

A sodronypáncélok vizsgálatának lehetőségei

Az írott források tanulságaitól, az alkalmazott anyagtudományi vizsgálatok eredményeiig

KOZÁK-KÍGYÓSSY SZABOLCS LÁSZLÓ

Bevezetés és kutatástörténet

A sodronypáncélok az európai hadszínterek elterjedt és meghatározó eszközei voltak hosszú időn keresztül. Eredetük az ókorig nyúlik vissza, harctéri alkalmazásuk végpontját pedig a 17. század jelenti. Figyelemre méltó tény, hogy ellentétben a fegyvertörténet folyamatosan változó világában található harci eszközök többségével, ezen időszak alatt a sodronypáncélok struktúrája érdemben nem sokat változott. Az egymásba kapcsolódó vasgyűrűkből álló páncélzat célja a testre mért erőhatás mozgási energiájának elnyelése volt. Ezt a fajta vértet mindig steppelt, bélelt ruhadarabokkal együtt hordták, így minimalizálva a szervezetben bekövetkező esetleges traumákat. Ezeket a testvédelmi eszközöket különböző formákban alkották meg, az emberi és állati test igényeinek megfelelően.¹

A sodronypáncélok kutatása mindezidáig háttérbe szorult a sokkal impozánsabb lemezvérték mögött. Ennek okai között nem csak az esztétikai tényezőket találjuk, hanem azt aényt, hogy míg egy lemezvért vagy egy vért elem gyakran köthető személyekhez, a sodronypáncélok esetében erre csak kivételes esetekben van példa. A lemezpáncélokról gyakran találunk feljegyzéseket, amelyekből következtethetünk arra, hogy ezek a darabok mely személyek számára készültek. A vértezet anyagába üttött mesterjegyek segítségével pedig sok esetben azonosítani lehet magukat a készítő művészeket és mestereket is. Emellett a teljes lemezpáncélzatok számos további szempont alapján vizsgálhatók: gyakran magas művészeti értéket képviselnek, betekintést nyújthatnak a korabeli reprezentáció egy szeletébe, a formavilág változásán keresztül tendenciák állapíthatók meg és fejlődési ívek rajzolhatók, valamint technológiai szempontból is elemezhetőek. Egy acéllemezekből álló teljes testpáncél virtuálisan megeleveníti egykori viselőjét: következtetni lehet belőle magasságára, fizikumára és testalkatára. A sodronypáncélok vizsgálati lehetőségeinek az említett szempontokkal való összevetése után világossá válik, hogy az elmúlt százötven év tudományos igényű kutatásai miért kezelték kissé mostohábban ezeket a tárgyakat. Az esztétikai szempontból talán kevésbé attraktív sodronypáncélok sokkalta nehezebben köthetőek személyekhez, mivel szerkezetük "folyékony",² így viselőjük testalkatára is nehezebb következtetni,

¹ A sodronypáncélzat állatok testének védelmére is használták, akár önállóan, akár komplexebb testvédelmi rendszer részeként. Európában ezalatt praktikusán lovak páncélozása értendő, keleti kultúrákban más állatok (pl.: elefántok) testének védelmezésére is alkalmazták.

² Tóll László honosította meg ezt a találót, átvitt értelmű fogalmat (TÓLL 2009, 39). A fémből készült sodronygyűrűk egymáson képesek elmozdulni, így bizonyos határokon belül némileg eltérő alakot

továbbá használatuk a legtöbb esetben valószínűleg nem csupán egy-egy személyre korlátozódott. Ezen tárgyak készítőinek azonosítása is problémásabb, ugyanis csak ritka esetekben találunk a sodronypáncélokban olyan réz gyűrűket, amelyek a készítőre vagy az előállítás helyszínére utalnak.

A láncpáncélok Samuel Rush Meyrick munkája óta különböző megközelítésekkel vizsgálták.³ Leghamarabb maga a struktúra került a tudományos érdeklődés középpontjába, majd a forma következett. A láncpáncélok alakjának változását érintő kérdések tisztázásában a különböző képzőművészeti ábrázolások lendítették előre a megismerés folyamatát. A síremlékek, freskók, kódexek miniatúrái, szobrok és faragások segítségével mára már megközelítőleg pontos és részletes képet alkothatunk a leglényegibb sodronypáncél-elemek alakjainak fejlődéséről. Azonban ez az eredmény nem teszi lehetővé, hogy csupán ez alapján érvényes következtetéseket tudjunk levonni egy ilyen típusú páncélról. Ugyanígy, ezen tárgyak esetében küllem alapján is csak tágabb időhatárokra belüli datálásra nyílik lehetőség.

A 19. század végétől új megközelítési irányok kerültek előtérbe. A vonatkozó történeti források egymást követő feltárásával újabb és újabb részletek váltak ismertté a sodronypáncélok kereskedelmét illetően, továbbá erősen korlátozott mértékben, de bepillantást nyerhettünk egyes megrendelési- és szállítási ügyletekbe is,⁴ ezek kapcsán pedig a feltüntetett árak is napvilágot láttak.⁵ Újabban fontos információkat nyert a kutatás az írott kútfőkből a sodronypáncélok tisztítására vonatkozóan,⁶ illetve további adatokkal bővült a

vehet fel a páncélzat, akár egy vaslánc szemei. Innen erednek a sodronypáncélokra ma használt modern terminológiák: magát a sodronypáncélt láncpáncélnak, illetve láncvértnek is szokás nevezni, a sodronypáncélt alkotó gyűrűket pedig láncszemeknek. Mára mindegyik műszozt alkalmazza a kutatás, de igazán egyik sem tekinthető pontos terminus technicusnak. Az összetett kifejezés elötagjai tekintetében a *sodrony* szó a vasból esetleg acélból készült húzott drótra (huzalra) utal, míg a *lánc* pedig az egymásba kapcsolódó vasgyűrűkre. Talán a legszerencsésebb variáns a *láncpáncél* szóalak, amelynek második tagja a késő középkorban és kora újkorban használatos német *pancer*/*panzer*, illetve latin *panceria* szóalakra utal. Ebből eredhet a magyar páncél szavunk is. (Jelen tanulmányban mindegyik szóalakkal találkozhatunk.)

³ Hagyományosan Meyrick publikációját tartja a sodronypáncélokkal foglalkozó szakmai közösség az első modernnek számító, tudományos igényű munkának. Habár azóta a szerző megállapításai közül több is érvényét veszítette, a mű fontos érdeme, hogy a tárgycsoportra felhívta a tudományos közösség figyelmét (MEYRICK 1821, 120–145). Meyrick sodronykategóriáinak jelentős részét Blair cáfolta meg (BLAIR 1958, 20–23).

⁴ ORIGO 1992, 36; NIGRO 2010, 421.

⁵ BRUN 1951, 209–231.

