

# METALOGRAFSKE PREISKAVE ŽELEZNIH PREDMETOV

## PRIMER RIMSKEGA OROŽJA Z GRADU PRI ŠMIHELU

Zaklad z Gradu pri Šmihelu pod Nanosom, ki je vseboval vsaj 473 kosov predvsem železnega orožja, izvira s konca 3. stoletja oziroma iz prve polovice 2. stoletja pr. n. št. Ker vsebuje najstarejše zanesljivo rimske tipe orožja, je zelo pomemben za razumevanje razvoja rimske oborožitve in tehnike vojskovanja.<sup>1</sup>

Z metalografskimi preiskavami smo želeli dobiti čim več informacij o tehnologiji pridobivanja jekla iz rude in o tehnologiji izdelave predmetov.<sup>2</sup>

Ker so preiskovalne metode destruktivne, smo se omejili na čim manjše možno število vzorcev. Posebej smo želeli preveriti domnevo, da je bil eden od mečev izdelan iz več plasti kovine.<sup>3</sup> Zanimali so nas tudi pilumi, saj na osnovi antičnih literarnih virov lahko sklepamo, da so bile njihove konice narejene iz tršega jekla kot vratovi.<sup>4</sup> V preiskavo smo vključili dva piluma. Izbrali smo še katapultni izstrelek, značilen za republikansko dobo, in nesimetrično ost, za katero smo želeli preveriti, ali gre resnično za antični predmet.

Primerljive preiskave rimskih železnih predmetov iz republikanskega obdobja nam niso bile poznane, opravljene pa so bile na keltskem orožju<sup>5</sup> ter rimskem orodju in orožju od avgustejske dobe dalje.<sup>6</sup>

- 1 Jana Horvat, The Hoard of Roman Republican Weapons from Grad near Šmihel / Zaklad rimskega republikanskega orožja z Gradu pri Šmihelu pod Nanosom, *Arheološki vestnik*, 53, 2002, str. 117–192.
- 2 Dimitrij Kmetič, Jana Horvat, Franc Vodopivec, Metallographic examinations of the Roman Republican weapons from the hoard from Grad near Šmihel / Metalografske preiskave rimskega republikanskega orožja z Gradu pri Šmihelu, *Arheološki vestnik*, 55, 2004, str. 291–312.
- 3 Alfons Müllner, Die »Gradišča« in Krain. Das Gradišče von St. Michael bei Hrenovic, *Argo*, 1, 1892, str. 115–116; Alfons Müllner, *Geschichte des Eisens in Krain, Görz und Istrien*, Dunaj – Leipzig 1909, str. 49–50.
- 4 A. Schulten, Pilum, *Paulys Realencyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*, 20/2, 1950, str. 1360–1364.
- 5 Npr. Radomir Pleiner, *The Celtic Sword*, Oxford 1993.
- 6 Npr. Radomir Pleiner, Zur Schmiedetechnik im römerzeitlichen Bayern, *Bayerische Vorgeschichtsblätter*, 35, 1970, str. 113–141; Dietrich Horstmann, Metallkundliche Untersuchungen an Klingen von zwei römischen Dolchen, *Ausgrabungen und Funde in Westfalen-Lippe*, 9B, 1995, str. 111–135.

Z optično mikroskopijo je bila ugotovljena mikrostruktura vzorcev.

Opazene so bile tri vrste mikrostrukture, ki pomembno vplivajo na lastnosti predmetov: feritna, perlitna in feritno-perlitna mikrostruktura. *Ferit* je trdna raztopina ogljika v železu z največjo vsebnostjo 0,018 % ogljika pri sobni temperaturi, trdota je majhna – 95 HV. Za feritno mikrostrukturo se uporablja tudi izraz »mehko jeklo« ali »nizkoogljično jeklo« (oziroma kar »železo«). *Perlit* je lamelarni kompozit cementita (železov karbid  $Fe_3C$ ) in ferita. Jeklo z vsebnostjo 0,80 % ogljika ima popolnoma perlitno mikrostrukturo in trdoto 210 HV. Za perlitno mikrostrukturo se uporablja izraz »trdo jeklo« ali »visokoogljično jeklo« (oziroma kar »jeklo«).

Ugotovljeni so bili *nekovinski vključki* dveh vrst. Gre za ostanke *žlindre* (večfazni vključki) in vključke *silikatov* (steklasta faza). Vključki obeh vrst so bili deformirani zaradi kovanja.

