

ŻELAZO METEORYTOWE W STAROŻYTNYM EGIPCIE PRZED OKRESEM PÓŹNYM¹

METEORITIC IRON IN ANCIENT EGYPT BEFORE THE LATE PERIOD

Mateusz Napierała

Wydział Archeologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 7, 61-614 Poznań.
mateusz.napierala@poczta.onet.pl

ABSTRACT: The aim of the article is to present an unusual raw material, which is the meteorite iron and its specific status in the culture of ancient Egypt. The presentation of this extraordinary material, highlighting the features allowing to recognize it, the interpretation of the artifacts made of it (taking into account the physicochemical analyzes), and the development of the results of experimental works recreating the methods of its processing allow us to obtain the necessary information about the delineation of meteorite iron metallurgy in ancient Egypt up to the beginning of the Late Period. An important source for achieving the article's goal are also texts. Text analysis highlights the ambiguity of the terminology used to describe meteorite iron. By reviewing the contexts of its use, they allow us to enrich knowledge about its metallurgy and help to characterize the status of this metal in the consciousness of the Egyptians.

KEY WORDS (ENG): iron, meteoritic iron, iron artefacts, archaeometallurgy, ancient Egypt, *bia* metal (*bj?*)

¹ Definicja Okresu Późnego według najnowszego opracowania M. Kaczanowicz, 2019, *Egipt. Ostatnie wielkie imperium (747–332 r. p.n.e.)*, Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM, s. 19–38, 45–50 – wyniki najnowszych badań nad chronologią Okresu Późnego w Egipcie poszerzają go o panowanie XXV dynastii. Każdy Okres Przejściowy w dziejach Egiptu to czas charakteryzujący się podziałami i rozdrobieniem politycznym, regresem sztuki i rzemiosła, odróżniający się wyraźnie od tego, co było przed nim i co następuje po. Widoczne jest to wyraźnie w III Okresie Przejściowym. W przypadku XXV dynastii mamy do czynienia ze zjednoczeniem państwa, a sztuka i rzemiosło zapoczątkowane przez tę dynastię były kontynuowane aż do podboju Aleksandra Wielkiego. Zatem istnieje wyraźna ciągłość między panowaniem Kuszytów, a późniejszymi władcami, m.in. w zakresie ceramiki czy rodzaju trumien, dlatego też dynastia XXV jest w tym artykule, za M. Kaczanowicz, zaliczana do Okresu Późnego. Pozostałe datowanie za *The Oxford History of Ancient Egypt*, 2000, I. Shaw (red.), Oxford: Oxford University Press.

Najstarsze przedmioty z żelaza meteorytowego odkryte na Bliskim Wschodzie pochodziły z VI i V tys. p.n.e. z terenów Mezopotamii i Iranu (McNutt, 1990, s. 118, 135; Almansa-Villatoro, 2019, s. 73). Następnie żelazo meteorytowe oraz żelazo z rudy pojawiło się jako pojedyncze artefakty w IV i III tys. p.n.e. głównie w Mezopotamii, ale także w Anatolii i Asyrii jako część wyposażenia grobowo-świątynnego (Moorey, 1999, s. 278–279; Almansa-Villatoro, 2019, s. 73–74). Z pierwszej połowy II tys. p.n.e. znanych jest niewiele przedmiotów żelaznych pochodzących głównie z rud tego metalu (hematytu i magnetytu) z terenów Anatolii, z kontekstu takiego jak w poprzednich tysiącleciach (McNutt, 1990, s. 122–126; Cordani, 2016, s. 162–174). W XVI w. p.n.e. wykorzystanie żelaza w produkcji biżuterii i przedmiotów rytualnych było już udokumentowane w Imperium Hetytów (Peake, 1933, s. 642–643; Wertime, 1973, s. 875–886) i aż do XII w. p.n.e. żadne inne państwo nie obrabiało tego surowca w takim stopniu jak oni (Maddin, 1975, s. 60–61; Muhly i in., 1985, s. 80; McNutt, 1990, s. 139–140; Cordani, 2016, s. 162–164)². Hetyci mieli możliwość wcześniejszego zapoznania się z żelazem, ponieważ północne regiony Anatolii oraz południowe wybrzeża M. Czarnego obfitowały w złoża magnetytu (Peake, 1933, s. 643; Maddin, 1975, s. 63; Wason, 1978, s. 269–270). Obrabiane przez nich żelazo stało się jednym z głównych i najcenniejszych surowców pojawiających się w korespondencji między władcami hetyckimi i bliskowschodnimi, w tym egipskimi (Richardson, 1937, s. 447–448; Muhly i in., 1985, s. 71–73)³. To głównie ona przysłużyła się rozpowszechnieniu poglądu o wiedzy i zdolnościach hetyckich metalurgów (Cordani, 2016, s. 171–174)⁴.

W drugiej połowie II tys. p.n.e. obróbka żelaza rozpowszechniła się na obszarach Mezopotamii, Anatolii i po raz pierwszy Syropalestyny, zwiększając także ilość produkowanych z tego surowca przedmiotów, wśród których licznie pojawiły się różnego rodzaju narzędzia (McNutt, 1990, s. 122–126; Cordani, 2016, s. 162–174). Mimo zwiększenia wykorzystania żelaza pozyskiwanego z rudy, przedmioty z niego produkowane wciąż nie można nazwać użytkowymi, ponieważ cenniejsza była ich wartość symboliczna. Dlatego nadal znaczną część stanowiła biżuteria, a broń i na-

² Na tak wczesnym etapie wykorzystanie żelaza nie było wysokie ani powszechne. Hetyci wcześniej odkryli sposób, w jaki należy przetwarzać rudy żelaza, lecz nie opanowali w 100% metod jego obróbki. Potrafili je przetapiać, lecz z różnym skutkiem.

³ Odnosząc się do kwestii rzekomego monopolu Hetytów na produkcję żelaznych przedmiotów, warto dodać, że miałby on przypaść na XIV–XIII w. p.n.e. i mieć związek z panowaniem Hattusilisa III i jego sławną korespondencją z różnymi władcami. Źródła wskazują jedynie na to, że w tym okresie Hetyci potrafili obrabiać żelazo, produkować z niego broń czy narzędzia, ale te przedmioty nadal pozostawały w sferze religijno-ceremonialnej i służyły jako dary dla innych władców. Najbardziej pożądanym przez wszystkich było „dobre żelazo” z Kizzuwatna, co sugeruje, że było ono wysokiej jakości, a jego produkcja w pełni kontrolowana przez nich.

⁴ Aż do późnego okresu nowohetyckiego nie nastąpiła żadna znacząca poprawa obróbki żelaza. Należy jednak podkreślić, że już we wczesnych fazach istnienia państwa hetyckiego wiedza w zakresie technologii żelaza osiągnęła dobry poziom, który jednak nie został znacząco rozwinięty, aż do nastania epoki żelaza. Dodatkowo obecność żelaza w tekstach hetyckich wskazuje na dobrą znajomość tego metalu, i jego właściwości, na umiejętność rozróżniania jego rodzajów w zależności od źródła pozyskiwania oraz dostrzegania różnic jakościowych tego surowca.

rzędzia pełniły funkcje rytualne (McNutt, 1990, s. 128–129). Dopiero pod koniec II tys. p.n.e., wraz z opanowaniem metody nawęglania i hartowania żelaza, uzyskało ono przewagę technologiczną nad brązem, stopniowo zastępując go w produkcji użytkowych narzędzi i broni (Wainwright, 1936, s. 19; Wason, 1978, s. 273). Nie tylko przedmioty, ale także piece do wytopu i warsztaty obrabiające żelazo pojawiły się na terenie Syropalestyny, Anatolii i Mezopotamii pod koniec II i na początku I tys. p.n.e. (Muhly i in., 1985, s. 81; Davis i in., 1985, s. 44; McNutt, 1990, s. 142–152). Przejście od metalurgii brązu do żelaza z całkowitą dominacją w produkcji narzędzi i broni tego drugiego metalu następowało stopniowo w różnych regionach Bliskiego Wschodu w różnym czasie (Coghlan, 1956, s. 13; Alexander, Street, 1990, s. 19). U Hetytów owo przejście miało miejsce około XII w. p.n.e. (Muhly i in., 1985, s. 79) i zbiegło się z kryzysem związanym z końcem panowania ich Imperium i najazdem Frygijczyków. W Palestynie nastąpiło ono między XII a X w. p.n.e., na Cyprze XI a X w. p.n.e. (Muhly i in., 1985, s. 81), w Syrii pomiędzy X a IX w. p.n.e., w Asyrii i Mezopotamii IX a VII w. p.n.e. (Waldbaum, 1978, s. 82; Snodgrass, 1980, s. 356–357; McNutt, 1990, s. 147–148) oraz w samej Anatolii w IX–VII w. p.n.e. (Snodgrass, 1980, s. 357; McNutt, 1990, s. 142; Waldbaum, 1978, s. 35). Zatem nie było jednego, głównego ośrodka, w którym wykształciła się obróbka żelaza, lecz w różnych regionach w podobnym czasie doszło do jej rozwoju jako efektu eksperymentów metalurgicznych i nauki na błędach.

Warto zauważyć, że żelazo meteorytowe było jako pierwsze poddawane obróbce (głównie VI–III tys. p.n.e.) – zapewne przypadkowej – wypracowując metody, które następnie wykorzystywane były przy pracy z żelazem z rudy (niewielkie ilości IV–III tys. p.n.e., dominacja w produkcji od II tys. p.n.e.). Inną możliwością zdobycia wiedzy dotyczącej sposobów obróbki żelaza z rudy była być może metalurgia miedzi, ponieważ metal ten występował jako zanieczyszczenie rud miedzionośnych (np. chalkopirytu) oraz był stosowany jako topnik przy obróbce termicznej tego metalu, więc przypadkowy wytop żelaza mógł pomóc przy zdobywaniu nowej technologii (Castel i in., 1998, s. 57–66; Ogden, 2000, s. 150; Odler i in., 2021, s. 9–10).

