До історії стародавнього виробництва

Т. Ю. Гошко

ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ВИГОТОВЛЕННЯ БРАСЛЕТІВ З ГОРДІЇВСЬКОГО МОГИЛЬНИКА

У статті подано підсумки технологічного вивчення невеликої серії прикрас із Гордіївського могильника (XIII—XII ст. до н. е.), а саме браслетів. Встановлено спільні технологічні риси всіх браслетів: лиття заготовки та наступне формування кування із високими ступенями обтиску, проведення попереднього високотемпературного відпалу.

Ця стаття присвячена невеликій серії прикрас із курганного могильника бронзової доби біля с. Гордіївка — браслетам. Всього нараховується дев'ять браслетів, вісім з них піддано металографічному аналізу. Сім браслетів спіральні, один з них має два спіральні щитки. Один браслет овальний.

Ан. 10 (*КП-46873; А-4941*), рис. 1, *1*; 2. Виготовлено два шліфи: на перпендикулярному (а) та поздовжньому (б) перерізах. До травління на обох шліфах була помітна невелика кількість евтектоїду та свинцю, що розсіяний дрібними цяточками по всій площі шліфів.

Металографічне дослідження виявило повністю рекристалізовану різнозернисту структуру з великою кількістю двійників у великих і малих зернах. У деяких поліедрах спостерігаються лінії зсуву. Величина зерна 0,09—0,1 мм [1]. Мікротвердість, кг/мм^2: а — 114; б — 116.

Висновок: браслет виготовлено з круглого у перерізі дроту, довжиною 117 см і товщиною 0,3 см, отриманого вільним куванням у гарячому стані. Про це свідчить рівномірність перерізу дроту, крупнозерниста структура та концентрація олова (15 %), при якій можливий тільки незначний обтиск холодного металу — не більше 20 % [2]. І навпаки, мікродомішки роблять неможливим гаряче кування (Pb — 0,3 %; Sb — 0,29; As — 0,43 %). У такій ситуації є тільки один вихід — гомогенізаційний відпал, під час якого перед куванням виріб нагрівався до температури 700 °С і витримувався 1 год. Після цієї операції метал стає пластичним і гаряча деформація проводиться легко, допускаючи обтиск до 80 % [3].

Отже, майстер піддав заготовку гомогенізації, але не повній, тому що евтектоїд повністю не розчинився. Потім викував дріт на спеціальному ковадлі з жолобком, про що свідчить його рівномірний переріз. Далі, у нагрітому ж стані був нанесений орнамент і навитий на болван. Коли виріб охолонув, майстер прокував браслет, щоб стиснути пружину.

Ан. 11 (*КП-46872; А-4940*), рис. 1, *2*; 2. Шліф зроблено на поздовжньому перерізі. До травління було видно міжкристалітну корозію, що розрослася по межах поліедрів, та тріщину по діагоналі шліфа. Невелика кількість евтектоїду витягнута ланцюжками вздовж шліфа. Впоперек шліфа є невеликі тріщини.

Металографічне дослідження виявило повністю рекристалізовану структуру (Д 0,09—0,065 мм) з великою кількістю двійників та ліній зсуву. У центрі шліфа трапляються крупні поліедри (Д 0,12 мм). Мікротвердість 155 кг/мм^2.

Висновок: браслет було виготовлено з круглого у перетині дроту діаметром 0,4 см. Перед куванням заготовка була піддана гомогенізації, яка, проте, не була доведена до кінця (залишки евтектоїду). Далі метал кувався у гарячому стані при температурі 600 °С. Тим, що метал не набув достатньої пластичності, пояснюється поява тріщин. Орнамент наносився на дріт в остигаючому стані, без підігріву

© Т. Ю. ГОШКО, 2000

виробу надавався остаточний вигляд браслету (тобто навивання дроту на болван, стиснення пружини).

Ан. 12 (*КП-46826; А-4894*) рис. 1, *3*; 2. Виготовлено два шліфи на загостреному кінці дроту — на поперечному (а) та поздовжньому (б) перерізах. До травління на обох шліфах видно міжкристалітну корозію, що розвивається по межах поліедрів. У центрі шліфа *а* спостерігається велика тріщина. Евтектоїд присутній у невеликій кількості і відповідно до шліфа має круглу (а) або плавно видовжену форму (б).