⁶ A londoni Tower fegyvertárának feljegyzései között találunk példát erre: naponta hat penny-t fizettek munkásoknak azért, hogy 45 napon át a rozsdás sodronypáncélokot hordókban gurítsák: „*iiiij valletorum quolibet eorum ad Vj d per diem per XLV dies vertentas barellos cum diversis harneis de maille*” (RICHARDSON 2012, 46). Ez a sodronyvértek korróziómentesítésének egyetlen lehetséges módja. A gurított hordókban a mozgó sodronyvértek gyűrűi minden oldalról egymással súrlódtak, ezáltal eltávolítva a felületi rozsdát. Könnyen elképzelhető, hogy a hordókba finom, száraz homokot is tettek, amely megkönnyíthette a makacsabb korróziós rétegek eltávolítását. A késő középkori Magyarországon is találunk utalást páncélok megtisztítására. A bártfai számadáskönyvben 1438. augusztus 22-én többek között az alábbi tétel szerepel: „*Item quod loricas mundaverunt.*”

láncpáncélok előállítási helyeit tartalmazó virtuális térkép, valamint megismerhetővé vált az egyéni igényeknek megfelelő készítési folyamat is.⁷

A 20. századtól egy új szemlélettel gazdagodott a sodronypáncélok kutatása, s ennek köszönhetően technikátörténeti érdeklődésből kiindulva megkezdődött ezen tárgyak anyagvizsgálata. A történeti muzeológia az anyagtudomány modern eszközeivel karöltve két fő kérdésre kereste a választ: milyen anyagokból állították elő ezeket a páncélokat, valamint milyen eljárásokat használtak a korabeli páncélkészítők? Természetesen ezek a vizsgálatok is mozaikszerűek, hiszen csak csekély számú láncpáncélt érintenek.⁸ Ezzel érdemes szembeállítani azt a tényt, hogy a késő középkor idején már bizonyosan nagy mennyiségben, pre-indusztriális keretek között készítették ezeket a testvédelmi eszközöket.⁹ Ebből következik, hogy ezek az eredmények nem vetíthetők ki az egész tárgykörre, csupán lehetséges válaszként interpretálhatók. Ilyen kísérlet volt korábbi tanulmányom is, melynek során igyekeztem a készítési folyamat már ismert elemeit és variánsait rendezni, valamint kitölteni a hiányos részeket és rekonstruálni magukat a készítéshez használt eszközöket.¹⁰

A sodronypáncélok vizsgálatának módszerei

Amint a fentebbi vázlatos áttekintésből látható, a sodronypáncélok tudományos igényű kutatásának kezdete óta még mindig csak töredékes képünk van ezekről a tárgyairól. Ebből fakad jelen tanulmány talán legfontosabb kérdése: milyen lehetősége van a történéseknek arra, hogy kipótolhassa ezeket a hiányzó részeket? Ehhez az alaposabb megismeréséhez több megközelítési lehetőséget szükséges figyelembe venni, ezenfelül több társ- és segédtudományt is érdemes bevonnunk a kutatásba. Ez a metodika egy lehetséges út lehet a 21. század történéseinek, régészeinek és muzeológusainak ahhoz, hogy többdimenziós képet alkothassanak vizsgálati területeikről. Ez a korábban említett tanulmány esetében azt jelentette, hogy az írott források mellett figyelembe kellett venni a történeti muzeológia, az anyagtudomány és a régészet eredményeit, valamint sajátos ismereteket igényelt a kísérleti régészet, egyúttal a kovácspár területén. Bár ezáltal következtetni lehetett a sodronypáncélok készítésekor alkalmazott eszközökre szerszámokra és technikákra, továbbra is megválaszolatlanul maradt az a kérdés, hogy milyen anyagokkal dolgoztak a korabeli sodronyvért készítők?

(FEJÉRPATAKY 1885, 345–395). Fontos hozzátenni, hogy a latin *lorica* kifejezésből nem derül ki, hogy pontosan milyen páncélról van szó.

⁷ BLAIR 2005, 106. Ez a forrás azért bír kardinális jelentőséggel, mert tartalmazza a méretezés menetét is.

⁸ Ilyen kutatásokat végzett A. R. Williams, J. R. Vilella, D. Tweddle és V. Vike (WILLIAMS 1980, 105–143; VILELLA 1958; TWEDDLE 1998, 998–1081; VIKE 2000, 1–40).

⁹ BLAIR 1958, 79. Ezt írja le Burgess is, aki a pre-indusztriális kifejezést használja (BURGESS 1960, 152).

¹⁰ KOZÁK-KÍGYÓSSY 2016, 54–73. Több eredmény módosult az említett tanulmány megírása óta, azonban a több szempontú megközelítés miatt tanulságosak lehetnek az itt taglaltak.

Ezt a kérdést először metallográfiai szempontból közelítették meg először a kutatók. Edward Martin Burgess szerint ezeknek a páncélokak alapanyagául a lágyvas,¹¹ illetve kisebb mértékben az alacsony széntartalmú acél szolgált.¹² Töll László szintén nyomatékosítja, hogy a téves közhiedelemmel ellentétben a láncvérték készítéséhez használt leggyakoribb alapanyag a lágyvas lehetett és nem az acél.¹³ Ezt látszik megerősíteni az Alan. R. Williams által végzett vizsgálat, amely során megállapította, hogy az általa tanulmányozott kilenc sodronyvért közül mindössze három készülhetett acélból, melyeket a 16. századra datált.¹⁴ Kutatásában Stanley Smith is többségében lágyvas alapanyagokat határozott meg.¹⁵ A Williams professzor által tanulmányozott kilenc középkori európai mintából egyfajta technikai fejlődésre következtethetünk: a kora- és érett középkorban széles körben elterjedt, kovácsoltvasból készült gyűrűk keménységénél hétszer nagyobb értéket mutatott a 16. századra datált, edzett acélból készült minták keménysége.¹⁶

Az imént tárgyalt anyagvizsgálati eredmények meggyőzőek, de mivel ezek a kutatások csak néhány tucat sodronypáncél egy-egy gyűrűjét érintették, az így kapott végeredmény nem általánosítható. Fontos hozzátenni, hogy egy-egy sodronypáncél több tízezer sodronygyűrűből (és szegecsből) áll, előfordul, hogy egy vértelen belül több különböző összetételű huzalból megmunkált gyűrűt találunk. Ez már önmagában is kételkedésre adhat okot, azonban azt a tényt is figyelembe véve, hogy a késő középkorra nagymennyiségben készítették ezeket a páncélokak és óvatos becslések szerint is több tízezer, esetleg több százezer forgott ezekből a tárgyakból Európa hadszínterein és piacain, akkor a néhány tucat vizsgált láncpáncél alapján kockázatos lenne következtetni ezeknek az alapanyagára pusztán a fentebbi adatokból.

Az anyagvizsgálatok hiányosságai, illetve eredményeik mozaikszerű jellege, az írott források vizsgálatával egészíthető ki. A késő középkori inventáriumokban, kereskedők leveleiben és adásvételi ügyletek leírásakor több esetben is találkozunk a vasból és az acélból készült sodronyvérték egyértelmű megkülönböztetésével. A londoni Tower inventárium a 1359. évben megemlékezik 12 acélból készült páncélingről. Eltérés mutatkozik a

¹¹ Az acél a vas legfontosabb ötvözet, fő ötvözője a szén. Az ötvözetben a szén arányának növelésével, nagyobb szilárdságú acél állítható elő, ugyanakkor az ötvözet arányosan kevésbé lesz képlékeny. A szén mellett más elemek is használhatók ötvözőként, példaként említhető, hogy késő középkor idejéből készült észak-itáliai páncélok anyagában mangán is gyakorta kimutatható. Alan R. Williams meghatározása szerint a késő középkori lemezvérték és a sodronypáncélok alapanyaguk szerint három kategóriába oszthatók: az első a lágyvas, amely elhanyagolható széntartalommal bír, a második az alacsony széntartalmú acél (0,1–0,3 %), a harmadik a közepes széntartalmú acél (0,4%-nál magasabb karbon tartalommal) (WILLIAMS 2003, 61).

¹² BURGESS 1953, 58; BURGESS 1960, 151. A korai feltételezések ellenére mára a kutatók többsége egyetért abban, hogy a láncvérték készítéséhez a legcélszerűbb alapanyag a lágyvas lehetett.

¹³ TÖLL 2009, 37. Érdemes megjegyezni, hogy a kiváló fegyvertörténész nagy volumenű munkája újszerű és inspiratív kutatás, amely hiánypótlólag hat a magyar nyelvű munkák között.

¹⁴ WILLIAMS 1980, 106. Ezek a darabok hőkezelték is voltak.

