

Experiment s odlievacou formou z Čiernych Kľačian (Slovensko)

Článok sa zaoberá dobou laténskou, konkrétne sídliskom Čierne Kľačany datovaným do horizontu LT B2/C1. Rieši sa nález odlievacej formy v podobe druhotne využitého fragmentu z grafitovej nádoby. Medzi metódami je využitá spektrálna analýza zvyškov kovu a tiež experimentálna výroba repliky odlievacej formy. Nasledovala pokusná výroba ingotov v replike a bola vyhodnotená schopnosť využitia jednej formy v závislosti na počte vyhotovených ingotov.

■ Gertrúda BŘEZINOVÁ
Marián KNOLL

V dobe laténskej sa často stretávajú s výrobkami, ktoré sú dokladom zručnosti keltských remeselníkov. V našom prípade sme sa zamerali na prácu kovolejárov, šperkárov a predovšetkým na polotovary, tzv. ingoty. Mladšia doba laténska je obdobie, kedy možno už hovoriť o špecializovanom remesle, ktoré súvisí so spracovaním farebných kovov. Jiří Waldhauser uvádza, že s veľkou pravdepodobnosťou existovali aj menšie dielne, ktoré po určitú dobu vyrábali rovnaký sortiment výrobkov. Najbežnejšou zliatinou bol bronz, kde sa dodržiaval pomer zastúpenia cínu a medi 1:9. Až neskôr sa začína používať olovo, a to z dôvodu požiadavky na tvárnosť výrobkov. Z ďalších kovov získalo obľubu zlato, oveľa menej striebro (Waldhauser 1986; 2001, 78). Doklady o ťažbe a spracovaní kovov v celom keltskom svete sú pomerne časté a aj dobre zmapované. Slovensko poskytovalo dostatok surovín ako meď, zlato, neskôr i striebro, na ktoré sú bohaté Štiavnické a Strážovské pohorie, Slovenské rudohorie a Nízke Tatry. Doklady spracovania kovov poznáme už na sídliskách staršej a strednej doby bronzovej vo forme rôznych téglikov, odlievacích foriem, džýz mechov. Z nálezísk

sú to napr. Bratislava, Devín, Nitra, Liptovská Mara. Podľa niektorých autorov použitie farebných kovov súvisí hlavne so šperkárstvom (Pietta 2008). Základný profil pri použití farebného kovu sa získal odliatím ingotu a jeho ďalším kutím alebo postupným formovaním tyčinky či drôtu cez prievlak (platnička s otvormi rôzneho priemeru, cez ktorú sa postupne preťahoval nahriaty materiál pomocou klieští). Ingoty v dobe laténskej možno spájať aj s mincovníctvom, hlavne strieborné a zlaté (Dembski 1999; Milický 2013; Fröhlich 2012; Budaj – Čambal 2014). Aj vzhľadom na osídlenie lokality Čierne Kľačany v horizonte LT B2/C1, predovšetkým v LT C1, nevylučujeme, že mince v tomto sídliskovom priestore boli s veľkou pravdepodobnosťou aj vyrábané.

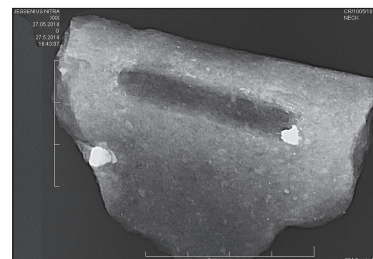
Archeologický nález

Na uvedenej lokalite bol nájdený masívny zlomok z okraja grafitovej nádoby (obr. 1–2), kde je veľmi dobre viditeľná priehlbinka pravidelného tvaru na jej vnútornej časti. Pod priehlbinkou je železný opravný nit. Z vnútornej strany črepu je dobovým nástrojom vytvorený žliabok s orientačnými rozmermi 7×9×40 mm. Vyrobený žliabok sekundárne plnil funkciu odlievacej formy a v časti pravého rohu bola viditeľná zelená korózna krusta, pod ktorou sa nachádzal drobný zliatok. Zliatok dal podnet na detailné preskúmanie tohto nálezu pod RTG (obr. 1), horizontálnym i vertikálnym mikroskopom. Z prieskumu sa vyhotovili RTG snímky a digitálne fotografie (obr. 2). Čistenie sa previedlo jemnými plochými štetkami, tlakovou fúkačkou a len suchou cestou. Zelená korózna vrstva bola vyčistením odstránená a tak sa zviditeľnila práve pôvodná farba kovu. Na