Żelazo w kraju faraonów do początków Okresu Późnego było rzadko stosowanym metalem wykorzystywanym do produkcji przedmiotów pochodzących z królewskiego kontekstu grobowo-świątynnego (Lipińska, 1977, s. 161–164). W związku tym, że ze wspomnianego wyżej okresu nie mamy świadectw użytkowania rud żelaza ani poszlak wskazujących na jego obecność w wymianie i handlu, możemy założyć, że głównym jego źródłem były dary od władców bliskowschodnich oraz trybuty ściągane z podbitych krajów leżących na północny-wschód od Egiptu (Wainwright, 1932, s. 14.; Moss, 1950, s. 112–113; Lukas, 1962, s. 274). Z czasów starożytnych znane są meteoryty z terenów Egiptu i Bliskiego Wschodu, lecz mamy zbyt mało informacji, aby bryły tego surowca bez wątpliwości powiązać z konkretnymi przedmiotami (Ravilius, 2015, s. 39). W przeciwieństwie do miedzi i złota, które były regularnie wykorzystywane już od Okresu Predynastycznego, żelazo po pierwszym być może przypadkowym zastosowaniu z cmentarzyska w Gerzie z Okresu Naqada II nie było szeroko wykorzystywane w rzemiośle egipskim (Ciałowicz, 1999, s. 127–136; Ste-

venson, 2009, s. 309–310). Mimo ograniczonego i niewyróżniającego się wykorzystania (żelazo w grobach w Gerzie było tylko jednym z wielu surowców użytych do stworzenia kompozytowych naszyjników) w Okresie Predynastycznym w dużo późniejszych czasach (od Nowego Państwa) żelazo nabrało w świadomości Egipcjan statusu niezwyklego kruszcu o niebiańskim charakterze, z którego wykonywano przedmioty religijne i wspomniano go w religijnych tekstach (Ogden, 2000, s. 166).

Najstarsze przedmioty wyprodukowane z żelaza meteorytowego, czyli paciorki z Gerzy, pochodzą z okresu Naqada II (Ciałowicz, 1999, s. 194–196). Mają one typowe dla Okresu Predynastycznego kształty, co wskazuje, że bardziej liczyło się to, że zmarły otrzymał w wyposażeniu grobowym biżuterię, a nie to, z jakich surowców została ona wykonana. Z czasów dynastycznego Egiptu zachowały się nieliczne przedmioty wykonane z żelaza, związane głównie z kontekstem funeralnym. Symboliczne znaczenie tego surowca i przedmiotów z niego wykonanych podkreślane było już w Starym Państwie (XXVII–XXII w. p.n.e.), w którym pojawiły się one w ważnym rytuale przejścia, jakim była Ceremonia Otwarcia Ust (Almansa-Villatoro, 2019, s. 74). W Egipcie, podobnie jak na Bliskim Wschodzie, najwcześniejsze przedmioty żelazne wyprodukowano z materiału meteorytowego, chociaż trzeba zauważyć, że niewielkie ilości przypadkowo wytopionego żelaza mogły być pozyskiwane jako produkt uboczny obróbki miedzi (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 1302). Jeszcze w czasach XII dynastii (XIX w. p.n.e.) żelazo było rzadkim i cennym metalem we wschodnim basenie Morza Śródziemnego, często cenniejszym niż szeroko dostępne złoto, co potwierdzać może złoty pierścień z małą wstawką z żelaza z królewskiego grobowca z Byblos z tego czasu (Frankfort, 1934, s. 62).

Podczas swoich wojennych kampanii prowadzonych na północ od Egiptu władcy XVIII dynastii (XVI–XIII w. p.n.e.) kontaktowali się z ludami i cywilizacjami, które dysponowały już żelazem i rozpowszechniały jego metalurgię (Wainwright, 1932, s. 14). Świadectwem rozwoju obróbki tego metalu na Bliskim Wschodzie były licznie otrzymywane dary oraz trybuty ściągane przez władców z Nowego Państwa (XVI–XI w. p.n.e.) od podbitych ludów, których ważną częścią były przedmioty wykonane z żelaza (Sethe, 1907, s. 733; Breasted, 1906, s. 217, §537). Nowe Państwo było przełomowym momentem w dziejach metalurgii żelaza w Egipcie, ponieważ było pierwszym okresem, w którym metal ten pojawił się tak licznie zarówno jako realne przedmioty, jak i terminy je określające, widoczne w tekstach. Pod koniec II tys. p.n.e. liczba przedmiotów żelaznych stopniowo rosła i powoli poprawiała się ich jakość wykonania (Wuttmann, 2001, s. 207). Wciąż jednak ich funkcja ograniczała się do sfery religijnej, ponieważ dominowały małe przedmioty o stosunkowo niskiej jakości wykonania (z wyjątkami⁵), która kontrastowała z ich niewątpliwie wysokim statusem symbolicznym (Hall, 1903, s. 149). Najpopularniejszym rodzajem żelaznych przed-

⁵ Oczywiście wyjątkiem jest tutaj żelazny sztylet z grobowca Tutanchamona, który odznacza się wysoką jakością wykonania, możliwą dzięki zaawansowanym metodom obróbki i dużej wiedzy o surowcu. W związku z tym najprawdopodobniej był on importem z terenów anatolijskich, być może z królestwa Mitanni.

miotów do początków Okresu Późnego była biżuteria, najczęściej w charakterze amuletów oraz różnego rodzaju ostrza o funkcji głównie symbolicznej.

Na początku I tys. p.n.e. stopniowo zaczynały pojawiać się żelazne narzędzia, lecz mimo to do XXII dynastii (X w. p.n.e.) wszelkie przedmioty wykonane z tego surowca wciąż pozostawały elementem wyposażenia grobowego (Wainwright, 1932, s. 13–15; Wuttman, 2001, s. 207)⁶. Mimo pojawienia się pierwszych narzędzi z żelaza pod koniec III Okresu Przejściowego (IX–VIII w. p.n.e.)⁷, najstarsze jak do tej pory warsztaty metalurgiczne obrabiające żelazo z terenów Egiptu pochodziły z VII w. p.n.e. z czasów XXVI dynastii (Snodgrass, 1980, s. 364–365; McNutt, 1990, s. 148). Zatem w I poł. I tys. p.n.e. widoczny był wzrost wykorzystania żelaza pochodzącego przede wszystkim z rud ziemskich – sugeruje na to ilość zachowanych przedmiotów i ich różnorodność. Mimo że w czasach XXV dynastii kuszyckiej (VIII–VII w. p.n.e.) Nubia była bogatym w złoża żelaza i zasobnym w drewno regionem, nie był widoczny wyraźny wzrost wykorzystania żelaza ani w Nubii, ani w Egipcie, choć z tego okresu znane są przedmioty z żelaza pochodzące z obu obszarów (Lukas, 1962, s. 272; Edwards, 2007, s. 220; Carey i in., 2019, s. 432–433)⁸. Liczniesze żelazne znaleziska pochodziły z czasów inwazji wojsk asyryjskich (VII w. p.n.e. – złupienie Teb i Memfis) pod koniec panowania dynastii kuszyckiej i były to głównie narzędzia do obróbki drewna (Petrie, 1897, s. 18–19; Williams, Maxwell-Hyslop, 1976, s. 283–293). Zwiększenie wykorzystania żelaza zostało poświadczane dopiero w następną XXVI dynastii saickiej (VII–VI w. p.n.e.), którego panowanie okazało się kolejnym przełomowym momentem w dziejach metalurgii żelaza na terenie Egiptu (Ogden, 2000, s. 167). Z VII w. p.n.e. pochodzą pierwsze ślady wytapiania żelaza w ośrodkach grecko-egipskich z obszaru Deltę: być może z okolic Naukratis⁹ (Petrie, 1886, s. 39; Villing, 2015, s. 239; Thomas, 2017,

⁶ Analizując zachowane przedmioty i kontekst ich odnalezienia, można stwierdzić, że tylko władca i ludzie z jego najbliższego otoczenia mogli pozwolić sobie na żelazne artefakty. Można pójść również o krok dalej i założyć, że surowiec żelazny należał do tych cennych materiałów, które były objęte monopolem królewskim, a którymi władca dzielił się tylko z wybranymi i zasłużonymi dostojnikami.

⁷ Wykonanie tych narzędzi (toporów i siekier) świadczy o umiejętności nawęglania oraz opanowaniu hartowania i kucia żelaza. W związku z tym, że w Egipcie w tym czasie nie jest poświadczona obróbka tego metalu, traktuje się je jako importy.

⁸ Nubijczycy zaczęli obrabiać żelazo najprawdopodobniej od VII w. p.n.e., choć początkowo były to niewielkie ilości przedmiotów. Dopiero od VI w. p.n.e. widoczny był wzrost zainteresowania tym surowcem i w następstwie tego rozwój jego metalurgii. Efektem tego nie było jednak rozpowszechnienie wiedzy o obróbce żelaza na sąsiadujące tereny, gdyż była ona pod kontrolą króla, dla którego była to oznaka jego władzy. Najwcześniejsze znane importy żelaza z Nubii do Egiptu pochodzą dopiero z IV w. p.n.e.

⁹ Nie mamy stuprocentowej pewności, czy na terenie Naukratis istniały warsztaty, ponieważ pozostałości żużlu i rudy odkryte w okolicach miasta mogły pochodzić zarówno z obróbki rud żelaza, jak i z obróbki rud miedzi zanieczyszczonej żelazem. Po drugie nie odkryto żadnych pozostałości warsztatów, a większość znalezionych przedmiotów żelaznych pochodziła z terenów świątyń i pełniło funkcję darów wotywnych.

s. 9–10) i bez żadnych wątpliwości z Tell Dafana¹⁰ (Petrie i in., 1888, s. 79; Leclère, Spencer, 2014, s. 142–143). Warsztaty obecne w drugim ośrodku służyły do produkcji przede wszystkim różnorodnych narzędzi oraz broni i pancerzy (Lukas, 1962, s. 273; Leclère, Spencer, 2014, s. 69–79, 142–143). Ilości przedmiotów odkrytych to dziesiątki sztuk, które są ogromnym skokiem technologicznym w porównaniu z kilkoma lub kilkunastoma jeszcze z czasów Nowego Państwa (Thomas, 2017, s. 9; Leclère, Spencer, 2014, s. 51–89). Warte uwagi jest również odkryte na początku XX w. p.n.e. zatopione miasto Thonis-Heraklejon, znajdujące się u ujścia kanopskiej odnogi Nilu (Pfeiffer, 2010, s. 16–17; Goddio, 2015, s. 15–16; Kaczanowicz, 2019, s. 105–106). Było ono *emporionem*, czyli istotnym ośrodkiem międzynarodowego handlu (Villing, 2015, s. 229–231), zamieszkałym przez ludność grecko-egipską, w którym towary przywożone do Egiptu były opodatkowywane (Fabre, Belov, 2012, s. 107–118; Robinson, 2018, s. 325–329; Kaczanowicz, 2019, s. 118–120). Mimo niezwykłych odkryć, w tym artefaktów z różnych metali, do tej pory nie odnaleziono na jego obszarze przedmiotów żelaznych ani śladów jego obróbki. W poł. VI w. p.n.e. po inwazji wojsk perskich i powstaniu XXVII dynastii nastąpiło rozpowszechnienie obróbki żelaza, ponieważ metal ten wykorzystywano do produkcji narzędzi rolniczych, stolarskich czy szkutniczych oraz broni i pancerzy (Ogden, 2000, s. 168; Wuttmann, 2001, s. 207). Mimo wyraźnej dominacji tego metalu, w produkcji utylitarnych przedmiotów wciąż nie są znane miejsca wydobycia żelaza w tym czasie na terenie Egiptu, co sugeruje, że było ono importowane. Potwierdza to aramejski rejestr podatkowy z V w. p.n.e., z czasów panowania perskiego, zapisany na zwoju Aḥiqar z Efelantyny, w którym wyliczono towary przywiezione do Egiptu przez statki fenickie, wśród których pojawiło się żelazo z terenów Syropalestyny, m.in. Lewantu (Villing, 2015, s. 237). Na rozpowszechnienie żelaza i jego obróbki wpływ miały zatem obie inwazje – asyryjska i perska, dostarczające gotowych produktów oraz współpraca z ludnością grecką, która pomogła rozwinąć metalurgię (Mapunda, 1997, s. 110–111).