¹⁵ BURGESS 1960, 151.

¹⁶ WILLIAMS 1980, 108.

szóhasználatban, illetve az értékben is, így biztosra vehető, hogy értelmi megkülönböztetésről van szó, nem szóhasználati eltérésről. Tizenkét darab acél sodrony ára 73 shilling 4 penny volt, míg tíz darab lágyvasból készült értéke mindössze 40 shilling.¹⁷ Eszerint az acélból készült – és magasabb technológiát képviselő – láncing ára ekkor majdnem kétszerese volt a lágyvasénak. A 14. századi Itáliából származó forrásaink között is találunk bizonyítékokat acélból készült láncpáncélokra.¹⁸ Francesco Datini 1379. január 21-én Avignonból küldött egy levelet Bandini Zanobi di Domenico részére, akit két Milánóból induló gálya rakományáról értesít: „*O chiesto a mettano a Tieri 20 camagli e la bozza et 120 camagli a boza et 120 chamagli di ferro, tuti detto guisa grandi e belli e bene lavorati e puro e chiesto allo detto tieni 4 chotte d'acaio e la boza e 4 chote d'acaio [...]*”.¹⁹ Utóbbi kútfő kiemelt részlete szintén megkülönböztet vasból és acélból készült láncpáncélokot, mindezt egy mondaton belül.

Milánó a korszak jelentős fegyverkészítő- és kereskedelmi központja volt, ahol a páncélkészítő-iparágak üzése jelentette a város gazdaságának fő profilját,²⁰ melyhez a kiváló alapanyagot a közeli Camonica és Trompia völgyekben bányászták, ötvözőelemekben gazdag vasérc adta.²¹ Az itt kitermelt érc magas mangántartalommal bírt, amely az ebből kidolgozott acélt szilárdtá tette.²² Az edzett és nagyobb keménységű sodronyvértek tudatos előállítására utal Giambattista della Porta leírása is a *Magiae Naturalis* című művében.²³ Az 1558-ban megjelent kiadványa a cementálásos kéregedzés pontos leírását tartalmazza, kifejezetten sodronypáncélokra vonatkozólag.²⁴

Összefoglalva a láncpáncélok nyersanyagával kapcsolatos metallográfiai- és történeti információkat, megállapítható, hogy már a késő középkorban készítettek acélból sodronypáncélokot. Ezeket a kéregedett láncpáncélokot tudatosan állították elő, a kor tudományos és technológiai vívmányaival, amelyek – ahogy della Portánál is több esetben feltűnik – keveredtek az alkímiával. Az írott kútfőkben látott arányok alapján megerősíthető az anyagvizsgálati kutatásokkor levont következtetés, miszerint a láncpáncélok

¹⁷ RICHARDSON 2012, 45

¹⁸ BRUN 1951, 218–219.

¹⁹ Busta 1086, inserto 12, codice 9281567. Köszönettel tartozom Falvay Dávidnak és Vadas Andrásnak a levélrészlet átírásában és összeolvasásában nyújtott segítségükért. A levélrészletben csak Tieri-ként említett személy Tieri di Benci. Ő futárként dolgozott a kereskedőnek 1371–1373 között évi 25 florentinus fizetésért (NIGRO 2010, 264).

²⁰ ORIGO 1992, 36.

²¹ NIGRO 2010, 421.

²² A 15. századi Magyarországon is ismertek úgynevezett acélbányákat. Draskóczy István korabeli itáliai forrásokban az 'acélra' vonatkozó megnevezésként az *azaio*, *acciaio*, *azzale*, *azale* olasz szavakat azonosította. A ránk marad dokumentumokban szintén megjelenő *acélbányákról* az alábbi írja: „*Az a körülmény, hogy valaki acélbányákról ad hírt, első pillanatra meglepőnek tűnik, hisz az acél egyértelműen vasból készült kohászati termék, ám a magyarországi forrásokban más alkalommal is találkozunk velük. Ennek oka az lehet, hogy a korszakban úgy vélték, az érc minőségét az szabja meg, hogy melyikből sikerül acélt előállítani.*” (DRASKÓCZY 2010, 58).

²³ DELLA PORTA 1957, 308.

²⁴ A teljes munkafolyamat magyar nyelvű leírása: KOZÁK-KÍGYÓSSY 2016, 67.

többsége azonban lágyvasból készülhetett.²⁵ Kis mértékben találkozunk olyan lágyabb alapanyagokkal is, mint például a réz, vagy az ezüst. Az ezekből készült sodronyvértek a feltételezések szerint lágyaságuk miatt díszpáncélok lehettek.²⁶ Fennmaradt tárgyi emlékeken és ikonográfiai mintákon egyaránt megjelennek a vasból készült sodronyvérteket díszítő réz gyűrűk sorából álló szegélyek (6–7. ábra).²⁷

A sodronying védelmi értéke az alkalmazott anyagtudományi vizsgálatok fényében

Az alkalmazott anyagtudományi vizsgálatok módszerei és szempontjai

A sodronypáncélokot övező számos, még nyitott kérdéskör közül az egyik legfontosabb mindezidáig megválaszolatlan maradt. Amint ismeretes, a sodronyvértek évszázadokon át meghatározó testvédelmi eszközök voltak. Hagyományosan ehhez a páncéltípus leküzdéséhez szokás származtatni a nagy erejű számszerijak és hosszú íjak elterjedését is, amelyeket a 14. század legelejétől alkalmaztak széles körben az európai hadászatban.²⁸ Ezekből a tényezőkből kifolyólag felmerül a kérdés: vajon mekkora erőhatásnak tudott ellenállni a sodronypáncél?

Talán első gondolatra a legérvényesebb eredményre vezető módszernek a fennmaradt sodronypáncélok roncsolásos vizsgálata tűnhet, azonban erre nincs lehetőség. Azon a tényen kívül, hogy ezáltal a műtárgyak maradandó sérülést szenvednének, ez az eljárás nem is praktikus. Egyrészt az eredményeket befolyásolná a több évszázados korrózió, másrészt a kísérlet nem lehetne reprezentatív, hogyha a különböző anyag összetételű, -korú és eltérő technikákkal elkészített sodronymintákat vetnénk ilyen jellegű vizsgálat alá. Milyen lehetősége van a kutatónak akkor, hogyha mégis közelebb kíván kerülni a kérdés megválaszolásához?

Ahhoz, hogy az alkalmazott anyagtudomány segítségével összehasonlító szakítóvizsgálati mérések elvégzésére kerülhessen sor, előbb több tucat mintára

²⁵ A fentebb említett levélben összesen 268 sodronyból készült páncéltermék szerepel. Ezek közül 120 darab *camaglio* van „vas” jelzővel és 8 darab „acél” jelzővel megjelölve. Vélhetően ahol nem jelölték meg külön, ott is alapértelmezve vas alapanyagot feltételezünk. Fontos azonban hozzátenni, hogy míg a 8 darab acél láncvért formáját tekintve páncéling, addig a többi a sokkal kevesebb szemből álló *camaglio*.

²⁶ TÖLL 2009, 31. A Hadtörténeti Múzeumban végzett kutatásaim alatt kezembe került egy apró szemű, korábban ezüstnek gondolt sodronyvért (ltr. sz. nélkül). A mikroszkópos vizsgálatokkor azonban egyértelműen kiderült, hogy az ezüstös fém felület csupán a gyűrűk felszínét takarja. A kisebb felületi kopások területén arra utaló jeleket sikerült megfigyelni, hogy maguk a gyűrűk rézből készültek. Érdeemes lenne további vizsgálatokat folytatni a felületet képző anyag meghatározására, mely lehet ezüst, de akár cink is. Továbbá ebbe a kutatásba be lehetne vonni a Nemzeti Múzeum Erdélyből származó koraujkori ezüst sodronyingjeit is.

