

Velkomoravská náušnice pod mikroskopem

Vladimír Ustohal, Marie Ptáčková

Nejjemnější a co do pracnosti nejnáročnější technikou zdobení kovových předmětů byly od nepaměti granulace a filigrán. Granulace je zdobení kovovými kuličkami (granum - zrno) sestavovanými na nosném podkladu do linií, plošných obrazců, ornamentů či figur. Filigrán je zdobení jemnými kovovými vlákny či drátky hladkými, vroubkovanými nebo zrněnými, často různě vzájemně zkrucovanými a splétanými, a poté tvarovanými do rozmanitých vzorů.

K nejstarším dokladům o znalosti postupu granulace a filigránu patří nálezkové předměty z Tróje a Kréty (2000-1800 let př. Kr.) a z Egypta (2000-1750 let př. Kr.). Nejdokonalejšího zvládnutí obou technologií dosáhli Etruskové (1000-300 let před Kr.). Ve střední Evropě se obě technologie začaly používat v mladší době halštatské a byly rozvíjeny Kelti v době laténské. Na území dnešní České republiky jsou nejstarší doklady datovány už k přelomu letopočtu. V dalších stoletích zde v důsledku obchodního spojení významně působily vlivy jižní Evropy, Byzance, Černomoří i Orientu. Největšího rozšíření pak granulace a filigrán v Čechách a na Moravě doznaly v 9. až 11. století po Kr., kdy se těmito technologiemi běžně zdobily náušnice, perly, knoflíky, pasové ozdoby, relikviáře, vzácněji pak prsteny. Byly to předměty dostupné i širším vrstvám obyvatel. V povědomí široké veřejnosti včetně občanů, kteří se jinak o historii nezajímají, jsou zejména náušnice zdobené jemnou granulací typickým atributem Velké Moravy. Náušnice tohoto druhu byla předmětem podrobnějšího studia z pohledu materiálového a technologického, s jehož výsledky seznamuje tento příspěvek.

Metalografická a prvková analýza náušnice

Analyzovaná náušnice, zdobená granulací, vybraná v roce 1993 ve sbírkách bývalého Archeologického ústavu ČSAV v Brně, pochází z lokality Staré Město. S tvarově stejnou náušnicí tvoří pár označený evidenčními čísly 105.796 a 105.797. Je zobrazena na obr. 1. Cílem analýz bylo stanovit bez poškození náušnice druh a čistotu použitého kovu či slitiny, postup výroby jednotlivých částí a rozsah korozního poškození pro případné restaurování. K metalografické analýze byl použit rastrovací elektronový mikroskop JXA-840 A japonské firmy JEOL. Spolu s doplňky pro lokální analýzu prvkového složení, a to energiově disperzním spektrometrem anglické firmy LINK, současně sloužil k analýze prvkové.

Prvková analýza ukázala, že všechny díly náušnice byly zhotoveny ze stříbra s velmi malým obsahem náhodně přimísené mědi. Stříbro dnes používané v klenotnictví má obsah mědi podstatně vyšší, přidávaný záměrně pro zlepšení tvrdosti slitiny a její odolnosti proti opotřebení. Stejně prvkové složení vykázaly i spoje mezi jednotlivými díly náušnice. Kromě Ag a Cu byla identifikována přítomnost také Ca, Si, Fe, S, P a Cl v malých množstvích. Tyto prvky však nejsou komponentami použitého stříbra, ale korozních produktů, vzniklých elektrochemickou korozí šperku v okolní zemině. Hlavními korozními zplodinami jsou chlorid a sulfid stříbra. Náušnice je korozí značně poškozena, takže dnes je jen velmi křehkým fragmentem, jehož restaurování by bylo pracné a s nejistým výsledkem.