Після травління виявлено повністю рекристалізовану структуру, що складається з поліедрів та двійників малих розмірів (Д 0,035 мм). У деяких формах присутні лінії зсуву. Дендритна ліквідація повністю відсутня. Мікротвердість 140 кг/мм^2.

Висновок: дріт для браслету отриманий вільним куванням у гарячому стані (рівномірність перерізу, плавні обриси евтектоїду). Сплав, який містить Sn — 13 %, Pb — 0,08 %, можна кувати тільки після високотемпературного відпалу. Як і в попередніх браслетах, гомогенізація була неповною, що й спричинило появу тріщини під час кування. Кінці дроту кувалися вже, коли метал почав остигати (поява ліній зсуву у деяких кристалах). Подальші операції з оформлення виробу в остаточному вигляді проводилися по холодному металу.

Ан. 13 (*КП-46829; А-4893*), рис. 1, *4*; 2. Шліф виготовлено на поздовжньому перерізі. До травління спостерігалися сильна міжкристалітна корозія, що розростається по межах поліедрів, корозійна з'їдина посередині шліфа та сильно витягнутий евтектоїд. Після травління відкрилося поле, заповнене поліедрами з невеликою кількістю двійників. Величина кристалів 0,035—0,045 мм. Мікротвердість 96,1 кг/мм^2.

Висновок: браслет виготовлений з круглого у перерізі дроту товщиною 0,3 см, довжиною 117 см, загостреного на кінцях. Відсутність залишків дендритної ліквації та форма евтектоїду дають можливість припустити, що ступінь обтиску металу дорівнював 80 %. Всі роботи над виробом проводилися при температурі 600 °С і за тією самою схемою, як попередньо описані браслети.

Ан. 14 (*КП-46869; А-4937*), рис. 1, *5*; 3. Шліф виготовлено на поперечному перерізі дроту. До травління на ньому було видно дрібні включення евтектоїду $\alpha + Cu_{31}Sn_8$. У центрі присутні залишки сідної раковини і сідна тріщина. Після травління відкрилася повністю рекристалізована структура, що складається з дрібних поліедрів (Д 0,025 мм) і двійників, що дрібнішають до краю шліфа. Мікротвердість 137—232 кг/мм^2.

Висновок: браслет виготовлений з круглого у перерізі дроту товщиною 0,6 см. Кування проводилося при невеликій температурі, про що свідчить дрібне зерно.

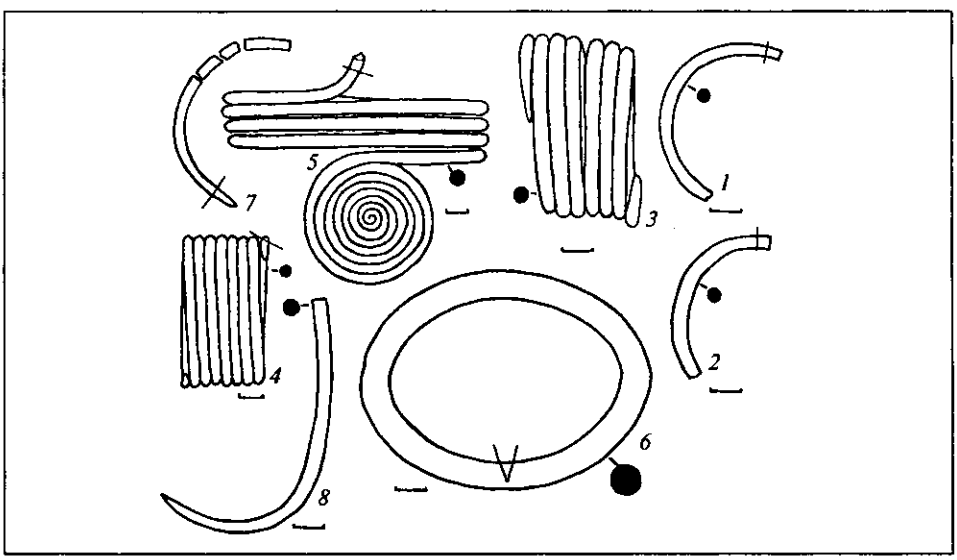

Рис. 1. Розташування шліфів на браслетах: *1* — ан. 10 (КП-46873; А-4941); *2* — ан. 11 (КП-46872; А-4940); *3* — ан. 12 (КП-46826; А-4894); *4* — ан. 13 (КП-46825; А-4893); *5* — ан. 14 (КП-46869; А-4937); *6* — ан. 15 (КП-46839; А-4907); *7* — ан. 50 (КП-46826; А-4894); *8* — ан. 69 (КП-51905; А-5342)