²⁷ BRUN 1951, 218–219. A forrásokban megjelenő díszítésre a tárgyi emlékekben is találunk példát. Többek között ilyen módon dekorálták a Wallace Collection fegyvergyűjtemény A2, A7, A9, A10, A11 megjelölésű darabjait is.

²⁸ TÖLL 2008, 41.

van szükség.²⁹ Ezek rekonstrukciós eljárással – autentikus eszközökkel és kovácspári technikákkal – kerültek kialakításra. Fontos szempont volt, hogy a próbatetek mind fizikai tulajdonságaikban, mind anyagösszetételükben a lehető legnagyobb mértékben hasonlítsanak a mintavételei eljárás során megismert eredeti darabokra. Mindegyik mintadarab azonos összetételű alapanyagból, megegyező fizikai jellemzőkkel előállított volt. A (nyitott) sodronygyűrűk és a szegecses egyaránt húzott acéldrótból lettek kialakítva.³⁰ Az egy csoportba tartozó próbatetek közti elhanyagolható különbségeket az autentikus munkavégzés eredményezte.³¹ A készítés során minden sodronygyűrű többször szalmaszárga színű izzítási hőmérsékletre volt hevítve (1100–1250°C), mely során a karbon tartalom kiéghetett. Ezután a szemek körültekintő megeresztésnek lettek alávetve. Így a próbatetek alapanya még inkább hasonult a középkorban általánosan használt lágyvashuzalokból készült sodronyvértekéhez.

A külön-külön megmért gyűrűk adatai megkönnyíthetik az eltérő alakú sodronyvértek tömegeinek meghatározását célzó kalkulációkat.³² A kiszámolt elméleti tömeget pedig összevetve a megőrzött múzeumi tárgyak megmért tömegével, következtetni lehet az eltelt évszázadok alatt fellépő korrózió okozta tömegvesztésre.³³ Az előzetes feltételezések szerint a legtöbb esetben a szegecses elszakadása volt várható a tönkremenetelnél. Maga a szakítóvizsgálat egy gyűrű két pontjára terhelődő feszítő erőhatást hivatott szimulálni. Ez valós esetben a sodronypáncél felületére merőlegesen érkező, hegyes, kétélű tárgyak hatását modellezte. Ez egy késő középkori harci helyzetben lehetett egy kilőtt nyílvevő vagy egy számszerjű lövedékének hegye, egy kard- vagy tör általi szúrás, illetve lándzsa, vagy más éles szálfegyver hegyes pontjával kivitelezett döfés. Az egyes láncszemekre hasonló irányú terhelés lép fel a sodronyvért „összeránduláskor” is.³⁴

²⁹ Ezzel a mechanikai vizsgálattal határozható meg a próbatest – ami jelen esetben a sodronygyűrű – folyáshatára és szakítószilárdsága. A vizsgálat szakítógéppel végezhető, amely két befogószerszámból (rögzített- és mozgó-) valamint az ezt mozgató mechanizmusból áll. A két befogó elem közé alap esetben maga a próbatest kerül rögzítésre. A két befogószerszám előre meghatározott eltávolodását, a szakítógépes adatrögzítő érzékeli és a megtett út függvényében regisztrálja a fellépő erőt. A mérési vizsgálat általában a próbatest – adott esetben a sodronygyűrű – tönkremeneteléig, vagyis szakadásig tart. A méréssorozat a Budapesti Műszaki Egyetem Polimertechnika Tanszékének laboratóriumában került lebonyolításra Dr. Dobránszky János, Dr. Morlin Bálint és Dr. Szabényi Gábor segítségével, akiknek munkájáért köszönettel tartozom. Terjedelmi okok miatt jelen dolgozatban a kísérletsorozat egy része kerül ismertetésre, rövidített formában.

³⁰ Az egyes sodronygyűrű minták pontos adatait és a mérési eredményeket a tanulmány végén található csatolt táblázat tartalmazza.

³¹ A rekonstrukciós folyamat során kizárólag kézi erővel működtetett szerszámok kerültek használatra.

³² Nikolaj Vaszilij Gorgyejev kísérletet tett néhány sodronyvért láncszemeinek megszámlolására. Gorgyejev körülbelül 25000 gyűrűt számolt egy rövid ujjú keleti típusú láncing esetében (Новицкий 1954, 63–114).

³³ Természetesen ez csak azonos tulajdonságú, uniformizált gyűrűkkel rendelkező páncélok esetén lehetséges.

³⁴ TÖLL 2009, 39.

A mérési vizsgálat másik célja az eltérő eljárással készített sodronygyűrűk közti különbség okának meghatározása volt: miért használtak különböző technikával előállított sodronygyűrűket, akár egy páncélon belül? Ezekből alapvetően két csoportot különböztünk meg: szegecselt és szolid, azaz zárt gyűrűket.³⁵ Az ismert tárgyi emlékek alapján a késő középkor idején a leggyakoribbak az ékszegeccsel összezárt sodronygyűrűk voltak. Ezen kívül alkalmaztak kör-, vagy más néven huzalszegeccsel összezárt gyűrűket is. Utóbbiból kétféle típust is szakítóvizsgálat alá vetettünk: az egyik kisebb, 1 mm átmérőjű szegeccsel volt rögzítve, míg a másik nagyobb, 1,5 mm átmérőjűvel. Az ebbe a csoportba tartozó sodronygyűrűk között egy ritka forma, a duplaszegecses gyűrűk is szakítóvizsgálat alá kerültek. Ezek a duplaszegecses gyűrűk úgy készültek, hogy a lapított gyűrűvégeken két lyukat ütöttek, melyekbe egy miniatűr ácskapocs formájú szegecsset helyeztek, majd a szegecsfejeket eldolgolták. Ez az eljárás az előbb említetteknél bonyolultabb és időigényesebb,³⁶ szerepe ez idáig nem volt tisztázott.³⁷ Ebből fakadóan felmerül a kérdés: vajon jobb védelmi képességet eredményezett-e ez a rendkívül időigényes munka, vagy a duplaszegecses sodronyvérték a fegyvertörténet zsákutcáiba vezető kísérletezéseinek egyik példái csupán? Fontos megemlíteni, hogy a kísérleti régészeti rekonstrukciós próbák során kiderült, hogy a duplaszegecses változat elkészítéséhez minimum közepes-, de leginkább nagyobb átmérőjű sodronygyűrűkre van szükség, ugyanis csak ezeken lehet elvégezni a kettős lyukasztást.³⁸ Továbbá világossá vált az is, hogy a

³⁵ A késő középkorból ránk maradt sodronypáncélok között más módon összezárt gyűrű érdemben nem található. A szegecselés nélkül illesztett gyűrűk későbbi pótlásnak tekinthetők. Az autentikusság megkérdőjelezhetősége és a ritka előfordulás mellett azért sem volt érdemes ilyen mintákat bevonni szakítóvizsgálatba, mert a tönkremenettel meghatározása problémás.

³⁶ Nem csak a kettős lyukasztás és szegecselés okozza ezt az időigényességet, hanem az a tény is, hogy minden egyes kapocs-formájú szegecsset pontosan kell elkészíteni.