Technologie zhotovení náušnice

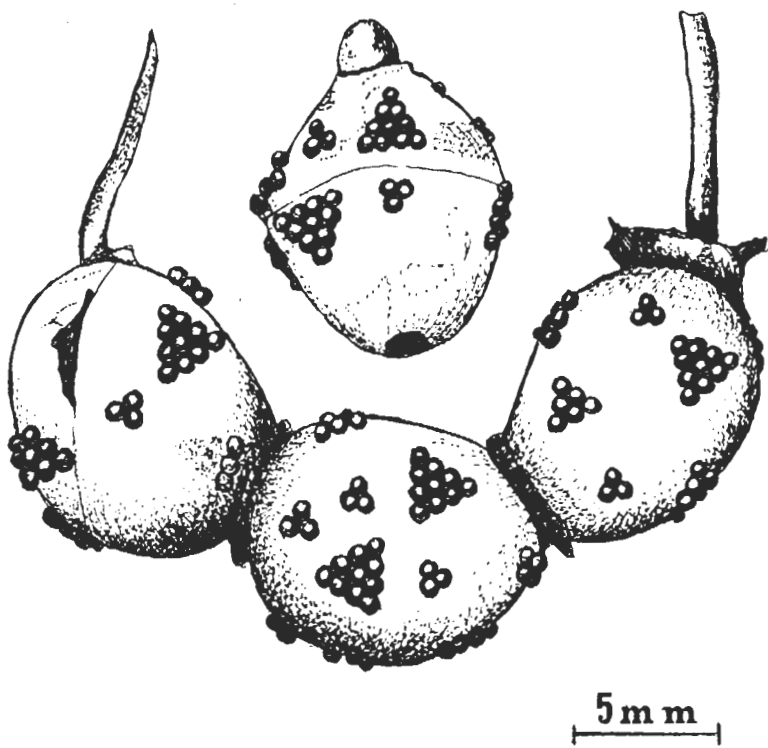
Na obr. 2 je jedno ze tří vajíček či perel náušnice. Je duté, složené ze dvou polovin o tloušťce stěny 0,2 mm, majících v místě styku průměr 7,80 mm. Tyto poloviny byly zhotoveny kovotlačitelským postupem. Rondely ze stříbrného plechu byly vytvářeny v jamce matrice tlakem a současným kroužením paličkou s kulovitým zakončením. Ke zhotovení matrice i tvarovací paličky stačilo tvrdší dřevo.

Povrch vajíčka je zdoben trojúhelníkovými sestavami ze tří nebo patnácti granulí. Podmínkou pravidelnosti větší sestavy je tvarová a rozměrová shoda použitých granulí. Proměřením náhodně zvolených patnácti granulí (obráz. 3) bylo stanoveno, že jejich průměr minimální je 0,576 mm, maximální 0,697 mm, střední 0,654 mm, se standardní odchylkou 0,034 mm. Počítáme-li s měrnou hmotností litého stříbra $10,48 \text{ g. cm}^{-3}$ (pro stříbro tvářené je tato hodnota $10,55 \text{ g. cm}^{-3}$), pak střední hmotnost granule je 0,012 g. Velikost granulí je srovnatelná s velikostí granulí na špercích z Kréty, kde bývá asi 0,5 mm. Granule na etruských špercích, představujících v této technologii nejvyšší dosaženou mez, bývají i menší než 0,2 mm, což je hodnota na hranici rozlišovací schopnosti lidského oka.