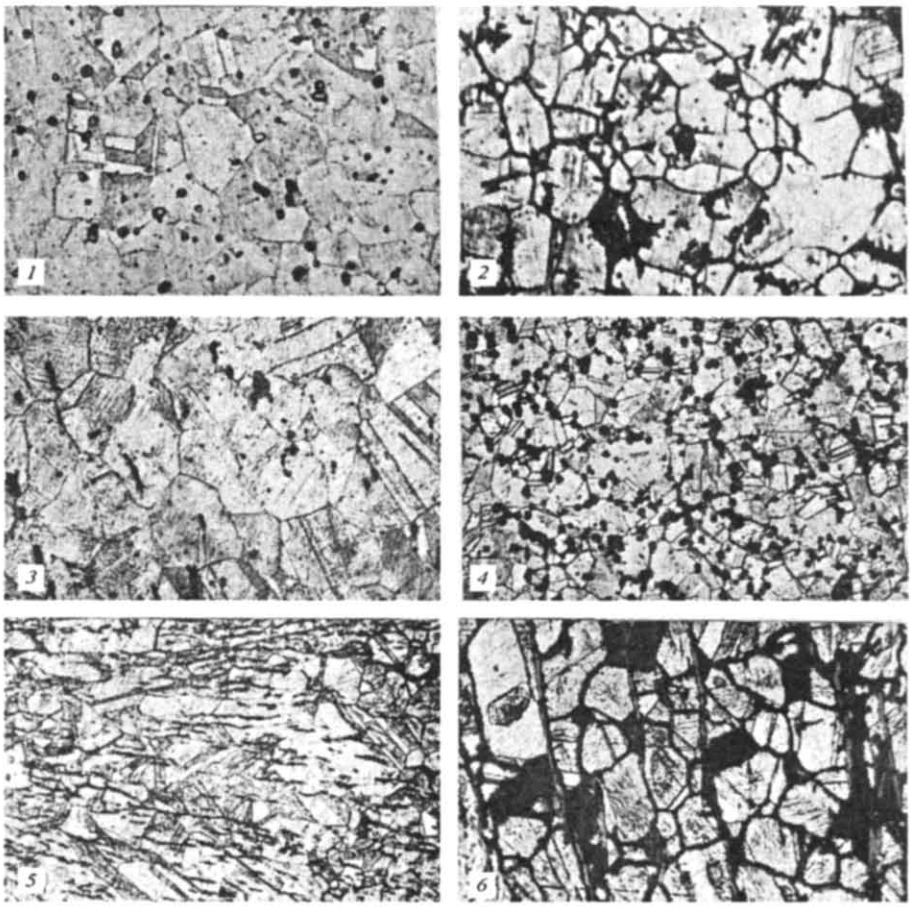

Рис. 2. Мікроструктури: *1* — ан. 10а, зб. 120; *2* — ан. 10б, зб. 120; *3* — ан. 11, зб. 120; *4* — ан. 12а, зб. 120; *5* — ан. 13, зб. 70; *6* — ан. 13, зб. 200

Ступінь деформації 60—80 % (відсутність дендритної ліквації). Орнамент наносився по остигаючому металу (подрібнення поліедрів до краю виробу). Щитки зроблені накручуванням кінців дроту на конус і потому сплющуванням на ковадлі. Далі середина дроту навивалася на циліндр.

Ан 15 (*КП-46839; А-4907*), рис. 1, *6*; 3. Шліф зроблено на поперечному перерізі браслету. До травління по всьому полю шліфа спостерігались залишки евтектоїду та сідна пористість. Металографічне дослідження відкрило цілком гомогенізовану структуру з крупним зерном (Д 0,09 мм). Мікротвердість 112,2 кг/мм^2. На тому боці шліфа, де нанесений орнамент, спостерігаються деяка подрібненість поліедричної структури та лінії зсуву. Мікротвердість зростає до 128 кг/мм^2.