³⁷ Töll László doktori értekezésében két gondolatot is megfogalmaz a duplaszegecses eljárás alkalmazását illetően. A Kreml fegyvertárában őrzött két darab duplaszegecses láncvért kapcsán (Ltr. sz.: No. 4469 és No. 4476) azt feltételezi, hogy ezek a darabok kifejezetten „*a sztyeppei nomádok és törökök nyilai ellen*” készültek. Ennek kapcsán érdemes megemlíteni azt aényt, hogy a Gorgyjejev által leírt sodronyvérték közül több készült sűrűbb – egy gyűrűbe hat másikat illesztő – szövessel. Az ilyen sűrűbb szövésű vérték között találunk duplaszegecses darabokat is, amelyeket az orosz muzeológus a 16–17. századra datál (НОВИЦКИЙ 1954, 84). Elképzelhető, hogy ezeket a vértéket inkább a tűzfegyverek ellen kísérletezték ki. Töll László másik feltevése az, hogy a dupla szegecses módszerrel a hegesztett eljárással készült darabok szilárdságát akarták helyettesíteni. Továbbá hozzáteszi, hogy a Royal Armouries-ben őrzött két darab duplaszegecses sodronytörödédek (Ltr. sz.: III. 338. és III. 339.) és a Kreml fegyvertárában őrzött darabok közötti kapcsolat nem tisztázott (TÖLL 2009, 36). Mindazonáltal, ezen darabok ritka volta révén elképzelhető, hogy a duplaszegecses eljárás a fegyvertörténet számos kísérleti jellegű próbálkozása közé tartozott, amelyeket nem használtak rokonaikhoz hasonló elterjedtségben. Lehetséges, hogy az eljárás összetettsége nem állt arányban a vért védelmi képességeivel, vagy egyszerűen nem nyújtott többet a korszakban már ismert technikáknál. Ennek a feltevésnek tisztázását segítheti jelen tanulmány második fele. Gorgyjejev ezeket a páncélingeket a 16. századra datálja (НОВИЦКИЙ 1954, 74).

³⁸ Ez a feltételezés párhuzamba állítható ffulkes észrevételével, miszerint a duplaszegecses sodronygyűrűk mérete feltűnően nagy: a Royal Armouries III. 338-as törödédek átlag átmérője kb. 20

hagyományos sodronyvért készítő szerszámokon túl specializált eszközökre is szükség van: fontos, hogy a készítő rendelkezzen kettős lyukasztófogóval, ugyanis ennek segítségével lehet egyenlő távolságú lyukakat előállítani.³⁹ Ezenkívül ajánlatos a gyors munkavégzés szempontjából egy speciális kettős szegecsnyomó szerszám alkalmazása is.

A középkori sodronykészítők az úgynevezett „nyitott gyűrűk” mellett használtak „zárt gyűrűket” is.⁴⁰ Ezeket a zárt gyűrűket alternatív sorokban építették be.⁴¹ Edward Martin Burgess szerint ezek a zárt gyűrűkből álló alternatív sorok a 15. század első felétől korábbra datálhatók.⁴² Ezeknek a szerepét mindeztáig nem sikerült egyértelműen meghatározni. William Burgess vélekedése szerint a zárt gyűrűknek a készítés felgyorsításában volt szerepük, mivel ezeket a szemeket nem kellett szegecselni.⁴³ Ellenben a rekonstrukciós kísérletek más eredményt mutattak: a zárt gyűrűk elkészítése korántsem mondható lényegesen gyorsabbnak, ugyanakkor külön szerszámokat igényel, melyeket rendkívül precíz módon kell kialakítani. A szolid gyűrűk legfeljebb a készítés legutolsó fázisát, az ún. „szövést” tudják meg érdemi mértékben meggyorsítani. Felmerül a kérdés, hogyha a készítési folyamatot nem feltétlen gyorsítja érdemben, akkor milyen szerepe volt ezeknek a gyűrűknek? Ahogy fentebb is látható volt – például az összetett technológiai eljárások alkalmazása során – biztosra vehető, hogy a késő középkor páncélkészítői tudatossággal dolgoztak: portékáik csak akkor lehettek versenyképesek a folyamatosan megjelenő újabb és újabb fegyverekkel szemben, ha jó védelmi képességgel bírtak. Leszűkítve a lehetséges válaszok körét, vajon elképzelhető, hogy a páncélzat ellenálló képességének növelése érdekében alkalmaztak zárt gyűrűkből álló sorokat a sodronypáncélokon?

A sodronygyűrűkön végzett szakítóvizsgálat eredményei

Az előbbi kérdések megválaszolására a külön-külön számon tartott sodronygyűrűk csoportonként végzett szakítóvizsgálata volt szükséges, amely folyamat minden esetben, előre meghatározott módon, a láncszem vagy a szegecs elszakadásáig tartott. Ez a sodronypáncél egységének megbomlásához vezetett, melynek során a testvédelmi eszköz jelentős mértékben veszíthet védelmi

mm, a III. 339-esé 25 mm (!) (FfouLkes 1912, 62). A legkisebb méret, amiben sikerült kiviteleznem a duplaszegecses eljárást, az a kb. 8 mm-es belső gyűrűátmérő volt.

³⁹DILLON 1910, 85–86. Kiemelendő, hogy ezen szerszám használata több ezer, vagy tízezer sodronygyűrű lyukasztása esetén feltétlenül szükséges.

⁴⁰Nyitott gyűrűnek nevezik azokat a láncszemeket, amelyeket a drótspirálról való levágást követően összezártak, ellapítottak és összeszegecseltek. A zárt, avagy „szolid” gyűrűk ezzel szemben más eljárással készültek: ezeket nem feltekert drótból, hanem egy vékony vaslemezből állították elő kettős lyukasztással. Elméletben lehetséges, hogy kovácshegesztéssel zárták össze ezeket, azonban a rekonstrukciós eljárás alatt ezt nem sikerült produktív módon igazolni.

⁴¹PFaffenBichler 1992, 59; BURGESS 1953, 59; TWEDDLE 1998, 1075; VILELLA 1958., (oldalszám nélküli reprint).

⁴²BURGESS 1960, 152.

⁴³BURGESS – DE COSSON 1881, 556–566.

képességéből, azonban nem jelent feltétlen sérülést a viselője számára.⁴⁴ A szakítás előre meghatározott sebessége 5 mm/perc volt. A vizsgálat közben digitális adatrögzítés zajlott, melynek segítségével a tönkremenetel pillanatában a próbatestet ért legnagyobb erőhatásra voltunk kíváncsiak (F_{\max}) (1–4. táblázat; 1. ábra). A kisebb huzalszegeccsel összezárt gyűrűk eredményei között a legnagyobb különbség 378 N volt. Az öt gyűrű tönkremeneteli átlaga 638 N volt. Csupán a harmadik és az ötödik próbatest esetben fordult elő szegecsnyíródás. Ennek oka valószínűleg a nem teljesen egyenes tengelyben sikerült szegecselésben keresendő, nem a legvékonyabb szegecsanyag létében (1. táblázat).

Az ékszegeccses sodronyszemek esetében viszonylag kiegyenlítettebb eredményeket kaptunk. A legnagyobb különbség a próbatestek tönkremenetelekor mindössze 88,45 N volt. Ezen a láncszemek szakadásakor a fellépő átlagolt erőhatás 415 N volt (2. táblázat). Itt fontos visszatekinteni a gyűrűk fizikai tulajdonságát leíró táblázathoz. Ezek a gyűrűk szabad szemmel nem látható módon vékonyabbra húzott drótból készültek, mint társaik. A mindössze néhány százados különbség magyarázhatja a középkorban leggyakrabban megtalálható két szegecselési típus leggyengébb teljesítését (7. táblázat).

A nagyobb huzalszegeccses gyűrűk szegecsei 1,5 mm-es drótból készültek. Átlagolt érték szerint 562,67 N-nál szakadtak el a próbatestek. A legnagyobb és legkisebb szakadáskor fellépő erő mértéke hasonló a kis huzalszegeccses rokonmintáihoz (legkisebb szakadáskor mért érték: 354 N). Érdeemes megjegyezni, hogy minden esetben szegecságy-szakadást tapasztaltunk. Ennek – és a kisebb szegeccsel készült társánál való gyengébb értékeknek – oka talán pont a nagyobb szegecs által igényelt nagyobb furat, amelyet lemezlyukasztóval készítettek a középkorban. A nagyobb szegecs szükségeltette furat széleitől számított keskenyebb szegecságy meglepő módon – a korábbi feltételezésekkel ellentétben – gyengébb gyűrűket eredményezett.

