниције специјалне намене са аспекта криминалистичких вештачења, *Безбедност*, 41(4): 513-529.
2. Фрањић, Б., (2009). *Форензичка балистика*, Сарајево.
3. <https://www.wired.com/2014/05/3d-printed-guns/>, доступно 25. 10. 2016.
4. Ивановић, А., Бјеловук, И., (2010). Поузданост криминалистичко-техничких метода за детектовање трагова барутних честица на шакама осумњичених, *Безбедност*, 52(3): 7-23.
5. Јарамаз, С., Мицковић, Д., (2002). *Унутрашња балистика*, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд.

6. Липовац, К., Бјеловук, И., Нешић, М., (2010). *Примена савремених уређаја и опреме у форензичкој обради места догађаја*, Зборник радова са Првог научно-стручног скупа са међународним учешћем – Право и форензика у криминалистици, Крагујевац, 15.-17. март 2010; Криминалистичко-полицијска академија, Београд, стр. 27-38.
7. Peng, W., Jun, W., Xiangyu, W., (2016). *A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry Automation in Construction*.
8. Tien-Chi H., Chun-Yu L., (2017). From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, 34(2): 604-613.
9. Teodorović, S., (2016). The role of biometric applications in air transport security. *NBP – Žurnal za kriminalistiku i pravo*, 21(2): 139-158.

Forensic examination of physical evidence on ammunition fired from 3D printed guns

Abstract: *Printing techniques are constantly being improved following the development of computer technology. In recent years we are witnesses of a useful printing of objects in three dimensions in industry, medicine, arts and other fields. Also, this technology can be abused to make weapons in an improvised ballistic laboratory. The question is, if such a weapon is used to commit crime (murder, attempted murder, grievous bodily harm, causing general danger, etc.) how can one examine traces of the ammunition or parts of the ammunition fired from the weapon. This way of producing weapons is an illegal act and a global threat, so it is vital to consider how to prevent abuse of this technology and opportunities of forensic investigations of ammunition fired from such a weapon if it is used for committing a crime.*

Keywords: *3D print, firearm, evidence, ballistics, forensic examination*