Висновок: браслет виливався за восковою моделлю (характерні сліди загладжування воску). Далі його було піддано гомогенізаційному відпалу і, нарешті, по холодному металу нанесено орнамент (характер структури, лінії зсуву).

Ан. 50 (*КП-4682; А-4894*), рис. 1, *7*; 3. Шліф зроблено на поздовжньому перерізі загостреного кінця спірального браслету. До травління було видно плавно витягнутий евтектоїд $\alpha + Cu_{31}Sn_8$. Після травління відкрилася структура, що має рекристалізований характер і складається з поліедрів та двійників середньої величини (Д 0,045 мм), покритих лініями зсуву. Залишки дендритної ліквації відсутні. Мікротвердість 230 кг/мм^2.

Висновок: браслет був виготовлений з круглого у перерізі дроту, що звужувався до кінців. Лита заготовка кувалася при червоному калінні на спеціальному ковадлі (рівномірність перерізу дроту). Ступінь обтиску 60—80 %. Далі нагрітий дріт навито на циліндричний болван і вже в холодному стані куванням трохи стиснута пружина браслету (лінії зсуву).

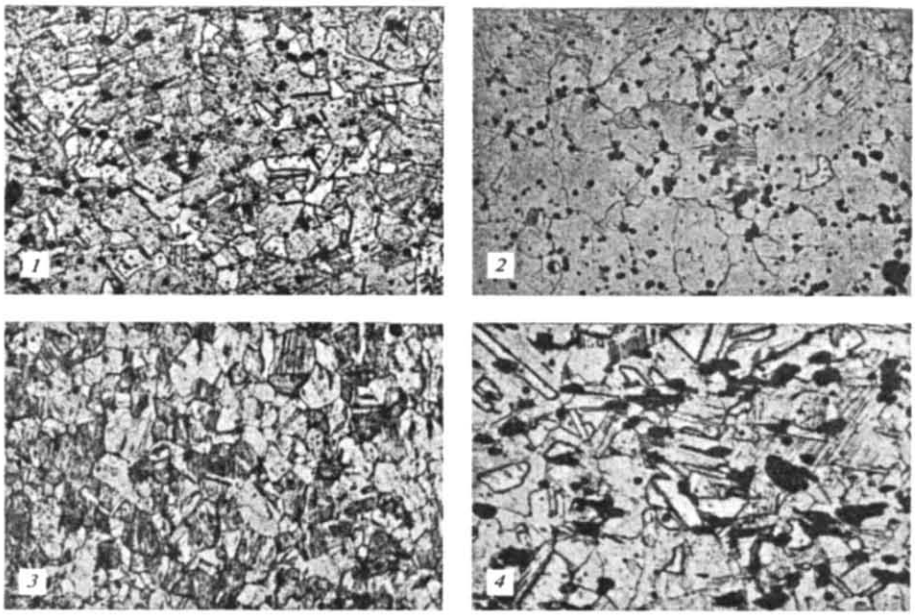

Рис. 3. Мікроструктури: *1* — ан. 14 зб. 120; *2* — ан. 15 зб. 70; *3* — ан. 50 зб. 120; *4* — ан. 69 зб. 120

Ан 69 (*КП-51905; А-5342*), рис. 1, *8*; 3. Шліф зроблено на поздовжньому перерізі дроту. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану різнозернисту з великою кількістю двійників структуру. Величина поліедрів 0,09—0,065 мм. У середині поліедрів виявлено велику кількість ліній зсуву. Залишки дендритної ліквації відсутні. Мікротвердість 141 кг/мм^2. На жаль, нам невідомий хімічний склад цього браслету, тому ми не можемо докладніше описати технологію його виготовлення. Візуально вміст олова можна визначити, як 10—15 % [4].

Висновок: дріт до браслету кувався у гарячому стані на спеціальному ковадлі з жолобом (форма евтектоїду, рівномірність перерізу дроту). Ступінь обтиску 60—80 %.