ŻELAZO METEORYTOWE

Żelazo meteorytowe pochodzi z meteorytów, czyli pozostałości meteoroidów, którym udało się przebić przez ziemską atmosferę, całkowicie nie spłonąć i dotrzeć do powierzchni Ziemi (Sassoon, 1963, s. 176; Norton, 2002, s. 190–197). Najczęściej spotykanymi są meteoryty kamienne (aerolity – chondryty i achondryty), stanowiące aż 86% obiektów, które wkroczyły w atmosferę ziemską oraz meteoryty kamienno-żelazne, których liczebność zamyka się w 8% (Buchwald, 1975, s. 59–65). Trzecią,

¹⁰ Na terenie kompleksu świątynnego w Tell Dafana odkryto warsztaty obrabiające różne metale, w tym i taki specjalizujący się w obróbce żelaza. Potwierdzają to liczne znaleziska w tym sporej ilości pozostałości żużlu, rudy tego metalu, węgla drzewnego służącego jako paliwo, tygli i pozostałości pieców do wytopu oraz liczne półprodukty i gotowe narzędzia.

najbardziej interesującą nas grupą są syderyty, czyli żelazne meteoryty, które stanowią zaledwie 4,5–6% wszystkich znanych meteorytów (Krot i in., 2014, s. 1–63). Składają się one z metalicznego żelaza o dużej zawartości niklu (Buchwald, 1975, s. 65–71). Meteoryty żelazne to w ponad 90% żelazo niklowe (Norton, 2002, s. 184–197) oraz troility siarczku żelaza, schreibersyty (fosforek żelaza), nikiel, kobalt oraz grafit i różne krzemiany (Broschat i in., 2018, s. 22; Alexander, Street, 1990, s. 207–208). Różnią się one między sobą składem chemicznym i zawartością podstawowych elementów (Scott, 1972, s. 1205–1236; Scott, Wasson, 1975, s. 527–546; Przylibski i in., 2012, s. 77–84), tj. nikiel pomiędzy 5–25%, kobalt do 0,4%, fosfor do 0,1% czy german do 0,04% (Alexander, Street, 1990, s. 208–209) i w związku z tym dzielą się na liczne podgrupy (Buchwald, 1975, s. 75–87; Norton, 2002, s. 190–199; Broschat i in., 2018, s. 22)¹¹.

Meteoryty żelazne możemy podzielić makroskopowo ze względu na wielkość kryształów na heksaedryty, oktaedryty i ataksyty (Buchwald, 1975, s. 59–74; Przylibski i in., 2012, s. 76; Broschat i in., 2018, s. 22)¹². Heksaedryty to meteoryty żelazne o kilkucentymetrowych kryształach i o niskiej zawartości żelaza (Buchwald, 1975, s. 68). Mogą składać się one wyłącznie z monokryształów kamacytu (Bunge i in., 2003, s. 137–140)¹³, struktury Widmanstättena (ryc. 1)¹⁴ (Habashi, 1998, s. 75–77; Norton, 2002, s. 187–190; Yang, Goldstein, 2005, s. 239–253) nie są u nich widoczne za to linie Neumanna¹⁵ są wyraźne (zawartość Ni musi być wyższa niż 5,5%) (ryc. 2) (Neumann, 1848, s. 45–56.; Maddin, 1975, s. 59). Oktaedryty są podgrupą meteorytów, w których kryształy rozmiarem sięgają od kilku centymetrów do kilku milimetrów (Buchwald, 1975, s. 68–69). Posiadają one dwa minerały podstawowe

¹¹ Mikroskopowo wyróżniamy 14 podgrup meteorytów żelaznych: IAB, IC, IIAB, IIC, IIE, IIF, IIG, IIIAB, IIICD, IIIE, IIIF, IVA i IVB. Głównymi kryteriami tego podziału jest zawartość pierwiastków chemicznych, tj. nikiel, gal, german i iryd.

¹² Podział ten zależy od zawartości niklu i jest możliwy dopiero po wytrawieniu próbek kwasem, ponieważ wówczas uwidaczniają się strukturami Widmanstättena.

¹³ Kamacyt to minerał będący krystaliczną postacią stopu żelaza (Fe) i niklu (Ni), który zawiera do 10,46% niklu i 89,54% żelaza. Występuje tylko w meteorytach żelaznych i żelazno-kamiennych. Może on tworzyć w meteorytach wewnętrzne kompozycje zwane strukturami Widmanstättena i liniami Neumanna.

¹⁴ Nazwa figur pochodzi od Aloisa von Widmanstättena, który opisał je w 1808 r. po swoich obserwacjach wytrawienia dwóch meteorytów kwasem. Już wcześniej podobnymi badaniami zajmował się William Thomson. W 1804 r. opisał on trawienie płytek meteorytów rozcieńczonym kwasem azotowym, co spowodowało ujawnienie wyraźnej struktury wewnętrznej. Badanie to jest o cztery lata starsze niż wspomniany opis Widmanstättena, jednak ukazało się ono dopiero po śmierci Thomsona, a zostało zauważone dopiero w 1936 r. W związku z tym przez lata za pierwszego odkrywcę uważano Widmanstättena. Dzisiaj stosuje się dwa określenia na opisanie tych konstrukcji: albo struktury Widmanstättena, albo struktury Thomsona.

¹⁵ Liniami Neumana nazywamy grupy cienkich, równoległych linii przecinających się pod różnymi kątami. Widoczne są dopiero na wypolerowanych lub wytrawionych kwasem powierzchniach meteorytów. Nazwa ta została nadana na cześć ich odkrywcy Johanna G. Neumanna, który po raz pierwszy zaobserwował je w 1848 r. podczas badania meteorytu Braunau. Linie te są wynikiem zmian szokowych, czyli deformacji kryształów kamacytu, wynikających z licznych zderzeń meteorów w przestrzeni kosmicznej.

kamacyt i teanit (Bunge i in., 2003, s. 137–140)¹⁶, a po ich przecięciu wyraźnie widoczne są struktury Widmanstättena (ryc. 1) (Buchwald, 2005, s. 25–28; Goldstein i in., 2009, s. 302–306). Ataksyty natomiast są grupą o bardzo wysokim udziale procentowym niklu (Uhlig, 1954, s. 280). Odróżniają się od innych tym, że po przecięciu i oczyszczeniu nie wyróżniają się na ich powierzchni żadne struktury. W związku z tym, że zawierają co najmniej 27% niklu, składają się prawie wyłącznie z teanitu (Uhlig, 1954, s. 290).

Meteority mają dwie wyraźne cechy, które pozwalają je odróżnić od innych minerałów. Makroskopowo można zauważyć u wszystkich z nich skorupę obtopienową, najczęściej koloru czarnego, która wystawiona na działanie warunków atmosferycznych ulega wietrzeniu (Thaisen, Lawrence, 2009, s. 871–878). Typową dla nich cechą są również tzw. regmaglipty, czyli okrągławe zagłębienia na niedużej głębokości, które powstają w wyniku ablacji materii meteoroidu w trakcie jego przelatywania przez warstwy atmosfery (Manecki, 2010, s. 10). Mikroskopowo natomiast najłatwiej od skał ziemskich odróżniają je sferyczne struktury krystaliczne od kilkumilimetrowej do kilkucentymetrowej średnicy. Jest to cecha charakterystyczna meteorytów, ponieważ takie struktury powstają tylko w warunkach próżni i nieważkości. Większość meteorytów, a w szczególności żelazne, wykazują się także różnym stopniem magnetyzmu.

Żelazo pozyskiwane z meteorytów żelaznych charakteryzuje się dużą zawartością niklu (Ogden, 2000, s. 167), tzw. żelaza niklowego, występującego w kilku odmianach, m.in. kamacytu i taenitu (Hurnik, Hurnik, 2005, s. 153, rys. 49; Manecki, 2010, s. 19). Wśród tego typu meteorytów wyróżniają się oktaedryty (ryc. 2), które najbardziej nadają się do obróbki termicznej i mechanicznej, celem wytworzenia dobrej jakości przedmiotów (Manecki, 2010, s. 19–22). Mikroskopowo najłatwiej od rud ziemskich odróżnić meteority żelazne przez wysoką zawartość niklu oraz obecność minerałów nie pochodzących z Ziemi, jak również niespotykane proporcje zawartości różnych izotopów tlenu. Żelazne meteority są głównie złożone z Fe i Ni oraz niewielkich ilości Co, P, S i C (Haak, McCoy, 2003, s. 327–329). Większość tego typu meteorytów charakteryzuje się znaczną trwałością i odpornością na wpływ ziemskich warunków atmosferycznych w stosunku do pozostałych grup meteorytów (Hurnik, Hurnik, 2005, s. 147–148). Istotnym aspektem ich właściwości jest to, że żelazo z meteorytów jest gotowe do użycia po jego pozyskaniu i nie wymaga żadnych dodatkowych procesów chemicznych, umożliwiających lub ułatwiających obróbkę (Sasson, 1963, s. 176). Oznacza to, że nie jest nam już potrzebna domieszka czy zanieczyszczenie, jak w przypadku żelaza z rudy, aby móc uzyskać odpowiednią twardość i wytrzymałość finalnego obiektu. Żelazo i nikiel są ciągliwe, a połączenie tych dwóch metali daje stop, który można poddawać obróbce termicznej i wykuwać z nich pożądane kształty, lecz wymaga to znacznych

¹⁶ Teanit jest to minerał będący krystaliczną postacią stopu żelaza i niklu, zawierającego od 8% do 55% niklu i zdecydowanie mniej żelaza niż w przypadku kamacytu. Zachowuje się w podobny sposób jak wspomniany kamacyt i tworzy struktury Widmanstättena.

umiejętności kowalskich (McNutt, 1990, s. 108–109). Oczywiście do jego wytopu niezbędne jest paliwo, np. węgiel drzewny, który podczas obróbki wnika do surowca i jest dostrzegalny w gotowym przedmiocie podczas jego analiz. Żelazo meteorytowe jest zdecydowanie wyższej jakości i twardości oraz jest bardziej wytrzymałe od jego ziemskiego odpowiednika (McNutt, 1990, s. 108). Z drugiej strony żelazo meteorytowe o wysokiej zawartości niklu jest wyjątkowo twarde i trudne w cięciu i kształtowaniu (Sasson, 1963, s. 176–177). Mimo tych trudności, okiełznanie tego surowca było niewątpliwie istotnym etapem przybliżającym ludzkość do opanowania obróbki żelaza.