Kétségkívül a legellenállóbbak a szolid gyűrűk voltak. A szegeccsekkel összezárt próbatestekkel összehasonlítva kimagaslóan jó eredményeket sikerült mérni. Ennek a nagymértékű eltérésnek az oka több tényezőre vezethető vissza. A zárt gyűrűk esetében a próbatestek anyagvastagsága sokkal egyenletesebb volt. Ezek a szemek nem rendelkeznek az anyagot meggyengítő kiütött furattal sem. Fontos megjegyezni, hogy ezeknek a mintáknak az anyagvastagsága volt a legnagyobb, ugyanis a többi próbatestnél körülbelül két tized milliméterrel vastagabbak voltak (9. táblázat). Az elsöre elhanyagolhatónak tűnő különbség talán ilyen vékony anyagoknál számottevő lehet. Mindazonáltal szembevetendő, hogy a próbatestekre mért maximális erőhatások átlagolt értéke itt többszöröse a többi mintáénak. Utóbbi információ tükrében bizonyítható, hogy ezeket a zárt

⁴⁴ A beérkező tárgy elakadhat a sodronygyűrűkben, vagy a páncél alatt viselt vastag bélelt szövet anyagában.

gyűrűket leginkább a láncpáncél ellenálló képességének növelése miatt alkalmazták.

Utoljára a ritka duplaszegecses gyűrűk szakítóvizsgálatára került sor. Korábban tisztázatlan volt ezeknek a ritkán előforduló gyűrűknek a létjogosultsága. Bár a kis gyűrűátmérő (és az ebből fakadó kisebb átlapolás miatt) a szemek az elkészíthetőség határát súrolták,⁴⁵ a minták közepesen egyenletes mértékben teljesítettek a többi próbadarab-sorozathoz képest. A legnagyobb eltérés a szakadás pillanatában fellépő maximális erőhatás esetében 347,29 N volt. Érdekes megjegyezni, hogy ez a típus teljesített legjobban a szegecselt kötéssel zárt gyűrűk között. Az átlagolt F_{\max} érték 723,99 N volt. Kiemelendő, hogy a mérések alatt a tönkremenetelkor kétszer is előfordult 800–900 N közötti érték (4. táblázat). A miniatűr 1 mm-es drótból kialakított és eldolgozott „ácskapocs” alakú szegecses miatt viszonylag nagy átlapolásra van szükség. Ennek mérete lényegében megegyezett a többi próbatestével, viszont a szegecs formája miatt két ponton is egymáshoz voltak rögzítve a gyűrűk végei. Talán ez eredményezte a típus kedvezőnek tekinthető mérési eredményeit. A tönkremenetel módja minden esetben szegecságy-szakadás volt.

A szakítóvizsgálatok rövid tárgyalásának végén említésre érdemes, hogy a rekonstrukciós készítés során selejtesnek ítélt láncszemek egy része szintén szakítópróba alá került. Ezek általában nem tökéletesen kivitelezett szegecsfejjel rendelkező, különböző technikával elkészített próbatestek voltak. A leggyakoribb tönkremeneteli forma ezek esetében is a szegecságy-szakadás volt, de előfordult szegecsről kipattant illesztés is. Néhány esetben a furatnál megrepedt szegecságyú duplaszegecses próbatestek is szakítóvizsgálat alá kerültek. Meglepő módon négy mintából kétszer is sikerült 800 N feletti F_{\max} értéket mérni. Utóbbi eredmény újfent a duplaszegecses eljárás hatásosságát igazolja.

Összegzés

Amint látható, a sodronypáncélok vizsgálata számos kérdést vet fel, valamint módszertani szempontból sokszínű, interdiszciplináris kutatást igényel. Komplex módszertani megközelítéssel sikerült kiegészíteni a sodronyvértekről alkotott töredékes képet. A láncpáncélok alapanyagára vonatkozó kérdés terén a korábbi metallográfiai vizsgálatok eredményeinek írott forrásokkal történő párhuzamba állítása lehetségesnek bizonyult. Ezek alapján bizonyossá vált, hogy már a késő középkor idején kifinomult technológiával készítettek egyaránt vasból és acélból előállított láncpáncélokat. Utóbbi – ahogy az eddig feldolgozott tárgyi anyagokból és az írott forrásokból is látható – ritkább típusnak tűnik. Jelentős volt az értékbeli különbség is, a magasabb minőséget képviselő, edzett acélból készült sodronyvérték irányában.

⁴⁵ A láncszemek részletes adatai a melléklet 8. táblázatában találhatóak. Külső átmérőjük kb. 11–13 mm volt, belső átmérőjük kb. 7–8 mm.

A sodronypáncélok védőképességének kérdésére hagyományos eszközökkel aligha lehet választ kapni, így más módszertani megközelítések művelésére volt szükség. A kísérleti (rekonstrukciós) régészet és az alkalmazott anyagtudomány együttes alkalmazása segíthet a válaszadásban. A sodronyvérteket alkotó gyűrűkön végzett szakítóvizsgálatok új tudományos eredményeket hoztak kilátásba. A különböző eljárással, de azonos paraméterekkel előállított, csoportonként öt-öt sodronygyűrű szakítóvizsgálatokor meghatározható volt ezek ellenálló képessége. Ebből kifolyólag következtetni lehetett az egymáshoz viszonyított védelmi minőségekre is. A huzalszegecselt gyűrűk és az ékszegecselt gyűrűk mért értékei érdemben nem mutattak döntő eltérést. Az utóbbi eljárással készített sodronypáncélok előnye talán az lehetett, hogy az ékszegecs hátoldala nem állt ki a gyűrű felületéből, így nem sértette fel a páncél alatt hordott (esetenként drága) szövetanyagot. (4. ábra). A kisebb- és nagyobb körszegecses gyűrűk egymáshoz viszonyításakor kiderült, hogy azonos vastagságú gyűrűk esetében a nagyobb huzalból készített szegecs nem feltétlenül jelentett nagyobb erőhatásnál történő szakadást, ugyanis a vékonyabb szegecság hamarabb repedt el. További fontos tanulság, hogy a duplaszegecses gyűrűk jól láthatóan nagyobb erőhatásnak tudtak ellenállni, mint a fentebb említett társaik. Figyelemre méltó, hogy a repedt szegecsággal rendelkező duplaszegecses gyűrűk között több olyan is volt, ami 800 N felett szakadt csak el. Az utolsó – és egyben az egyik legfontosabb – tanulság az volt, hogy a zárt gyűrűk akár kétszer-négyszer nagyobb erőhatás következtében szakadtak csak el, mint a többi típus. Ez tovább erősíti azt, a készítés során már említett vélekedést, miszerint a 14–16. századi sodronypáncél-készítők elsősorban a vért ellenállóságának megnövelése céljából építették be az ilyen gyűrűkből álló sorokat. Ebből következően, egy jövőbeli kutatás további iránya a zárt gyűrűk előállításának lehetőségei és ezek anyagszerkezeti jellemzőinek vizsgálata lehet.