základe spektrálnej analýzy uskutočnenej v Archeologickom ústave SAV v Nitre má najväčšie zastúpenie meď, striebro a železo. Analýzu spracovala v novembri roku 2014 Nikoleta Salátová na type prístroja NITON XL3t-91027. Výsledky sú nasledovné (prvok %): Cu 28,61; Ag 28,593; Fe 25,105; Pb 7,615; Mn 3,77; Ti 2,46; Ir 0,901; Sn 0,685; Au 0,468; Rh 0,408; Cd 0,347; Pd 0,331; Zn 0,312; In 0,147; Ru 0,053; Nb 0,049; Mo 0,06 (Březinová et al. 2015). Predpokladáme, že spracovanie farebných kovov sa odohrávalo buď v samostatných kovolejárskych zariadeniach, alebo v kováčskych dielnach, kde boli spoločné zariadenia na výrobu bronzových i železných predmetov.

Nálezové okolnosti a časové zaradenie

Predmet sa našiel v rámci záchraného archeologického výskumu, pod vedením Mateja Ruttkaya a Michala Chebena v r. 2008. Pochádza z objektu 86 z lokality Čierne Kľačany, okres Zlaté Moravce, poloha Pri mlyne. Ide o sídliskovú lokalitu, ktorá je na základe sprievodných nálezov datovaná do LT B2/C1 (Březinová et al. 2015). Kераmika v Čiernych Kľačanoch je torzovitejšia, ale aj tak sa dá vyhodnotiť jej datovanie do uvedených



■ Obr. 1 RTG snímok fragmentu z vnútornej časti nádoby.



■ Obr. 2 Rekonštrukcia nádoby s nálezom.



■ **Obr. 3**
Original a jeho
lukoprenový
odtlačok.



■ **Obr. 5**
Odtlačok a hlinená
forma-replika.



■ **Obr. 6** Prvé
odliatky zo zliatiny
cínu.



■ **Obr. 8** Odliate
zinkové ingoty.

stupňov. K predmetom, ktoré toto tvrdenie jednoznačne potvrdzujú, patria zlomky sklenených náramkov. Z objektu 24 je to typ 6b. Ďalšie dva zlomky sú z objektu 69. Ide o typ 7 a typ 3. Zlomky náramkov sú z modrého skla. Výzdoba v tvare vlnice je na náramku typu 7 a na fragmente náramku typu 3. Sklené náramky sa najčastejšie vyskytujú v období LT C, hlavne v LT C1. Podrobne sa výskytu náramkov skupiny Haevernick 2 a 3 z územia Slovenska venuje kolektívna štúdia (Březinová et al. 2013), ktorej základom je významný fond laténskych sklenených náramkov z juhozápadného Slovenska, ktorý bol detailne spracovaný a vybrané vzorky boli aj chemicky analyzované. Ide predovšetkým o tmavo modré nečlenené náramky, ktoré patria k typu Haevernick 2 a 3. Do tejto sledovanej skupiny bol zaradený i fragment z objektu 69 z toho istého sídliska, z ktorého pochádza aj odlievacia forma. Súborne sa technickou keramikou zaoberal Karol Pieta (2008, 156). Nálezy tohto typu poznáme skoro na všetkých sídliskách doby laténskej. Na Morave sa im venoval Miloš Čížmář (2002, 243–266). Výskyt striebra a aj ingotov z tohto kovu mapuje štúdia so zameraním na dobu rímsku od Eduarda Droberjara (2014).

Experiment: v našom prípade sme sa rozhodli pre výrobu repliky odlievacej formy. Keramická hmota pôvodného nálezu bola podrobná analýze z dôvodu, aby sa replika zhodovala s obsahom, predovšetkým grafitu v samotnej hmote.¹ Po jej vyhotovení sa postupne realizovali fázy pokusov so zámerom vyhotoviť polotovary, ingoty z rôzneho kovu s cieľom vyskúšať trvácnosť takejto formy. V interiéroch podmienkach je možné dosiahnuť bod tavenia aj bronzovej zliatiny, avšak z našich technických dôvodov proces odlievania bronzu bol z experimentu vynechaný. V júni v roku 2014 sa v chemicko-konzervačnom laboratóriu Archeologického ústavu v Nitre prevzal na štandardné vyčistenie keramický črep z náleziska Čierne Kľačany.