WYZNACZNIKI ŻELAZA METEORYTOWEGO

Żelazo, aby móc je jednoznacznie zidentyfikować jako pochodzące spoza Ziemi, powinno odznaczać się co najmniej kilkoma cechami, ponieważ jedna cecha nie pozwala na otrzymanie wiarygodnego wyniku. Określenie kilku cech pozwala odróżnić żelazo meteorytowe od wytapianego z rudy bogatego w nikiel, które nie jest łatwym zadaniem (Photos, 1989, s. 404–418). Obecność niklu w obrabianym żelazie pochodzącym z Ziemi można uzasadnić na dwa sposoby. Albo jest to rzadko spotykane żelazo telluryczne lub nikiel jest zanieczyszczeniem, które dostało się do metalu podczas jego obróbki cieplnej (Piaskowski, 1982, s. 237–238; Norton, 2002, s. 187–190). W związku z tym ważne jest wyszczególnienie istotnych cech pozwalających odróżnić żelazo pochodzące z meteorytów od tego z rudy. Jasno określone wyznaczniki umożliwiają dokładniejsze i precyzyjniejsze badanie interesujących nas obiektów i wskazywanie ich pochodzenia.

Pierwszą cechą są struktury Widmanstättena (ryc. 1) (Habashi, 1998, s. 75–77), które są widoczne na przekroju poprzecznym meteorytów typu oktaedryt (Anders, 1964, s. 589–591) i tworzą przecinające się linie jaśniejsze i grubsze ubogiego w nikiel kamacytu (najczęściej w granicach 4–6%) (Kryza i in., 2012, s. 37–38) oraz ciemniejsze i cieńsze bogatego w nikiel taenitu (najczęściej około 20–40%) (Manecki, 2010, s. 40; Buchwald, 205, s. 25–26; Kryza i in., 2012, s. 38). Owe krystaliczne wzory stają się widoczne na powierzchni meteorytu dopiero, gdy poddamy próbkę cięciu, polerowaniu lub trawieniu kwasem (Uhlig, 1954, s. 288, tab. 1; Manecki, 2010, s. 19). Struktury te pozostają rozpoznawalne podczas obróbki termicznej żelaza, nawet przy silnym formowaniu, kuciu na zimno i wielokrotnym nagrzewaniu (Haak, McCoy, 2003, s. 336–337), lecz do temperatury około 500°C, ponieważ kilkugodzinne ogrzewanie powyżej niej prowadzi do ich nieodwracalnego zaniku (Uhlig, 1954, s. 293–297; Habashi, 1998, s. 77; Hurnik, Hurnik, 2005, s. 152)¹⁷.

¹⁷ Informacja ta jest dowodem na to, że przechodząc przez atmosferę ziemską, meteoryty żelazne nie podgrzewają się do tak wysokich temperatur, a nawet jeżeli to na bardzo krótki czas i dzięki temu struktury Widmanstättena są dobrze widoczne.

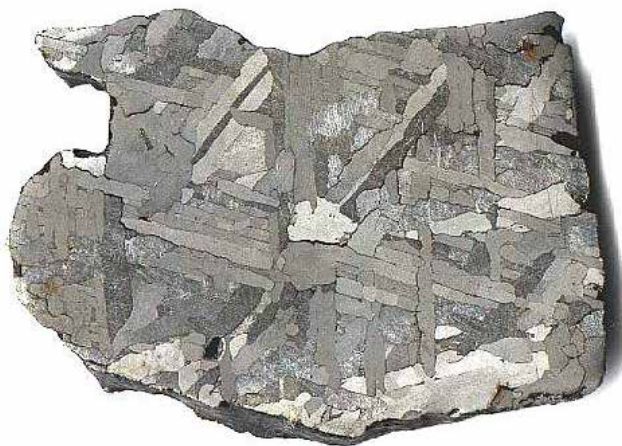


Ryc. 1. Oktaedryt drobnoziarnisty IVA „Gibeon” (<http://www.astro.uw.edu.pl/~simkoz/meteoryt/srodek.html> – dostęp 28.06.2021)

Fig. 1. Fine-grained Octahedrite IVa “Gibeon” (<http://www.astro.uw.edu.pl/~simkoz/meteoryt/srodek.html> – dostęp 28.06.2021)

Następnym wyznacznikiem meteorytów żelaznych są linie Neumana (ryc. 2), które są siecią równoległych, cienkich linii dostrzegalnych wyraźnie w strukturze powierzchniowej meteorytów zawierających kamacyt (Neumann, 1849, s. 45–56; Maddin, 1975, s. 59). Linie te powstają w kryształach tego minerału pod wpływem wysokiego ciśnienia jako efekt zderzania się meteorytów w przestrzeni kosmicznej (Maddin, 1975, s. 59). Również tak jak struktury Widmanstättena ulegają zanikowi przy co najmniej kilkugodzinnej obróbce meteorytu w temperaturach powyżej 500°C (Uhlig, 1954, s. 293–297; Habashi, 1998, s. 77; Hurnik, Hurnik, 2005, s. 152). Ich obecność wskazuje zdecydowanie na to, że mamy do czynienia z meteoritem żelaznym.

Trzecim ważnym wyznacznikiem jest wysoka zawartość niklu, która w masie metalu w większości przypadków waha się od minimum 4–5% do maksimum 35% (Sasson, 1963, s. 176; Anders, 1964, s. 587–589; Ueki i in., 2021, s. 1–2). Zawartość tego pierwiastka w artefaktach nie przekracza jednak ok. 11% i najczęściej, choć z pewnymi wyjątkami, powinna być wyższa od 5% (Hurnik, Hurnik, 2005, s. 149), np. paciorki z Gerzy – 4,8% Ni, ale w *pesesz-kefie* (*psš-kf*) Aaszit spotykamy ~11% Ni, a w ostrzu sztyletu Tutanchamona ~10,8% Ni. Dwa przedmioty z wyżej wymienionych zawierają bardzo wysoką zawartość niklu, co może sugerować zastosowanie lepszej techniki obróbki samego surowca lub nieegipskie pochodzenie warsztatów wykonujących te przedmioty. Należy jednak pamiętać, że gdy zawartość niklu przekracza co najmniej 3%, zwiększa się kruchość metalu, która powoduje jego większą podatność na pękanie podczas obróbki (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 1003). Dlatego praca z tego typu metalem wymagała dużego doświadczenia i zaawansowane-



Ryc. 2. Oktaedryt gruboziarnisty IAB „Odessa” (<http://www.astrouw.edu.pl/~simkoz/meteoryt/srodek.html> – dostęp 28.06.2021)

Fig. 2. Coarse-grained Octahedrite IAB “Odessa” (<http://www.astrouw.edu.pl/~simkoz/meteoryt/srodek.html> – dostęp 28.06.2021)

go warsztatu technicznego. Ponadto należy dodać, że obecność takich związków jak troility, sfaleryty i schreibersyty pozwala potwierdzić interpretację badanego żelaza, jako meteorytowego (Rosta i in., 2013, s. 2) chociaż ich obecność zmniejsza wytrzymałość żelaza oraz powoduje jego zwiększoną kruchość (Broschat i in., 2018, s. 23). Przy identyfikacji żelaza z wykorzystaniem wysokiej zawartości niklu można natrafić na pewną przeszkodę (Vander Voort, 2004, s. 37–38; Przylibski i in., 2012, s. 76–80)¹⁸. W niektórych przypadkach może być ona myląca, jeśli przy identyfikacji rodzaju żelaza bierze się pod uwagę tylko ją. Błędny wynik może być spowodowany tym, że żelazo z rudy również może zawierać wysoką ilość niklu (Piaskowski, 1982, s. 237). Podczas procesu wytapiania żelaza do jego składu mogą przenikać zarówno nikiel, jak i kobalt, powodując zmianę w składzie gotowego już metalu (Piaskowski, 1982, s. 237). Wysoka zawartość niklu (min. 10%) oraz obecność kobaltu i innych związków chemicznych zwiększa odporność żelaza na korozję i może być kolejnym wyznacznikiem żelaza meteorytowego (Piaskowski, 1982, s. 237–243; Alexander, Street, 1990, s. 188–195). Struktura takiego żelaza bogatego w nikiel jest ziarnista i charakteryzuje się widocznymi wtrętami niklu, co jest wskazówką przy jego identyfikacji (Piaskowski, 1982, s. 240–242). Należy jednak uważać, ponieważ może to być poddane obróbce cieplnej żelazo z rudy, które zostało zanieczyszczone tymi pierwiastkami. Mimo wątpliwości i niejasności należy podkreślić, że żelazo bogate w nikiel pochodzące z ziemskiej rudy występuje rzadko.

¹⁸ Temperatura topienia niklu jest podobna do żelaza i wynosi około 1455°C, lecz jest zdecydowanie mniej wytrzymałym i bardziej miękkim metalem niż żelazo. Ma także właściwości magnetyczne oraz jest odporny na korozję.