Obrázek č. 3 současně potvrzuje, že k připevnění granulí k vajíčku nebyla použita žádná přídavná pájka. Ta by totiž nežádoucím způsobem smočila a zaplnila volné prostory mezi granulemi a estetický účín šperku by byl značnou měrou zhoršen. Detail spoje mezi dvěma granulemi je na obr. 4. Napovídá, jak vlastně bylo vzájemné spojování granulí a spojování s nosným podkladem provedeno. Granule byly na vajíčko fixovány zřejmě pryskyřicí (dnes se používá pryskyřice tragantová nebo organické lepidlo). Pak následoval ohřev celé sestavy na žhavém dřevěném uhlí, nebo ohřev plamenem směřovaným dmuchavkou. Čisté stříbro má teplotu tavení $940 \text{ }^\circ\text{C}$, což je teplota těmito způsoby ohřevu snadno dosažitelná. Při ohřevu se přednostně natavoval povrch granule, nikoliv celý její objem, což bylo částečně způsobeno přestupem tepla, avšak především proto, že teplota tání povrchové vrstvy granule byla snížena prvkem (prvky), který se do povrchu granule rozpustil při její přípravě. Tímto prvkem ve velmi nízkém obsahu byl uhlík, neboť prostředím pro přípravu granule byla s největší pravděpodobností podložka z kousku dřevěného uhlí, nebo zásyp dřevouhelným prachem. V případě granulí připravovaných ze zlata se do dřevouhelného prachu vmíchává malé množství sloučeniny obsahující měď. Ta se při pájení granulí na podložku redukuje uhlíkem z fixačního organického lepidla či pryskyřice, rozpouští se v povrchu granule a snižuje jeho teplotu tání. Zlatá granule se pak povrchově natavuje dříve než samotný objem a její tmavší zbarvení se odstraní oxidačním plamenem.

Stopy granulí odlomených z vajíčka a nezkorodované můstkové spoje mezi granulemi ukazují, že kontaktní plošky těchto spojů mají střední průměr 0,26 mm, což je 2,5 krát méně než střední průměr granulí. Mezi granulemi tedy zůstává zachován poměrně velký nezaplňený prostor, přispívající k jemnosti stavby celého šperku.

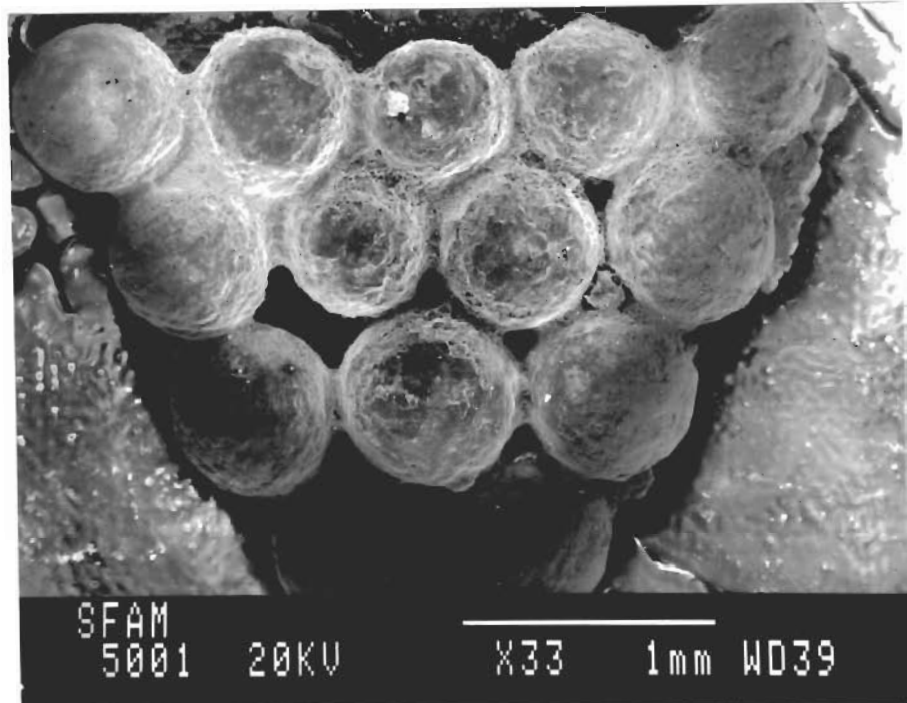
K ověření, s jakými potížemi se asi potýkal dávný klenotník při přípravě granulí a jak takové technologické úkoly vyřešil, posloužily následující experimenty. Granule byly nejprve zhotovovány postupným odtavováním stříbrného drátu. Tento postup se však ukázal velmi pracný, pomalý a obtížně umožňující dodržet stále stejnou velikost granulí. Druhý pokus byl vhodnější. Stejně dlouhé kousky sekané nebo stříhané ze stříbrného drátu nebo plechu byly vloženy do menšího žáruvzdorného kelímku a zasypany dřevouhelným prachem. Při ohřevu nad teplotu tání stříbra se z těchto kousků vytvořily kapky, které při působení povrchového napětí ztuhly v dokonale kulovité granule. Při malém spěchování zásypu však kapky mohou protékat a spojovat se. Při značném spěchování zásypu tuhne kapka naopak přejímá tvar dutiny původního kousku drátu. I když optimum spěchování lze pokusně stanovit, mnohem jednodušší a co do výsledku spolehlivější je příprava granulí na ploché žáruvzdorné destičce, například z vypálené hlíny, opatřené dolíky, které mohou být mělké a nestejněho tvaru a rozměrů. Kousky stříbrného drátu vkládané do dolíků jsou tenkou vrstvou dřevouhelného prachu jen zasypany. Takto lze jednorázově připravit značné množství kuliček rozměrově natolik stejných, že jejich další třídění není nutné. Lze předpokládat, že dávný klenotník, zhotovující velkomoravské šperky i po staletích vzbuzující zasloužený obdiv, postupoval obdobným způsobem.