Výroba repliky formy

(obr. 3–5)

Samotnému výrobnému procesu predchádzala prípravná fáza, počas



■ **Obr. 4** Závěrečná fáza výroby formy –
lisovanie a vysušovanie.

ktorej sa pripravili potrebné nástroje, pomôcky, materiál, pracovný zošit na záznamy a fotoaparát. Mikroskopicky vyčistený originál sa zafixoval na mäkkú podložku, okolo ktorej sa vymodelovala z plastelíny obruba 30 mm vysoká a 5 mm široká. Pre získanie odtlačku bol použitý dvojzložkový produkt Lukopren N 1522. Čas stuhnutia tejto hmoty na gumený odtlačok trval 24 hodín.

Na výrobu repliky sa použila bežne dostupná hrncárska hlina (pomer podľa analýzy). Hlina sa ručne premiesila s malým množstvom destilovanej vody a za pokračujúceho miesenia bol pridávaný práškový grafit i drvený šamot. Premiešaná už tmavá zmes hliny bola položená na trvale tienené miesto a prikrytá odtlačkom lukoprenu. Pre rovnomerné zaťaženie sa použili tri kusy stogramových závaží. Postupné a spomalené odparovanie vody prebiehalo plynule v dobe trvania 13 dní. Vytvrdnutá forma ďalej neprešla tepelnou úpravou. Dôvod bol, že výpalom by sa forma zmrštila a nebol by dodržaný rozmer ingotu.

Odlievanie cínovej zliatiny

(obr. 6–8)

V auguste (konkrétne 13. 8.) 2014 sa zrealizovalo pokusné odlievanie do novo vyrobenej hlinenej formy. Na základe výsledkov analýzy zostatku kovu v žliabku pôvodnej formy i dlhoročných pracovných skúseností s kovmi bola pre toto prvé odlievanie jednoznačne zvolená zliatina cínu. Cín je vhodný na odlievanie pre svoju veľmi dobrú rozliteľnosť a aj schopnosť precízne

kopírovať vnútro formy. Zmršťovanie pri tuhnutí tohto kovu prebieha rovnomerne, a čo je najdôležitejšie, cín má pomerne nízky bod tavenia 232 °C. Použitá zliatina cínu podľa zistenia spektrálnej analýzy vykazuje tieto kovy: Sn 87,224 %, Cu 8,896 %, Pb 2,453 %, Fe 0,768 %, Zn 0,044 %. Zliatina v šamotovej nádobe sa roztavila horákom napojeným na propán-butánovú tlakovú fľašu. Vyrobená forma bola položená na strednú časť šamotovej tehly, ktorá poslúžila ako podklad pri tavení kovov, ale aj pri samotnom odlievaní. Cieľom prvého pokusu je preveriť funkčnosť formy a odliatím získať aspoň jeden kvalitný ingot, čo sa aj podarilo, keďže replika vydržala, nepraskla, nie je deformovaná a jej povrch vôbec nevykazuje žiadne deštrukčné stopy. Takže v práci sa pokračovalo so zámerom pokúsiť sa o reprodukovanie odlievania ingotov – sériovú výrobu. Následné odlievanie prebiehalo plynule a v tento deň vzniklo šesť (1 + 5) odliatkov podobných rozmerov a podobnej hmotnosti. Tieto exaktné odlišnosti sú spôsobené ručným odlievaním. Po šiestom odliatí sa forma nechala voľne vychladnúť. Nasledujúce odlievania sa uskutočnili v dňoch 9. 9. a 7. 10. 2014. Po ukončení prác replika formy bola presunutá do depozitu, kde uložená zotrvala približne šesť mesiacov.



■ **Obr. 7** 43 kusov ingotov v hmotnostnom
rozmedzí 6,911–12,578 g.