Czwartym wyznacznikiem, który może nam pomóc przy identyfikacji żelaza meteorytowego, jest relacja między zawartością niklu i kobaltu w składzie surowca (Jambon, 2017, s. 47–53). Stosunek niklu (Ni) do kobaltu (Co) powinien przebiegać w relacji wysoka zawartość niklu i niewielka kobaltu (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 6; Hurnik, Hurnik, 2005, s. 16–158)¹⁹. Obecność kobaltu jest także wyznacznikiem pozaziemskiego pochodzenia surowca, ponieważ jest on trzecim po żelazie i niklu głównym składnikiem występującym zawsze w strukturze budującej meteoryty żelazne (Hurnik, Hurnik, 2005, s. 149). Relacja między tymi pierwiastkami umożliwia odnalezienie przypuszczalnego źródła surowca, z którego pochodził dany artefakt (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 6, tab. 1)²⁰. Dobrym przykładem ukazującym istotność tej cechy są najnowsze badania ostrza sztyletu Tutanchamona z 2018 r., które wykazały, że meteoryt użyty do stworzenia tego artefaktu należał do grup IAB, III CD lub IIF meteorytów żelaznych (Broschat i in., 2018, s. 29). Struktury Widmanstättena, linie Neumanna, wysoka zawartość niklu, relacja między niklem i kobaltem, odporność na korozję oraz zawartość dodatkowych związków niespotykanych w ziemskiej przyrodzie to cechy pozwalające wskazać, że badany przez nas obiekt (czy to bryła metalu, czy gotowy przedmiot) ma pochodzenie pozaziemskie (meteorytowe).

CO MOŻEMY POWIEDZIEĆ O OBRÓBCE ŻELAZA METEORYTOWEGO?

W różnych okresach przed początkiem indywidualnie określonej lokalnie epoki żelaza stosowano najczęściej żelazo meteorytowe (Peake, 1933, s. 640–645; Broschat i in., 2018, s. 21). Mamy dowody na to, że człowiek obrabiał żelazo pochodzące z meteorytów zdecydowanie wcześniej, niż metal ten wszedł na stałe do metalurgii, do produkcji narzędzi, broni, pancerzy czy biżuterii. Ze względu na rzadkie występowanie, żelazo uważano za szczególnie cenne i było ono głównie wykorzystywane do przedmiotów religijno-funeralnych.

Żelazo z rudy było poddawane złożonej obróbce w celu uzyskania zamierzonego efektu m.in. wstępnemu oczyszczaniu, wytapianiu w piecu, nawęglaniu, kuciu na zimno i gorąco, hartowaniu, wyżarzaniu, odpuszczaniu czy szlifowaniu (McNutt, 1990, s. 148–151; Serneels, Fluzin, 2001, s. 26–29, ryc. 2; Humphris i in., 2018, s. 399–409). Czy jednak żelazo meteorytowe również było kształtowane za pomocą tych procesów? Wymienionej obróbce podlegać mogą tylko meteoryty żelazne, ze względu na wysoką zawartość Fe, która powoduje, że zachowują się podobnie jak bryły tego metalu pozyskane z rudy (Socha i in., 2014, s. 106–107)²¹. Podczas bada-

¹⁹ Najnowsza klasyfikacja meteorytów żelaznych na bazie ich składu chemicznego wyróżnia grupy od I do IV z podkategoriami od A do F. Łącznie powstało 16 grup chemicznych.

²⁰ Uzyskanie takich wyników jest możliwe dzięki zestawieniu kilkunastu próbek pochodzących z różnych źródeł pod kątem zawartości niklu oraz stosunku Ni do Co.

²¹ Meteoryty kamienne nie podlegają obróbce termicznej i kuciu, ponieważ zachowują się jak kamienie i krzemienie ziemskie, a więc można je obrabiać tylko metodami wykorzystywanymi w przypadku

nia możliwych technik obróbki żelaza meteorytowego brane są pod uwagę zarówno analizy nieinwazyjne samych przedmiotów oraz techniki eksperymentalne (Socha i in., 2014, s. 107)²². V. F. Buchwald w 1992 r. przeprowadził badania nad różnymi formami obróbki żelaza meteorytowego, bazując na próbcie z meteorytu z Cape York w odniesieniu do współczesnej stali (Buchwald, 1992, s. 147–152; Buchwald, 2005, s. 63–70). W ich wyniku udało się stwierdzić, że kucie na zimno nie powoduje znacznego wzrostu twardości żelaza meteorytowego, ponieważ wpływają na to struktury Widmanstättena (Buchwald, 1992, s. 147–152). Natomiast wyżarzanie w wyższej temperaturze doprowadza do rozluźnienia struktury meteorytu i powoduje utratę twardości do około 50% (Buchwald, 1992, s. 152–153)²³. Niestety, aby uzyskać dane o sposobie wytworzenia danego artefaktu, niezbędne są inwazyjne badania wnikające w strukturę danej próbki surowca lub przedmiotu (Buchwald, 1992, s. 141–142).

Bardziej eksperymentalne badania podjął zespół trzech osób: K. Socha, I. Suli-ga, H. Krawczyk w 2014, wykorzystując do tego różnej wielkości próbki meteorytu Morasko (Socha i in., 2014, s. 107–108)²⁴. Sposób obróbki starał się, co prawda, odtworzyć średniowieczne techniki wykonywania noży, lecz ważniejsze jest to, że uzyskane dane mogą stać się materiałem porównawczym przy badaniach nad starożytną metalurgią. Dane pozyskane na drodze eksperymentu pokazują zmiany w meteorycie podczas obróbki na gorąco. Użyty meteoryt miał 90,2% Fe, 7,6% Ni, 0,396% Co oraz zawierał inne pierwiastki śladowe, a jego konstrukcja charakteryzowała się wyraźną strukturą kamacytową z wtrąceniami z schreibersytu oraz widocznymi liniami Neumana (Socha i in., 2014, s. 109). W efekcie nagrzewania i kucia linie Neumana uległy zanikowi, a wtręty schreibersytu uległy rozbićciu, widoczny był też wzrost zawartości węgla (w wyniku nawęglania poprzez stosowane paliwo) oraz utlenianie się surowca i zwiększenie się koncentracji niklu (Socha i in., 2014, s. 109–110). Podczas kucia na gorąco zauważono, że w wyniku schładzania nastąpiło nawęglenie do zawartości 0,8% węgla w żelazie powyżej 7% wagowych niklu i utworzenie struktur o wysokiej twardości, które następuje już w temperaturze około 700°C (Uhlig, 1954, s. 284–285; Socha i in., 2014, s. 109–110)²⁵. Zatem, aby meteoryty mogły być wykorzystywane w produkcji przedmiotów, niezbędne były spore umiejętności kowalskie, które niewątpliwie bazowały na metalurgii miedzi. Ważne jest również to, że wystarczy osią-

tych dwóch surowców. Bardziej problematyczne są meteoryty kamiennie-żelazne, ponieważ zawierają pewną ilość żelaza, która pozwala na ich kształtowanie, lecz zawartość ta jest zbyt niska, aby poddać je pełnej obróbce.

²² Metody eksperymentalne pozwalają w pewien sposób odtworzyć przy wykorzystaniu narzędzi i technik stosowanych przez starożytnych sposób tworzenia przedmiotów wykonanych z żelaza i innych surowców.

²³ Eksperymentalne badania dowiodły, że w przypadku obróbki w wysokiej temperaturze użyty meteoryt z Cape York utracił około 80% swojej objętości w wyniku skurczu cieplnego, jednak bez pęknięć.

²⁴ Wykonano trzy eksperymenty na różnej wielkości próbkach, które zostały przekute na blaszki, z których następnie wykonano noże, stosując odpowiednie paliwo, narzędzia i wyposażenie warsztatu.

²⁵ Nikiel obniża temperaturę, po której żelazo przechodzi w stan plastycznej masy oraz zwiększa jego twardość. Przy 6% Ni temperatura sięga 760°C, a przy 10% 700°C.

gnąć co najmniej 700°C, aby żelazo meteorytowe mogło stać się kowalne, czyli na tyle miękkie, aby można je było obrabiać w warsztacie i kuźni. Żelazo z rudy wymaga znacznie wyższych temperatur, bowiem kowalne staje się dopiero w temperaturze około 1100°C, stając się miękką, plastyczną masą (Maddin, 1975, s. 63; Ogden, 2000, s. 167–168). Postać płynną natomiast uzyskuje w temperaturach 1482–1538 °C, nieosiągalnych w starożytności (Lukas, 1962, s. 273; Maddin, 1975, s. 62). Dodatkowo, aby móc konkurować z brązem, żelazo należało poddać nawęglaniu, pozwalającemu zwiększyć jego twardość i wytrzymałość (Lipińska, 1977, s. 161–164; McNutt, 1990, s. 148–149)²⁶ oraz odporność na obciążenia i uszkodzenia mechaniczne (Pleiner, 2000, s. 12–13). Bez niego było ono miękkim metalem nawet po wystudzeniu.

ŻELAZO METEORYTOWE W STAROŻYTNYM EGIPCIE PRZED OKRESEM PÓŹNYM

Wśród licznych zachowanych przedmiotów wykonanych z żelaza możemy wyróżnić zaledwie trzy grupy zabytków, które bez wątpienia zostały wykonane z żelaza meteorytowego (Garland, Bannister, 1927, s. 85–112; Johnson, Tyldesley, 2016, s. 409):

- Okres Naqada II – paciorki z grobów 67 (7 sztuk) i 133 (2 sztuki) z cmentarzyska w Gerzie,
- XI dynastia – *pesesz-kef* (*psš-kef*)²⁷ z grobowca Aaszit w Deir el-Bahari w Tebach Zachodnich (Lukas, 1962, s. 271),
- XVIII dynastia – ostrze sztyletu, miniaturowy zagłówek i bransoleta z okiem *udżat* (*wđʒt*) oraz 16 miniaturowych ostrzy dłut z grobowca Tutanchamona (KV 62) z Doliny Królów (Lukas, 1962, s. 239).