Металографічне дослідження дає змогу говорити про уніфікацію технології виготовлення браслетів:

- лиття заготовки;
- проведення неповного гомогенізаційного відпалу;
- формувальне кування на спеціальному ковадлі з жолобком, стінки якого перешкоджали поперечній деформації металу при куванні. Загострення кінців дроту. Ступінь обтиску металу становив 60—80 %;
- незначне полірування поверхні дроту перед нанесенням орнаменту;
- нанесення орнаменту;
- формування щитків браслету (ан. 14). Для цього кінець дроту у нагрітому стані накручувався на конусний болван; отримана таким чином конусна спіраль ударами молотка стискувалася у плаский спіральний завиток;
- формування браслету, коли середина дроту навивалася на циліндричний болван, а отримана пружина стискувалася. Браслети, що не мали щитків, навивалися тільки на циліндр. Ці операції проводилися без нагрівання металу.

Один браслет (ан. 15) виливався за восковою моделлю й потім був підданий гомогенізації, щоб не допустити тріщин під час нанесення орнаменту. І, нарешті, по холодному металу нанесено орнамент.

Підводячи підсумки технологічного дослідження зазначених бронзових браслетів, необхідно наголосити той факт, що для їх виготовлення використовувалася високоолов'яниста бронза (11—15 %) з високими концентраціями арсену (0,43—0,32 %), свинцю (0,17—0,05 %) та сурми (0,1—0,29 %), тобто такий сплав, що потребує від майстра високої кваліфікації та знання властивостей подібних бронз. В усіх випадках кування виробу відбувалося по гарячому металу. Цьому передувало високотемпературне нагрівання металу до 600—700 °С і витримування при цій температурі менше 1 год (неповний гомогенізаційний відпал). У результаті такої операції

вирівнювалася концентрація всередині зерен твердого розчину, зменшувалася кількість евтектоїду і металу надавалася більша пластичність.

Треба зазначити, що така термічна обробка, як гомогенізація, поки відома тільки на території Семиріччя в епоху пізньої бронзи (XII—X ст. до н. е.) [5].

Проте складається враження, що гордіївськими майстрами техніка гомогенізуючого відпалу ще не була цілком освоєна: ті зміни у литій бронзі, які мають протікати під час термічної обробки (ліквідація дендритної ліквації та розчинення евтектоїду), не доведені до кінця, тобто на всіх шліфах, крім ан. 15, є залишки евтектоїду. Тому кування металу із ступенем обтиску 60—80 % призводило до появи тріщин (ан. 11, 12, 69).

Отже, можна допустити, що браслети вироблені місцевими майстрами за відомою їм технологією, але із незвичної високоолов'янистої бронзи, гаряча обробка якої потребує спеціальних навичок.

[1] *Смирягин А. П.* Промышленные металлы и сплавы. — М. : Металлургиздат, 1956. — С. 554—555. — Рис. 458.

[2] *Равич И. Г.* Эталоны сикроструктур оловянной бронзы // Художеств. наследие. — 1983. — Вып. 8. — С. 139.

[3] *Равич И. Г.* Вказ. праця. — С. 141.

[4] *Равич И. Г.* Там же. — С. 138.

[5] *Дегтярева А. Д.* Металлообработка в эпоху поздней бронзы на территории Семиречья // Вестник МГУ. —1985. — Вып. 3.

Т. Ю. Гошко

О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БРАСЛЕТОВ ИЗ ГОРДИЕВСКОГО МОГИЛЬНИКА

Статья посвящена бронзовым браслетам из курганного могильника эпохи бронзы у с. Гордиевка. На основании изучения металлографических структур девяти браслетов автор отмечает высокий уровень технологических знаний мастеров-ювелиров, который позволял ковать высокооловянистую бронзу с большой концентрацией мышьяка, свинца и сурьмы. Отмечается унификация технологии изготовления витых проволочных браслетов.

T. Yu. Hoshko

ON THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF BRACELETS FROM THE GORDIEVKA BURIAL GROUND

The paper is devoted to bronze bracelets from the burial mound of the Bronze Age near the village of Gordiivka. On the basis of study of the metallographic structures of 9 bracelets, the author notes the high level of the technology applied by masters-jewelers, which allowed them to forge high-tin bronze with a high concentration of arsenic, lead, and antimony and indicates the unification of the technology of manufacture of spiral wire bracelets.

Одержано 25.10.1999