Odlievanie olovenej zliatiny

(obr. 9–12)

V apríli 2015 (7. 4.) bola forma premiestnená zo skladu na slnečné miesto pracovného stola, kde sa prirodzene vysušila a aj mierne zohriala. Týmto jednoduchým spôsobom bola pripravená pre ďalšie odlievania. Samotné odlievanie sa začínalo roztavením zliatiny olova v šamotovom tégliku s použitím horáka, ktorý bol napojený na propán-butánovú fľašu. Odlievanie ingotov prebiehalo priebežne, približne v päťminútových intervaloch, ktoré boli potrebné na roztavenie kovu, odliatie jedného odliatku, počkanie na jeho voľné stuhnutie a vyklopenie z formy. Bočná drážka v ľavom hornom rohu s určitou slúžila na uvoľňovanie ingotov a prax to plne potvrdila. V rámci tohto experimentu bola viackrát odskúšaná aj možnosť vybratia odliatku pinzetou, čo sa vždy podarilo, ale vyklopenie ingotu je jednoducho praktickejšie. Kvôli ťažkým a zdraviu škodlivým výparom, ktoré vznikajú pri tavení olova, bolo potrebné pracovať s ochranným respirátorom. Kožené pracovné rukavice z dôvodu dlhoročných pracovných skúseností s prácou s kovmi nebolo nutné používať. Z olovenej zliatiny sa vyprodukovalo 12 kusov ingotov.

Odlievanie striebornej zliatiny

O niekoľko dní neskôr (18. 4.) sa pre odlievanie vyseletovali strieborné, málo nositeľné šperky a nepotrebné výlisky, piliny. Tieto drobné predmety väčšinou mali rýdzosť 925/1000 lt. Zlomkové striebro bolo v odlievacej nádobe riadne pretavené pri orientačnej teplote 900 °C. Odliatie a stuhnutie do pevného tuhého skupenstva trvalo približne 30 sekúnd. Po ďalších 30 sekundách relatívne vychladnutý odliatok sa rotačným pohybom z formy vyklopil. Hmotnosť jediného strieborného odliatku je 11,519 g.

Odlievanie zinkovej zliatiny

Na konci mája (27. 5.) vzhľadom na menší objem vzorky zliatiny zinku bolo možné pokusne odliať

iba tri ingoty. Roztavenie zliatiny zinku prebiehalo pri teplote okolo 450 °C. Hmotnosti ingotov sú nasledovné: 5,505 g, 5,925 g, 6,534 g.

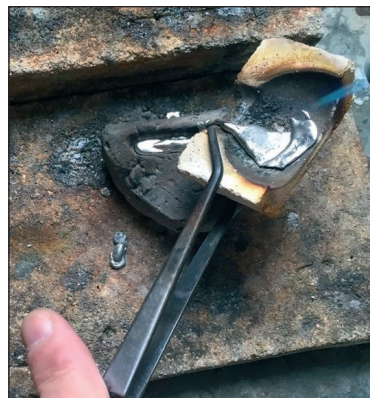
Odlievanie zlatej zliatiny

Nemenovaná, ale nám spriaznená firma zapožičala pre finálnu fázu tohto experimentu 10 g žltého zlata. Poskytnuté zlato je prevažne v podobe zlomkov klasickej rýdzosti 585/1000 t.j. 14 krt. Roztavenie a odlíatie tohto obľúbeného drahého kovu do formy prebiehalo v rozmedzí teplôt 850–900 °C. Odliaty zlatý ingot mal na digitálnej váhe hmotnosť 9,247 g. Neodliaty zostatok zlata zostal vo forme v podobe zliatku. Exkluzívne a záverečné odlíatie sa zrealizovalo na začiatku júna (1. 6.).