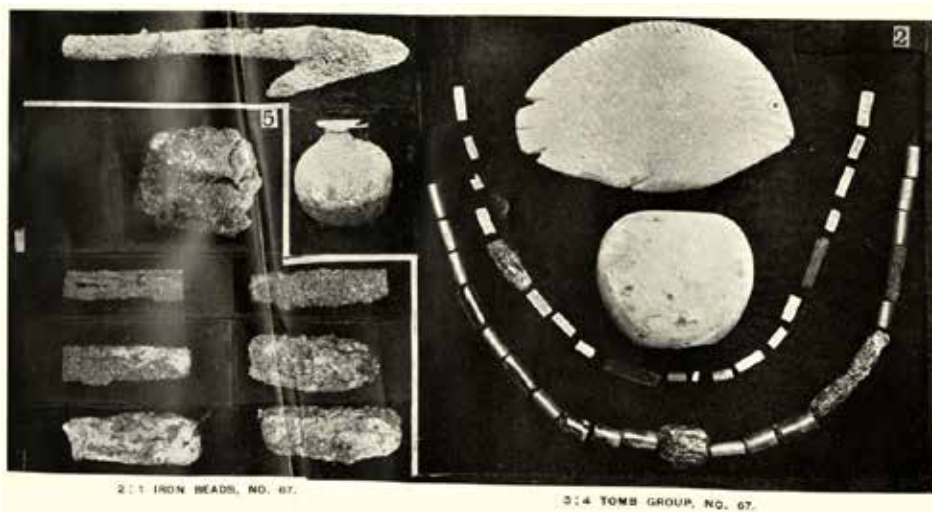
Dowody na pochodzenie żelaza użytego do wyprodukowania powyższych przedmiotów zostały uzyskane przez liczne badania i analizy przeprowadzone przez różnych badaczy. Wczesne przykłady meteorytowego żelaza przybierały wyłącznie postać wyposażenia zamożnych grobów. Analiza zachowanych artefaktów pozwoli

²⁶ Sam proces nawęglania następuje w temperaturze około 1200°C, wówczas gdy rozpalony węgiel i rozgrzane tlenki węgla zaczynają wchodzić w reakcję z topiącym się żelazem, łącząc się i tworząc stal. Ilość i głębokość wniknięcia węgla w strukturę żelaza zależy od czasu reakcji oraz jej temperatury. Proces ten można już rozpocząć w temperaturach powyżej 900°C, lecz należy posiadać bardzo dobrej jakości węgiel oraz miechy. Czasami zdarza się, że twarda warstwa nawęglona sięga niemal rdzenia przedmiotu żelaznego, a czasem jest tylko cienką obudową dla miękkiego rdzenia. Wszystko zależy od tego, jak mocno poddamy nawęglaniu obrabiane żelazo. Proces ten zostaje odkryty około XII w. p.n.e. na Bliskim Wschodzie, a udoskonalony dopiero około X w. p.n.e. i to po tej dacie widać różnice między przedmiotami wykonanymi ze stali (nawęglonego, hartowanego, twardego żelaza) a kutego, miękkiego żelaza sprzed XII w. p.n.e.

²⁷ Transkrypcja i transliteracja wykorzystana w artykule za A. Ćwiek, 2016, *Hieroglify Egipskie. Mowa Bogów*. Poznań, Wydawnictwo Poznańskie.

uzyskać dodatkowe informacje dotyczące sposobów produkcji i obróbki żelaza, uzupełniając tym samym przedstawiony wyżej materiał.

Pierwszą grupą artefaktów są paciorki z predynastycznego cmentarzyska w Gerzie, znajdującego się na zachodnim brzegu Nilu, ok. 70 km na południe od Kairu. Stanowisko datowane jest na około 3600–3350 r. p.n.e. (Stevenson, 2009, s. 19–41)²⁸, czyli Okres Naqada II (XXXV–XXXII w. p.n.e.). Podczas wykopalisk prowadzonych na początku XX w. przez Williama M. F. Petriego i Geralda A. Wainwrighta odkryto 296 pochówków (Stevenson, 2009, s. 8), z których dwa odkryte w 1911 r. zawierały dość nietypowe znaleziska (Ravilious, 2015, s. 36–39). Wśród paciorków wykonanych z różnych materiałów znaleziono również kilka takich w kształcie walców, które zostały wykonane z żelaza (Wainwright, 1912, s. 15–19): siedem w grobie 67 (ryc. 3) i dwa w grobie 133 (ryc. 4) (Stevenson, 2009, s. XV–XVI). Odkryto także liczne nietypowe dla regionu Gerzy materiały i przedmioty, tj. obsydian, kość słoniowa lub hipopotamia, lapis-lazuli i muszle z Morza Czerwonego oraz Morza Śródziemnego, a także kawałki wapienia, ceramikę i przedmioty z miedzi (Stevenson, 2009, s. 85–128). Oba pochówki miały wyjątkową konstrukcję. Grób 67 (ryc. 3) był pochówkiem wtórnym, który dodatkowo został wyposażony w 54 paciorki (ze złota, karneolu i agatu) (Stevenson, 2009, s. 309), naczynie



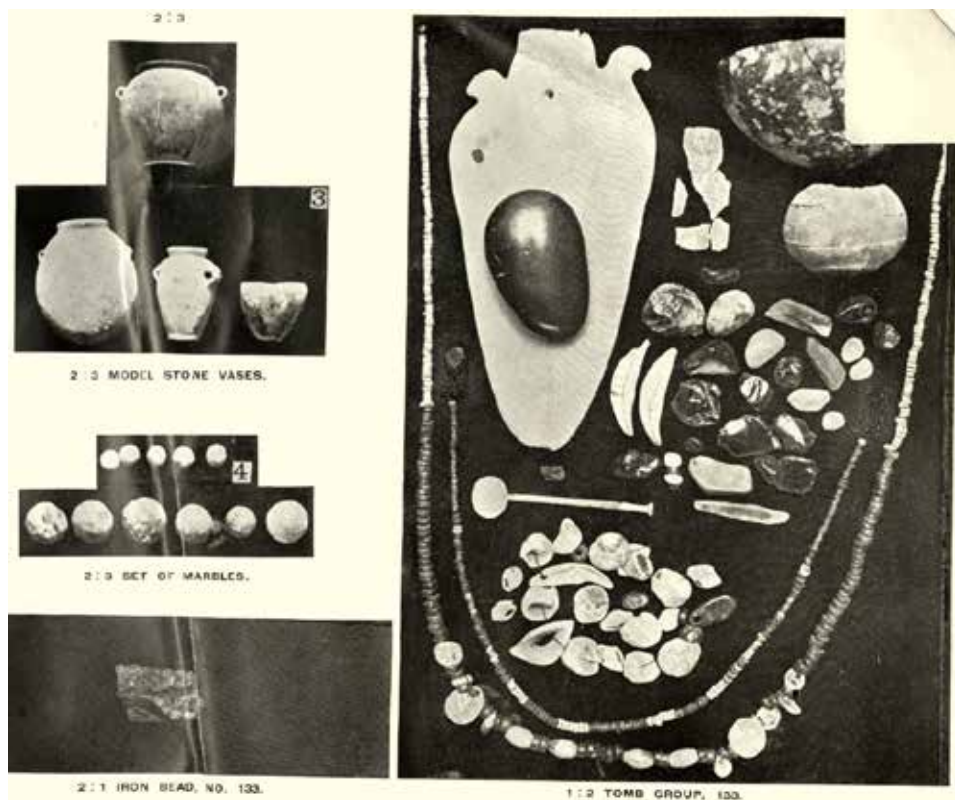
Ryc. 3. Żelazne paciorki z grobu 67 z cmentarzyska w Gerzie wraz z pozostałym wyposażeniem, okres Naqada II (Petrie, 1912, tabl. 4)

Fig. 3. Iron beads from grave 67 from the cemetery in Gerzeh with other funerary equipment, Naqada II period (Petrie, 1912, Plate 4)

²⁸ A. Stevenson w swojej pracy podaje szczegółowy system datowania i podziału Okresu Predynastycznego. Wskazuje, że cmentarzysko w Gerzie należy datować na Okres Średniopredynastyczny, zwany Gerzeńskim, który przypada na Naqada IIC–IID2, czyli właśnie 3600–3350 r. p.n.e.

z kości, paletkę w kształcie ryby oraz miedziany harpun. Grób 133 (ryc. 4) zawierał natomiast 603 paciorki (m.in. z lapis lazuli, muszli, steatytu czy serpentynitu) (Stevenson, 2009, s. 310) dużą ilość naczyń ceramicznych i kamiennych (z różowego wapienia i biało-czarnego porfiru), krzemień, paletkę w kształcie ptaka i przedmioty z kości słoniowej, tj. łyżeczkę i prawdopodobnie grzebień (Wainwright, 1912, s. 4, 15–16; Stevenson, 2009, s. 121). Pochówek i większość wyposażenia w grobie 133 zostały otoczone konstrukcją z mat trzciniowych i mułu nilowego, tworząc dość nieregularną konstrukcję ochronną przypominającą kształtem „trumnę” (Wainwright, 1912, s. 4, 15–16; Stevenson, 2009, s. 121).

Paciorki z grobu 67 zostały po raz pierwszy przeanalizowane przez Geralda A. Wainwrighta w 1912 r., który w ich składzie stwierdził uwodniony tlenek żelaza, a koraliki uznał za całkowicie utlenione i zawierające w swoim składzie 78,7% tlenku żelaza i 21,3% wody połączonej ze śladami CO_2 (Wainwright, 1912, s. 16). Sugerowano wówczas, że ich wytwarzanie polegało na zginaniu cienkiej płytki że-



Ryc. 4. Żelazny paciorek z grobu 133 z cmentarzyska w Gerzie wraz z pozostałym wyposażeniem, okres Naqada II (Petrie, 1912, tabl. 4)

Fig. 4. Iron bead from grave 133 from the cemetery in Gerzeh with other funerary equipment, Naqada II period (Petrie, 1912, Plate 4)

laza uzyskanej przez kucie na zimno tak długo, aż otrzymano kształt zbliżony do rurki (Wainwright, 1912, s. 15–16). Następnie analiza jednego z paciorków została przeprowadzona przez Cecila H. Descha w 1928 r. w imieniu Brytyjskiego Stowarzyszenia na Rzecz Postępu Nauki. Jej wyniki pokazały, że przedmioty z cementarzyska w Gerzie zawierały 7,5% zawartości niklu i 92,5% żelaza (Desch, 1929, s. 264–265; Stevenson, 2009, s. 120). Niestety badanie to nie dostarczyło informacji na temat stosowanych metod wytwarzania i przetwarzania tego surowca. Vagn F. Buchwald w 1975 r. zbadał trzy paciorki przechowywane w Muzeum Petriego i zauważył, że były silnie utlenione i słabo namagnesowane, dlatego stwierdził, że jeśli wcześniejsza analiza Cecila H. Descha była prawidłowa, to jego badania są ostatecznym dowodem na to, że owe paciorki wytworzone zostały z żelaza z meteorytu (Buchwald, 1995, s. 583–584).