Irodalom

- BLAIR 1958 = Blair, C.: *European Armour Circa 1066 to Circa 1700*. London : Batsford Ltd., 1958.
- BLAIR 2005 = Blair, C.: A 16th Century Reference To The Making of a Coat of Mail. *The Journal of the Arms & Armour Society* (2005) 105–107.
- BOCCIA – COELHO 1967 = Boccia, L. G. – Coelho, E. T.: *L'Arte Dell'Armatura in Italia*. Milano : Bramante Editrice, 1967.
- BRUN 1951 = Brun, R.: Notessur le commerce des armes à Avignon au XIV^e siècle. *Bibliothèque de l'école des chartes* Vol. 109. 1951/2 (1951) 209–231.
- BURGESS – DE COSSON 1985 = Burgess, W. – De Cosson, B.: *Catalogue of the Exhibition of Ancient Helmets and Examples of Mail*. 1881. Cambridge : Kent Trotman, 1985.

- BURGESS 1953 = Burgess, E. M.: Further Research Into The Construction of Mail Garments. *Antiquaries Journal* 33 (1953) 193–202.
- BURGESS 1953 = Burgess, E. M.: The Mail-Maker's Technique. *Antiquaries Journal* 33 (1953) 48–55.
- BURGESS 1957 = Burgess, E. M.: The Mail Shirt of Sinigaglia. *Antiquaries Journal* 37 (1957) 199–205.
- BURGESS 1960 = Burgess, E. M.: A Reply to Cyril Stanley Smith on Mail Making Methods. *Technology and Culture* 1 1960/2 (1960) 151–155.
- DELLA PORTA 1957 = Della Porta, G.: *Natural Magic*. New York : Basic Books, 1957.
- DRASKÓCZY 2010 = Draskóczy I.: 15. századi olasz jelentés Erdély ásványkincseiről. In: Papp I. – Angi J – Pallai L. (szerk.): *Emlékkönyv ifj. Barta János 70. születésnapjára*. Debrecen : Debreceni Egyetem Történelmi Intézete, 2010, 49–59.
- EDGE – PADDOCK 1996 = Edge, D. – Paddock, J. M.: *Arms and Armour of the Medieval Knight: An Illustrated History of Weaponry in the Middle Ages*. New York : Crescent Books, 1996.
- FEJÉRPATAKY 1885 = Fejérpatak L.: *Magyarországi városok régi számadáskönyvei*. (Selmeczbánya, Pozsony, Besztercebánya, Nagyszombat, Sopron, Bártfa és Körmöcbánya városok levéltáraiból.) Budapest : Magyar Tudományos Akadémia, 1885.
- FFOULKES 1912 = Ffoulkes, Ch. J.: *The armourer and his craft from the XIth to the XVIth century*. London : Methuen & Co. Ltd, 1912.
- IRIS 1992 = Iris, O.: *The Merchant of Prato: Francesco Di Marco Datini*. Daily Life in a Medieval Italian City. London : Penguin Books, 1992.
- KALMÁR 1971 = Kalmár J.: *Régi magyar fegyverek*. Budapest : Natura Kiadó, 1971.
- KOVÁCS 2010 = Kovács S. T.: *Huszárfegyverek a 15–17. században*. Budapest : Martin Optiz Kiadó, 2010.
- KOZÁK-KÍGYÓSSY 2016 = Kozák-Kígyóssy Sz. L.: Sodronyvértek készítése és az ehhez használt szerszámok és eszközök. Egy holt mesterség rekonstruálása írott-, képi- tárgyi források, valamint a kísérleti régészet segítségével. In: Farkas Cs. – Lados T. – Ribi A. – Uhrin D. (szerk.): *Magister Historiae II*. Budapest : ELTE-BTK Történelemtudományok Doktori Iskola, 2016, 54–73.
- MAJLÁTH 1891 = Majláth B.: A Nemzeti Múzeum sodronyos páncéljai. *Archaeologiai Értesítő* 11 (1891) 125–135.

- MEYRICK 1821 = Meyrick, S. R.: Observations on Body-Armour anciently worn in England *Archeologia* 19 (1821) 120–145.
- NICOLLE 2002 = Nicolle, D.: *Companion to Medieval Arms and Armour*. Suffolk : Woodbridge, 2002.
- NIGRO 2010 = Nigro, G.: *Francesco di Marco Datini: The man the Merchant*. Firenze University Press. Firenze : Fondazione Istituto Internazionale di Storia Economica "F. Datini", 2010.
- ORIGO 1992 = Origo, Iris: *The Merchant of Prato: Francesco Di Marco Datini: Daily Life in a Medieval Italian City*. Penguin Books. London, 1992.
- НОВИЦКИЙ 1954 = Новицкий, Г. А.: *Государственная оружейная палата Московского Кремля*. Москва : Искусство, 1954.
- PFÄFFENBICHLER 1992 = Pfaffenbichler, M.: *Armourers, Medieval Crafts*. London : British Museum Press, 1992.
- REID – BURGESS 1960 = Reid, W. – Burgess, E. M.: A Habergeon Of Westwale. *Antiquaries Journal* 40. 1960/1–2. (1960) 46–57.
- RICHARDSON 2012 = Richardson, R. T.: *The Medieval Inventories of The Tower Armouries 1320–1410*. (PhD Thesis) York : University of York, 2012.
- SIM 1997 = Sim, D.: Roman Chain-Mail: Experiments to Reproduce the Techniques of Manufacture. *Britannia* 28 (1997) 359–371.
- THIELE 2011 = Thiele Á.: Az ércről a vastárgyig: a bucaavaskohászat metallurgiája. In: *Bányászati és kohászati lapok* 144. 2011/1 (2011) 2–5.
- TÖLL 2009 = Töll L.: *A harci vértetek története. A nyugat-európai hadviselésben alkalmazott testvédelmi rendszerek fejlődéstörténete a 10. századtól a 16. század közepéig*. (PhD dolgozat) Debrecen : Debreceni Egyetem, 2009.
- TWEDDLE 1992 = Tweddle, D.: The Anglian Helmet from Coppergate. *Archeology of York Small Finds* 17. 1992/8 (1992) 998–1081.
- VESZPRÉMY 2008 = Veszprémy L.: *Az Árpád- és Anjou-kor csatái, hadjáratai*. Budapest : Zrínyi Kiadó, 2008.
- VIKE 2000 = Vike, V.: *Ring Weave: A metallographical analysis of ring mail material at the Oldsaksamlingen in Oslo*. Oslo : Universitetet i Oslo, 2000.
- VILELLA 1958 = Vilella, J. R.: Examination of Mail Armor Links From the Metropolitan Museum of Art. *Memorandum* 924 (1958)
- WILLIAMS 1980 = Williams, A. R.: The Manufacture of Mail in Medieval Europe: A Technical Note. *Gladius* 15 (1980) 105–134.

WILLIAMS 2003 = Williams, A. R.: *The Knight and the Blast Furnace*. Leiden : Brill Publishing, 2003.

ZORKÓCZY 1968 = Zorkóczy B.: *Metallográfia és anyagvizsgálat*. Budapest : Tankönyvkiadó Vállalat, 1968.