Výsledky všetkých pokusných odlievaní

(obr. 13–15)

Fázy odlievania použitých rôznych zliatin kovov (rozdielne body tavenia, odlišná merná hustota, iné chemické zloženie atď.), či už obecných alebo drahých, prebiehali od 13. 8. 2014 do 1. 6. 2015. V chronologickom poradí sa začínalo zliatinou cínu, nasledovali zliatiny olova, striebra, zinku a na záver sa odliala zliatina zlata. Počas prvého dňa sa odliatím 55,487 g materiálu získalo 6 kusov ingotov, druhý deň (9. 9. 2014) bolo spracovaných 95,361 g a výsledná produkcia predstavovala 11 kusov odliatkov. Najväčší tepelný nápor absorbovala forma v priebehu tretieho odlievania (7. 10. 2014), keď sa jednorázovo odlialo 394,061 g zliatiny do 26 kusov ingotov. Sumárne sa (s prestávkami) za obdobie troch mesiacov spracovalo 394,061 g cínovej zliatiny do podoby 43 odliatkov, pričom hmotnostný priemer jedného odliatku vykazuje 9,164 g. Odlievanie olovenej zliatiny sa uskutočnilo z množstva 161,70 g a vzniklo 12 odliatkov s priemernou hmotnosťou 13,475 g jedného kusu. Strieborná zliatina sa odliala len do jedného kusu s hmotnosťou 11,570 g, k tomu dva kontrolné olovené ingoty sumárne 21,039 g. Tri zinkové ingoty s hmotnosťou 18,014 g. Posledný ingot a zároveň zlatý solitér má hmotnosť 9,247 g.



■ Obr. 9 Tavenie olova v tégliku.



■ Obr. 10 Odlievanie olova do formy.



■ Obr. 11 Tuhnutie oloveného odliatku.



■ Obr. 12 Vyklopenie odliatku z formy.

Závěrečné poznatky

Zistenie: forma počas celého experimentu odolala viac ako 900 °C. Bola schopná aj pri rôznej intervalovej, teplej i hmotnostnej záťaži zreprodukovať 555,761 g použitých zliatin kovov do tvaru 62 ingotov. Replika odlievacej formy ani po kontakte s roztaveným kovom nevykazovala žiadne zmeny. Neboli pozorované ani stopy po kove v jej stenách. Súviselo to so spôsobom vyklopenia stuhnutého odliatku. V origináli zostali stopy po kove pravdepodobne z dôvodu, že došlo k predčasnému vyklopeniu, resp. vybratiu odliatku iným predmetom. Zo 62 odliatkov sa vyčlenilo 10 kusov, ktoré boli ručne prekuté na rôzne profily. Kovanie prebiehalo na malej kovadline výlučne za studena s výnimkou



■ Obr. 13 Ingoty zliatin Sn, Pb, Zn, Ag, Au. Zoradené podľa bodu tavenia.



■ Obr. 14 Vyrobená forma so všetkými odliatymi ingotmi (62 ks).



■ Obr. 15 Ingoty vykuté na rôzne profily.

strieborného ingotu, ktorý sa jedenkrát vyžíhal, aby sa predišlo vzniku otrepu a popraskaniu materiálu. Ručným kovaním sa dosiahli: štvorcový, obdĺžnikový, kruhový profil. Úprava tvarov odliatkov pomohla získať reálnu predstavu o ďalšom možnom spracovaní základného tvaru a profilu ingotov keltskými kovolejármi, remeselníkmi a možno aj obchodníkmi. Všetky práce tohto experimentu sa realizovali výlučne v interiéri a keďže replika formy nevykazovala žiadne deštruktívne stopy, je možné v budúcnosti ďalšie experimentovanie presunúť do exteriéru.

Na základe veľkosti, váhy a aj pokusu, ktorý sme realizovali s replikou keramickej formy možno konštatovať, že určite slúžila na výrobu kovových ingotov. Nemusela byť použitá pre jeden kov, prípadne zliatinu, ale mohli v nej byť odliate viaceré druhy kovov, tak ako to dokázal náš pokus.