Predmete pokriva dobro vidna plast *korozijskih produktov – rje*. Meč na eni strani pokriva plast žlindre, ki je podobne sestave, kot jo imajo vključki žlindre.

Posnetki elektronske sestave (ES) in rentgenski posnetki elementov v *elektronskem mikroanalizatorju (EPMA)* ter preiskave v *elektronskem vrstičnem mikroskopu (SEM)* so omogočili *kvalitativno analizo vključkov* žlindre in silikatnih vključkov. Tako so bile ugotovljene koncentracije posameznih elementov.

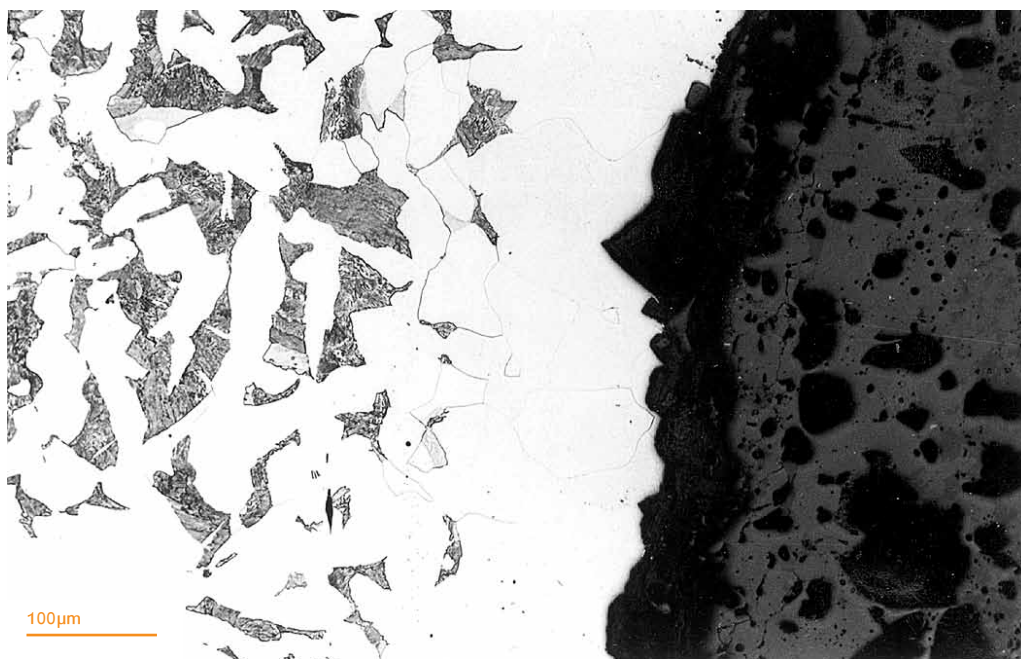
Vzorci so bili premajhni, da bi jih lahko kemično analizirali v kvantometru, pri pripravi ostružkov za klasično kemično analizo pa bi vzorce uničili. S semikvantitativno analizo nekovinskih vključkov žlindre in silikatnih vključkov je bila ugotovljena povprečna sestava v masnih odstotkih.

Na vzorcih smo izmerili tudi mikrotrdoto jekla po Vickersu z obtežbo 100 g.

Kovinska matica vseh preiskanih vzorcev je zelo čisto železo s sorazmerno majhno vsebnostjo ogljika (0,01 do 0,3 % C).