Badania związane z opisywanymi paciorkami znajdującymi się w Muzeum Petriego przeprowadził następnie w 1995 r. El Sayed El-Gayer z University College w Londynie. Polegały one na nieniszczącym określeniu składu chemicznego przy użyciu EMP materiału zeszkobanego z powierzchni paciorków (El-Gayer, 1995, s. 11–12)²⁹. Większość tych materiałów powierzchniowych została zidentyfikowana jako limonit, zawierający 59% żelaza, z niskim poziomem niklu (do 0,2%) i śladami miedzi (do 0,5%) (El-Gayer, 1995, s. 11). Wyniki te są zupełnie odmienne od wcześniejszych badań i w związku z tym powstała pewna wątpliwość co do meteorytowego pochodzenia badanych paciorków. Faktem jest, że paciorki były poddawane obróbce już podczas ich obiegu muzealnego, który zmienił ich powierzchnię, z której pobierano próbki, barwiąc tlenki znajdujące się na powierzchni na czarno. Ponadto grób 67, z którego pochodziły analizowane zabytki, zawierał również miedziany harpun, który mógł być źródłem wykrytych miedzianych zanieczyszczeń, zniekształcających ostateczny wynik (Johnson i in., 2014, s. 132).

Jedne z najnowszych badań paciorków przeprowadziły Diane Johnson i Joyce Tyldesley w 2013 r. Analizie został poddany żelazny paciorek o długości 1,8 cm, pochodzący z grobu 67 w Gerzie (ryc. 5), który obecnie znajduje się w kolekcji Muzeum w Manchesterze (nr inw. 5303) (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 998). Aby zachować czystość wyniku, paciorek przebadano jako nienaruszoną próbkę, czyli nie poddano jej jakiegokolwiek formie wcześniejszego przygotowania (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 998–999). W tym miejscu należy dodać, że grób 67, z którego pochodził badany przedmiot, zawierał ciało chłopca, ułożone na boku, a same paciorki były częścią naszyjników kompozytowych występujących w dwóch miejscach na ciele: wokół szyi i na talii (Johnson, Tyldesley, s. 2013, 998, ryc. 1). Według dokumentacji z badań Williama M. F. Petriego paciorek z grobowca 67 był częścią naszyjnika, który został znaleziony na pasie zmarłego (Petrie, Wainwright, 1912, tab. IV).

²⁹ Skrót EMP oznacza *electron microprobe*. Stosowany jest również skrót EPMA, który oznacza *electron probe microanalyzer*. Jest to nieniszcząca technika badania składu chemicznego małych próbek różnych materiałów.



Ryc. 5. Paciorek badany przez Daniele Johnson i Joyce Tyldesley z grobu 67 obecnie w Muzeum w Manchesterze – nr inw. 5303 (Johnson, Tyldesley, 2013, ryc. 2)

Fig. 5. Bead analyzed by Daniele Johnson and Joyce Tyldesley from grave 67 currently at the Museum in Manchester – inv. No. 5303 (Johnson, Tyldesley, 2013, fig. 2)

W analizie przeprowadzonej przez D. Johnson i J. Tyldesley wykorzystano dwie metody fizyko-chemiczne: mikroskopowe skanowanie elektronowe oraz komputerową tomografię rentgenowską (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 999). Badania powierzchni pozbawionej utlenionej warstwy zewnętrznej umożliwiły bezpośrednią analizę wewnętrznej struktury, która zawierała 47,5% żelaza, 42,9% tlenu, 4,8% niklu, 0,6% kobaltu oraz śladowe ilości fosforu i germanu (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 999; Johnson i in., 2014, s. 134–135). W wyniku analizy fizyko-chemicznej okazało się, że struktury przebadanego obiektu są zgodne ze zniekształconymi strukturami Widmanstättena, w których to linia spłaszczonego bogatego w nikiel taenitu definiuje krawędzie szerszych pasów kamacytowych (Maneck, 2010, s. 20–21). Obecność tych struktur w stopach żelaza i niklu jest uznawana za ostateczny dowód pochodzenia meteorytowego. Opierając się zatem na tej relacji, można stwierdzić, że meteoryt użyty do wykonania paciorków z Gerzy był oktaedrytem o średniej zawartości niklu (Hurnik, Hurnik, 2005, s. 153–154; Johnson, Tyldesley, 2013, s. 1000). Wykorzystując podobne techniki, Thilo Rehren i Hamad bin Khalifa³⁰ przeprowadzili analizy na paciorkach przechowywanych w UCL Petrie Museum of Egyptian Archaeology (nr inw. UC10738, UC10739 i UC10740)³¹, które potwierdziły obecność pozostałości struktur Widmanstättena i ich meteorytowe pochodzenie (Raviliou, 2015, s. 36–39; Rehren i in., 2013, s. 4787). Wykazali podobny skład chemiczny zabytków: 6–9% niklu, 0,4–0,5% kobaltu oraz sposób ich wykonania jako młotkowanie bryły metalu na blaszki o wymiarach 1,7 cm × 2,2 cm × 2,0 mm oraz ich zwijanie (Rehren i in., 2013, s. 4788–4789; Socha i in., 2014, s. 105). Paciorek, który został poddany analizie

³⁰ Badania zostały opublikowane w 2013 r.

³¹ Paciorek UC10738: maksymalna długość 1,5 cm, maksymalna średnica 1,3 cm; paciorek UC10739: max. długość 1,7 cm, max. średnica 0,7 cm; paciorek UC10740: max. długość 1,7 cm, max. średnica 0,3 cm.

przez Johnson i Tyldesley, ma kształt pustego w środku walca, czyli jest zrolowaną cienką blaszką metalu. Wykorzystanie tomografii komputerowej pozwoliło na wskazanie punktów zginania i krawędzi łączącej. Dalszym krokiem była próba zrekonstruowania procesu produkcji, w jakim zostały wykonane owe metalowe paciorki (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 1000–1002). Mógł on polegać na wycięciu z bryły żelaza wzdłuż naturalnych warstw pomiędzy kryształami płaskiej blaszki i rozklepywaniu jej, aż do osiągnięcia odpowiedniej grubości. W kolejnym etapie następowało ponowne młotkowanie metalu, którego celem było uzyskanie pożądanego kształtu rurki (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 1002, ryc. 6.). Kształtowanie żelaza musiało odbywać się, w momencie, w którym metal był wystarczająco plastyczny, czyli osiągnął temperaturę wyższą niż 700°C (Uhlig, 1954, s. 284–285; Socha i in., 2014, s. 109–110)³². Udowodniono również, dzięki eksperymentalnej analizie z wykorzystaniem narzędzi wzorowanych na tych dostępnych w Okresie Naqada II, że Egipcjanie tego czasu byli w stanie wykonać tą techniką badane paciorki (Johnson, Tyldesley, 2013, s. 1002, ryc. 6; Ravilious, 2015, s. 39). Niestety nie wiadomo, czy zostały one wykonane z jednej większej blachy pociętej na mniejsze kawałki, czy każdy paciorek został wykonany oddzielnie? Dzięki temu eksperymentowi potwierdzono również, że nikiel obecny w żelazie meteorytowym pod wpływem obróbki cieplnej koncentruje się w pasma, które wzmacniają surowiec, czyniąc go mniej podatnym na uszkodzenia (Ravilious, 2015, s. 39).

W tym samym roku (tj. 2013) węgierscy badacze, kierowani przez László Rosta, poddali analizie trzy paciorki z grobu 67 (ryc. 6), przechowywane w UCL Petrie Museum of Egyptian Archaeology w Londynie (nr inw. UC10738, UC10739 i UC10740) (Rosta i in., 2013, s. 1–5). W badaniu wykorzystano metody nieinwazyjne³³ (Rosta i in., 2013, s. 2). Uzyskane wyniki potwierdziły wysoki stopień skorodowania paciorków oraz technikę ich powstania jako zrolowanie żelaznej płytki, które było możliwe dzięki naprzemiennemu jej młotkowaniu i hartowaniu (wyżarzaniu) (Rosta i in., 2013, s. 3). Niestety intensywne obróbki oraz wysoki stopień skorodowania spowodował zniszczenie struktur Widmanstättena oraz kryształów schreibersytu (Rosta i in., 2013, s. 4). Stwierdzono, że paciorki zawierają od 2,8 do 4,1% Ni, 0,6–1% P, 0,17–0,24% Co oraz 0,003–0,01% germanu, co potwierdza ich meteorytowe pochodzenie (Rosta i in., 2013, s. 3–4)³⁴. Oba zespoły pracujące nad tymi paciorkami w 2013 r. uzyskały bardzo zbliżone rezultaty, mimo że wykorzystywały różne metody badawcze. Świadczy to o tym, że uzyskane wyniki są bardzo prawdopodobne.

³² W badaniu przeprowadzonym przez Johnson i Tyldesley podgrzały one uzyskaną blaszkę do temperatury 800°C.

³³ Były to Przenośna Rentgenowska Spektroskopia Fluorescencyjna (pXRF), Szybka Neutronowa Analiza Aktywacyjna Gamma (PGAA), Indukcja Cząstek przez Promieniowanie Rentgenowskie (PIXE), radiografia neutronowa (NR) oraz dyfrakcja neutronów w czasie lotu (ToF-ND).

³⁴ Odkryto śladowe ilości miedzi, cynku, arsenu i ołowiu prawdopodobnie pochodzące z narzędzi, którymi wykonywano paciorki lub z miejsca, w którym były przechowywane lub od innych obiektów, z jakimi miały styczność po złożeniu do grobu.