Použitá literatúra

- Březinová, G. – Cheben, M. – Ruttkay, M. – Vojteček, M. 2015: Dve sídliská z doby laténskej na Hornom Požitaví. In: Zborník Slovenského národného múzea. Supplementum 9. Bratislava, 279–299.
- Březinová, G. – Venclová, N. – Frána, J. – Fikrlé, M. 2013: Early Blue Glass Bracelets in the Middle Danube Region, Slovenská archeológia: časopis Archeologického ústavu SAV v Nitre, roč. 61, č. 1, 107–142.
- Budaj, M. – Čambal, R. 2015: Keltské mince a zlatý ingot zo Slovenského Grobu, Pravěk NŘ 21, 209–222.
- Čížmář, M. 2002: Nálezy tyglíků na laténských nížinných sídliskách na Moravě, Pravěk NŘ 12, 243–255.
- Dembksi, G. 1999: Münze oder Ware? Keltische Hackmünzen, Baren und Schrötlinge aus österreichischen Fundorten. In: K. Bartók – M. Torbágyi (eds.), Festschrift für Katalin Biro-Sey und István Gedai zum 65. Geburtstag. Budapest, 107–122.
- Droberjar, E. 2014: Stříbro na žárovém pohřebišti z doby římské v Jevíčku. In: B. Komoróczy (ed.), Sociální diferenciace barbarských komunit ve světle nových hrobových, sídliskových a sběrových nálezů (Archeologie barbarů 2011). Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 44. Brno, 133–148.
- Fröhlich, J. 2012: Drahý kov z moravského keltského centra Němčice, Numismatické listy 67, 147–159.
- Militký, J. 2013: Hromadný nález hexadrachem typu Biatec a stříbrného ingotu z neznámé lokality. K otázkám původu stříbra u středoevropských Keltů, Numismatické listy 68, 99–122.
- Pieta, K. 2008: Keltské osídlenie Slovenska: mladšia doba laténska. Archaeologica Slovaca Monographiae. Studia, Tomus XI. Nitra.
- Waldhauser, J. 1986: Kupfergewinnung und verhüttung in Böhmen und Mähren während der Späthallstatt- und Latènezeit (Forschungsstand). In: Veröffentlichungen

des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam 20. Berlin 1986, 107–212.
Waldhauser, J. 2001: Encyklopedie Keltů v Čechách. Praha.

Summary

Experiment with the casting mould from Čierne Kľačany, Slovakia

The purpose of the experiment was to identify the possibilities provided by casting moulds present in the inventory of finds from the La Tène period. In our case the object used was found during an archaeological excavation of a settlement in Čierne Kľačany, county Zlaté Moravce, located at Pri mlyne. The finding circumstances and its chronological classification into LT C1 have been published (Březinová et al. 2015).

A fragment of a graphite vessel was secondarily used to produce a copy of the original clay casting mould. Residues of metal were detected on the inner part of the hollow. Spectral analysis confirmed the presence of mainly copper, silver, and less prevalent lead, zinc, tin and other elements. In the experiment we have created a replica of the casting mould, which had a comparable composition to the ceramic material of the original. Since the spectral analysis did not definitely confirm the metal cast in this mould, we have decided to produce several ingots from various raw materials used during the La Tène period. Essentially, we mainly tried to evaluate the possibilities of the utilisation of a single mould dependent on the amount of ingots produced. Our experiment confirmed that a single casting mould was sufficient for the production of large number of ingots made from various raw materials.

In indoor conditions our mould produced: 43 ingots of tin, 12 lead, 3 zinc, 1 + 2 piece silver and 1 gold.

Concluding observations were interesting. The mould, under various intervals of heat, weight and ballast, resisted during the whole experiment more than 900 °C, it was able to reproduce 555,761 g of metal alloys into 62 ingots. From the 62 castings 10 were selected which were then reformed into different profiles. By hand-forging we produced: square, rectangular and round shapes. Reshaping the casts helped to get a real idea about the further processing of basic shape and profile of ingots available to the Celtic smiths, craftsmen and possibly even the merchants. All the work involved in the experiment was carried out exclusively in an enclosed space, and since the replica of the casting mould did not show any signs of degradation, it is possible to continue the experiment in the future.

Gertrúda Březinová, Archeologický ústav, Slovenská akadémia vied, Nitra, adresa: Akademická 2, 949 01 Nitra, e-mail: gertruda.brezinova@savba.sk
Marián Knoll, Archeologický ústav, Slovenská akadémia vied, Nitra, adresa: Akademická 2, 949 01 Nitra, e-mail: marian.knoll@savba.sk
Autormi v článku použitých fotografií sú: P. Červeň, F. Hinc, J. Hamaj, Z. Komáromiová, J. Kunik.

Príspevok vznikol za podpory Agentúry VEGA, č. projektu 1/0045/14 a 2/0189/12.