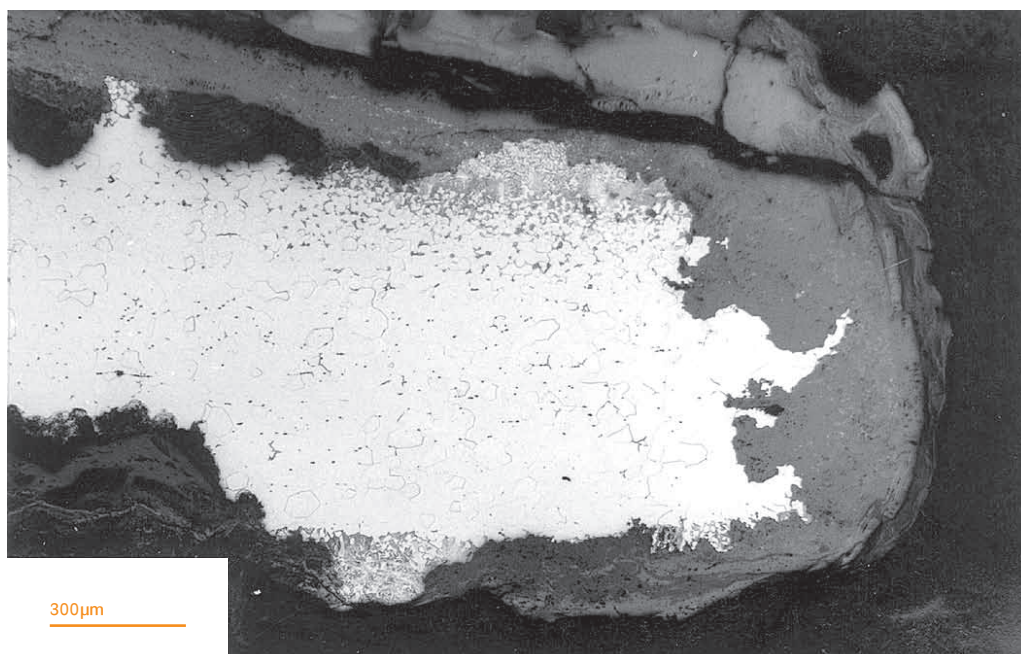
Jeklo nesimetrične osti ima več mangana, kot ga je v drugih vzorcih, jeklo katapultnega izstrelka pa ima v sledovih nikelj in baker. To kaže, da je bilo jeklo, iz katerega je bilo narejeno orožje, pridobljeno iz železovih rud, ki so imele različne spremljajoče elemente.

Vključki so deformirani zaradi kovanja. Mikrostrukturnih značilnosti, ki bi kazale na kaljenje, nismo opazili na nobenem od preiskanih vzorcev. Na predmetih tudi nismo



Sl. 1 – Meč P 3621. Mikrostruktura preseka rezila. Plasti od desne proti levi: plast korozijskih produktov na površini, sledi razogljčeno feritno območje, ki prehaja v feritno perlitno mikrostrukturo (po: Kmetič, Horvat, Vodopivec 2004 [op. 2], sl. 9)

Sl. 2 – Pilum P 3720. Mikrostruktura preseka konice. Feritno sredino pokrivata zgoraj in spodaj perlitni plasti, ki sta močno poškodovani zaradi korozije (po: Kmetič, Horvat, Vodopivec 2004 [op. 2], sl. 14)



opazili znakov hladne deformacije, ki je tudi ena od tehnologij utrditve površine in s tem povečanja trdote.

Orožje je bilo izdelano skoraj v celoti iz mehkega jekla (ferit, ferit in perlit; majhna trdota 87–135 HV), izstopa le konica piluma P 3720, katere površina je bila kovaško varjena s tršim jeklom (perlit).

Preiskave so, presenetljivo, pokazale, da orožje iz šmihelskega zaklada ne sodi med vrhunske izdelke, posebej če ga primerjamo s sočasnim keltskim ali poznejšim rimskim cesarskodobnim orožjem. Ugotovili pa smo, da so vsaj že v prvi polovici 2. stoletja pr. n. št. konice pilumov kovali iz tršega jekla, vratove pa iz mehkejšega.

Lahko smo zavrgli hipotezo, da je bil meč sestavljen iz več trakov in plasti, in potrdili antični izvor nesimetričnih konic.

## METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF IRON OBJECTS: THE CASE OF THE ROMAN WEAPONS FROM GRAD NEAR ŠMIHEL

### SUMMARY

*Jana Horvat, Institute of Archaeology at the Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts*  
*Dimitrij Kmetič, Institute of metals and technology*

The paper presents the metallographic investigation of five iron objects (a sword, two *pila*, a catapult bolt, and an asymmetric point), originating from a hoard of iron weapons

found in Grad near Šmihel pod Nanosom, dated to the end of the 3<sup>rd</sup> – first half 2<sup>nd</sup> century BC.

Surprisingly, the analyses revealed that the weapons from the Šmihel hoard are not outstanding products, especially not in comparison to contemporary Celtic or later imperial Roman weapons. We did, however, establish that as early as the first half of the 2nd century BC pilum heads were forged from hard steel and shanks from soft steel.