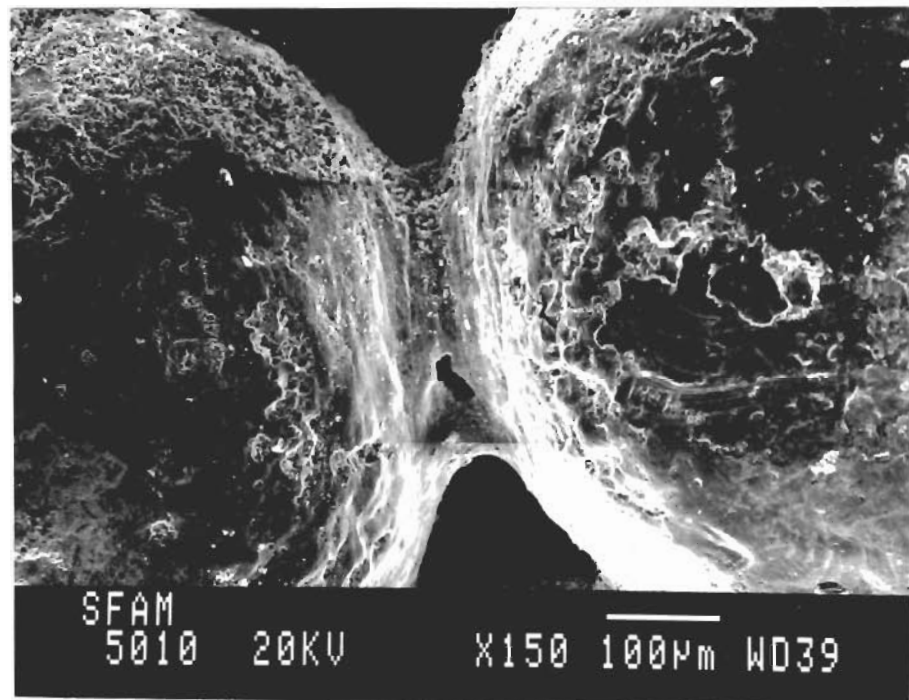
Obr. 1 Fragment stříbrné náušnice z lokality Staré Město.



Obr. 2 Duté vajíčko-perla je složeno ze dvou polovin a zdobeno granulací. Rastrovací elektronový mikroskop (REM).



Obr. 3 Sestava granulí připojených k povrchu vajíčka-perly pájením bez přídavné pájky. REM.



Obr. 4 Detail spoje mezi granulemi. REM.