Mellékletek

Próbatest darabszáma:	Tönkremenetel típusa	F_{\max} (N)
1.	szegecságy-szakadás	841,6
2.	szegecságy-szakadás	525,07
3.	szegecselníródás	463,32
4.	szegecságy-szakadás	634,5
5.	szegecselníródás	726,06

1. táblázat: Kis huzalszegeces gyűrűk szakítóvizsgálata

Próbatest darabszáma:	Tönkremenetel típusa	F_{\max} (N)
1.	szegecságy-szakadás	383,03
2.	szegecságy-szakadás	393,51
3.	szegecságy-szakadás	447,98
4.	szegecságy-szakadás	383,03
5.	szegecságy-szakadás	471,48

2. táblázat: Ékszegeces gyűrűk szakítóvizsgálata

Próbatest darabszáma:	Tönkremenetel típusa	F_{\max} (N)
1.	gyűrűszakadás	2360,84
2.	gyűrűszakadás	1806,88
3.	gyűrűszakadás	2450,53
4.	gyűrűszakadás	1532,95
5.	gyűrűszakadás	3581,98

3. táblázat: Szolid gyűrűk szakítóvizsgálata

Próbatest darabszáma:	Tönkrementel típusa	F _{max} (N)
1.	szegecságy-szakadás	631,7
2.	szegecságy-szakadás	550,27
3.	szegecságy-szakadás	684,76
4.	szegecságy-szakadás	897,56
5.	szegecságy-szakadás	855,68

4. táblázat: Duplaszegecses gyűrűk szakítóvizsgálata

Külső átmérő (mm)	12,16–12,83				
Belső átmérő (mm)	7,04–7,58				
Szélesség (mm)	1,71–1,81	Átlapolás (mm)	3,52–3,66		
Vastagság (mm)	1,23–1,37	Átlapolás (mm)	1,15–1,20		
Szegecs hossza (mm)	2,58–2,63				
Szegecsfej átmérője (mm)	1,33–1,49				
Tömeg (g)	0,54	0,53	0,56	0,53	0,55

5. táblázat: Kis huzalszegecses gyűrűk adatai

Külső átmérő (mm)	11,76–13,56				
Belső átmérő (mm)	6,78–8,04				
Szélesség (mm)	1,69–1,88	Átlapolás (mm)	2,98–3,77		
Vastagság (mm)	1,06–1,53	Átlapolás (mm)	0,91–1,39		
Szegecs hossza (mm)	2,51–2,86				
Szegecsfej átmérője (mm)	1,28–1,61				
Tömeg (g)	0,54	0,54	0,54	0,58	0,55

6. táblázat: Nagy huzalszegecses gyűrűk adatai

Külső átmérő (mm)	12,29–12,51				
Belső átmérő (mm)	7,28–7,80				
Szélesség (mm)	1,81–1,84		Átlapolás (mm)	3,29–3,80	
Vastagság (mm)	1,03–1,12		Átlapolás (mm)	1,07–1,11	
Szegecs hossza (mm)	2,45–2,89				
Szegecsfej átmérője (mm)	1,40–1,46				
Tömeg (g)	0,42	0,46	0,45	0,46	0,46

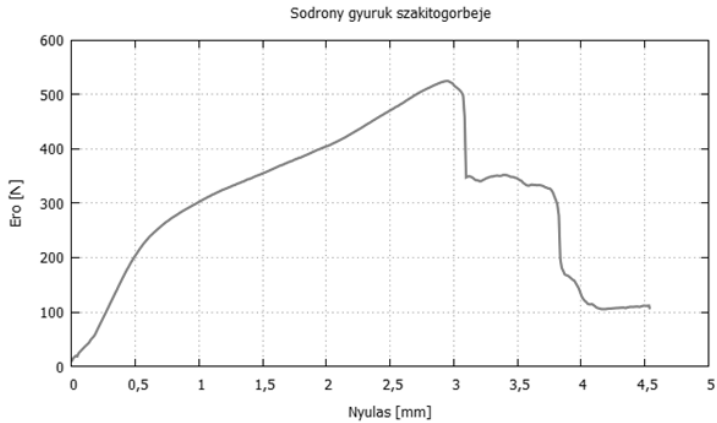
7. táblázat: Ékszegecses gyűrűk adatai

Külső átmérő (mm)	11,77–13,28				
Belső átmérő (mm)	7,07–7,95				
Szélesség (mm)	1,77–2,18		Átlapolás (mm)	3,29–3,80	
Vastagság (mm)	0,33–0,42		Átlapolás (mm)	1,13–1,44	
Szegecs hossza (mm)	2,45–2,89				
Szegecsfej átmérője (mm)	1,40–1,46				
Tömeg (g)	0,56	0,57	0,55	0,52	0,56

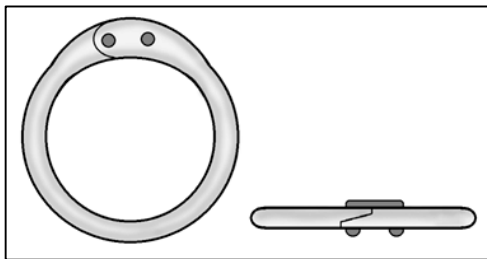
8. táblázat: Duplaszegecses gyűrűk adatai

Külső átmérő (mm)	11,61–11,64				
Belső átmérő (mm)	8,18–8,24				
Szélesség (mm)	3,36–3,43		Átlapolás (mm)		
Vastagság (mm)	1,49–1,74		Átlapolás (mm)		
Szegecs hossza (mm)					
Szegecsfej átmérője (mm)					
Tömeg (g)	0,65	0,67	0,70	0,66	0,71

9. táblázat: Szolid/zárt gyűrűk adatai



1. ábra: Sodronygyűrű jellemző szakítógörbéje
 Jól kivehető, hogy a szakadás kb. 530 N-nál történt meg.



2. ábra: A duplaszegeces rögzítési mód stilizált ábrája felül- és oldalnézetben



3. ábra: Eredeti ékszegecselt sodronygyűrűk a Hadtörténeli Múzeum egyik sodronyvértjéről (Itr. sz. nélkül.)



4. ábra: Rekonstruált ékszegecses gyűrű hátoldala



5. ábra: Rekonstruált huzalszegecses gyűrű szegecsfeje



6–7. ábra: Réz gyűrűkből álló sorokkal díszített sodronyíngek művészeti reprezentációi (szegélyett kar és fogazott alj)

Balra: Miguel Ximénez: Szent Mihály arkangyal (részlet). 1475–1485 körül. Prado Museum, Madrid (ltr.sz. P06895). Jobbra: Részlet a garamszentbenedeki úrkoporsóról. 1480 körül. Keresztény Múzeum, Esztergom.

Possible answers about late medieval mail armour's quality

SZABOLCS LÁSZLÓ KOZÁK-KÍGYÓSSY

The emphasis of this research was to recover more details about European late medieval mail armours. Although these objects were widely used in this era, mail garments were overshadowed by the more elaborate plate armours. The importance of this type of protective gear is evident: mail armours were used from the time of the antiquity to the early modern period. From the late middle ages – especially in North Italy – signs of the pre-industrial mass production are visible.

However the topic was researched from the 19th century, several major questions remained: what type of metals were used by the medieval mail makers? How strong was this specific sort of armour? What was the function of solid rings? Was any difference in strength between wedge riveted- and round head riveted rings? At last how resistant were the double riveted rings?

It is clear, that only history, with its traditional methods cannot reach all this interests. Therefore it is necessary to combine the knowledge of history with the instruments of both materials science and experimental archeology. With this complex perspective it is possible to find answers for the questions as described above.

This study also provides an appendix, which contains the dimensions of the reconstructed mail rings, and the short form of data that were specified during the experiment. It was crucial to create carefully reconstructed rings with authentic methods and tools (from low carbon drawn iron wire), because it was not possible to gather original samples from museums in large quantities, with identical dimensions. Comparing different sized rings would lead to invalid results.

With contemporary written sources from the late medieval era it was possible to verify the assumptions of former metallographic studies that both iron and steel mail armours were produced. In these texts the (presumably) case hardened (carburised) steel mail garments are rarer and considerably more expensive. The results of tensile tests allowed to compare the abilities of different ring types. The wedge riveted and the round (wire) riveted rings had similar issues (approx. 383–841N). The double riveted rings seemed more resistant (average 723,9N). At last solid rings proved to be 2–4 times stronger, than the riveted ones. Thus these informations suggest that the rare double riveted mail armours represented higher quality (but their production was time-consuming, and demanded special tools). Finally it is conceivable that solid rings were not invented to make the production faster, but to significantly increase the protecting quality of the mail armour.