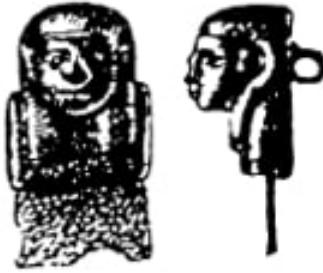


Rys. 6. Trzy żelazne paciorki przebadane przez zespół Laszlo Rosta pochodzące z grobu 67 (nr inv. UC10738, UC10739 i UC10740) obecnie znajdujące się w Petrie Museum of Egyptian Archaeology w Londynie (Rosta, Belgya, Kali, Kasztovszky, 2013, s. 3, rys. 2)

Fig. 6. Three iron beads tested by Laszlo Rosta's team from grave 67 (inv. No. UC10738, UC10739 and UC10740), currently at the Petrie Museum of Egyptian Archeology in London (Rosta, Belgya, Kali, Kasztovszky, 2013, s. 3, fig. 2)

Kolejnym istotnym przedmiotem wykonanym z żelaza meteorytowego jest *pesesz-kef* (*psš-kf*) królowej Aaszit z czasów XI dynastii (ryc. 7), która była jedną z żonek Neb-hepet-Ra Mentuhetepa II (Johnson, Tyldesley, 2016, s. 410). Przedmiot ten pochodzi z grobowca królowej, który znajduje się w Deir el-Bahari. Ostrze *pesesz-kefu* (*psš-kf*) wykonane zostało z żelaza o wysokiej zawartości niklu (około 10–11%) (Winlock, 1921, s. 50; Wuttmann, 2001, s. 206), które zostało zwieńczone ludzką główką wykonaną ze srebra (Johnson, Tyldesley, 2016, s. 410). Niestety samo ostrze jest dość niewielkie. Istnieją tu dwie możliwości: albo ostrze uległo dość znacznemu uszkodzeniu, pozostawiając zaledwie mały fragment przymocowany do górnej części przedmiotu, albo od początku miało mieć tak niewielkie rozmiary, służąc jako model (amulet), a nie realny przedmiot. Małe popiersie przedstawia najprawdopodobniej kobietę w charakterystycznej peruce przewiązanej nad oczami, której dwa wyłogi opadają na klatkę piersiową. Twarz została opracowana schematycznie, uwypuklając charakterystyczne jej części, czyli oczy, nos i usta. Całość kompozycji bardzo wyraźnie przypomina maskę grobową. Dodatkowo w tylnej części umieszczono oczko do zamocowania rzemienia lub naszyjnika, co podkreśla, że ten *pesesz-kef* (*psš-kf*) był amuletem (ryc. 7). Dane fizykochemiczne zostały uzyskane dzięki badaniom przeprowadzonym przez Cecila H. Descha w latach 30 XX w. (Desch, 1929, s. 440–441). Niestety nikt więcej nie podjął się badania tego amuletu, prawdopodobnie z powodu jego złego stanu zachowania ostrza. *Pesesz-kef* (*psš-kf*) ma powiązania z praktykami magicznymi związanymi z egipskimi zwyczajami pogrzebowymi, takimi jak Ceremonia Otwarcia Ust, która pozwalała mumii lub posągowi na przyjęcie „duszy” zmarłego. Ostrza mogły być również wykorzystywane w rytuale odcinania pępownicy i otwierania ust (Roth, 1992, s. 123–126), symbolicznie funkcjonującym w grobowcu jako narzędzie odradzania.

Ostatnim, pewnym świadectwem obróbki i wykorzystania omawianego surowca są zabytki pochodzące z grobowca króla Tutanchamona (KV62) z czasów XVIII dynastii z Doliny Królów (Pleiner, 2000, s. 10). Obecność żelaza w kontekście grobowym



Ryc. 7. *Pesesh-kef* (psS-kf) królowej Aaszit, XI dynastia
(Roth, 1992, s. 137)

Fig. 7. *Pesesh-kef* (psS-kf) of Queen Aashit XI dynasty
(Roth, 1992, p. 137)

potwierdza, że popularną praktyką w egipskich zwyczajach pogrzebowych było wykorzystywanie wielu rzadkich i cennych materiałów do produkcji wyposażenia grobowego (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 2). W 1925 r. Howard Carter odkrył dwa sztylety zawinięte w bandażu mumii: jeden na prawym udzie z ostrzem żelaznym i drugi na brzuchu z ostrzem złotym (Carter, 1927, s. 135, 268, tabl. LXXXVII B). W grobowcu odkryto także 16 miniaturowych ostrzy (Carter, 1933, s. 89, tabl. XXVII), miniaturowy zagłówek (Carter, 1927, s. 109, 258, tabl. LXXVII) oraz bransoletę z okiem *udzat* (*wḏ3t*) (Carter, 1927, s. 122), które to wykonane zostały z żelaza meteorytowego. Z wyjątkiem amuletu, wszystkie zostały przeanalizowane i wszystkie pierwotnie zostały zakwalifikowane jako wystarczająco bogate w nikiel, aby przypisać im meteorytowe pochodzenie (Bjorkman, 1973, s. 124–125). Wszystkie przedmioty z wyjątkiem sztyletu zostały także zakwalifikowane jako wykonane metodą kucia na zimno, stosowaną przez Egipcjan, którzy nie byli przyzwyczajeni do obróbki twardych metali, takich jak żelazo bogate w nikiel (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 2–4; Johnson, Tyldesley, 2016, s. 410–411). Miniaturowy zagłówek o wymiarach 5 × 4 cm znaleziono na szyi zmarłego pod złotą pośmiertną maską (ryc. 8). Niewątpliwie jego funkcją było ułatwienie zmarłemu powstanie z martwych, ochrona jego głowy i zabezpieczenie przed jej utratą (Broschat i in., 2018, s. 9–10). H. Carter stwierdził, że został źle wykonany, ponieważ jedna jego gałąź została złamana i ponownie przylutowana (Lukas, 1962, s. 272; Carter, 1927, s. 109, 258, tabl. LXXVII). Niedokładność obróbki widoczna jest w lucie, ponieważ ułamane części nie zostały dokładnie dopasowane, przez co powstała szczelina, którą starano się zamaskować ziarnistą, biało-szarawą mineralną masą (Broschat i in., 2018, s. 9–10). Zabieg ten mógł być spowodowany uszkodzeniem przedmiotu już po jego wykonaniu lub być efektem połączenia dwóch małych fragmentów żelaza podczas etapu produkcyjnego. Za drugą opcją optują liczne wady w strukturze materiału w postaci pęknięć i wnęk o różnych rozmiarach, które nie były jednak naprawiane. Przedmiot mimo wszystko jest ogólnie dość symetryczny, z lekko nierówną podstawą o dokładnie opracowanych fasetach, jego górna część podtrzymywana przez ośmiokątną kolumnę ma kształt półksiężyca (ryc. 8) (Broschat i in., 2018, s. 9–10). Żelazny amulet



Ryc. 8. Żelazny zagłówek z grobowca Tutanchamona (KV62). Obecnie Egyptian Museum, Cairo (JE 61869) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 9, il. 11)

Fig. 8. Iron headrest from Tutankhamun's tomb (KV62). Currently in Egyptian Museum, Cairo (JE 61869) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 9, Abb. 11)

(ryc. 9) w kształcie oka *udżat* (*wd3t*), o wymiarach $2,1 \times 3,5$ cm, na złotej bransolecie o średnicy 7,6 cm znaleziono poniżej klatki piersiowej zmarłego (ryc. 10) (Broschat i in., 2018, s. 9–10). Symbol oka jest znanym Egipcjanom ochronnym znakiem strzegącym właściciela przed wszelkim złem oraz niebezpiecznymi istotami i magią (Wilkinson, 1992, s. 43). Amulet ma dwie strony, które są bardzo dobrze do siebie dopasowane, ponieważ powstały z jednego kawałka metalu, z miejscem łączenia ukrytym za brwią (Broschat i in., 2018, s. 6–8). Ich dekoracja została wykonana w płaskim reliefie, za pomocą szczegółowego młotkowania i wykończona szlifowaniem i wypłowaniami nierówności. Zewnętrzne krawędzie obu brwi udekorowanych wzorem w jodełkę zostały zagięte do wewnątrz pod kątem 90° i były pierwotnie połączone (Broschat i in., 2018, s. 6–8). Nad wewnętrznym kącikiem oka i nad zewnętrznym końcem kredki do oczu amulet jest lekko zagięty, dobrze dopasowując się dzięki temu do zwężających się końców bransolety wchodzących w otwory w artefakcie. Zabieg ten umożliwia obracanie oka, a więc możliwość wyboru między dwoma ochronnymi symbolami: lewym, księżycowym okiem Horusa, a prawym, słonecznym okiem Ra. W momencie odkrycia bransoleta leżała po lewej stronie klatki piersiowej, a amulet był obrócony na prawe oko i skierowany na twarz zmarłego, czyli na Zachód (ryc. 10) (Broschat i in., 2018, s. 6–8).

Miniaturowe dłuta o grubości około 0,5 mm złożono do małej drewnianej skrzyni (ryc. 11). Wśród 16 dłuć osadzonych na okrągłych (12 szt.) lub płaskich (4 szt.) rękojeściach wykonanych z drewna iglastego możemy wyróżnić 6 typów ostrzy: 2 lancetowate, 2 skręcone wokół własnej osi, 2 z wklęsłym wcięciem w połowie długości, 3 proste w kształcie prostokąta, 3 z lekko wklęsłym wcięciem po obu lub po jednej stronie oraz 4 z krótkimi i szerokimi ostrzami (ryc. 11) (Broschat i in., 2018, s. 4–5). Według G. A. Wainwrighta wchodziły one w skład narzędzi wykorzystywanych pod-



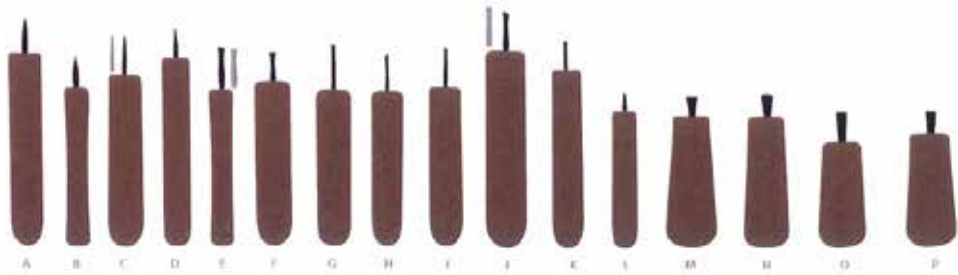
Ryc. 9. Bransoleta z amuletem w kształcie oka *udżat* (wDA*t*) z grobowca KV62. Obecnie Egyptian Museum, Cairo (JE 62385) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 6, il. 7)

Fig. 9. Bracelet with an eye-shaped amulet *wedjat* (wDA*t*) from the KV62 tomb. Currently in Egyptian Museum, Cairo (JE 62385) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, p. 6, Abb. 7)



Ryc. 10. Miejsce znalezienia bransolety z okiem *udżat* (wDA*t*) z grobowca Tutamchamona (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 8, il. 10)

Fig. 10. The place where the bracelet with the eye of the *wedjat* (wDA*t*) was found in the tomb of Tutankhamun (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, p. 8, Abb. 10)

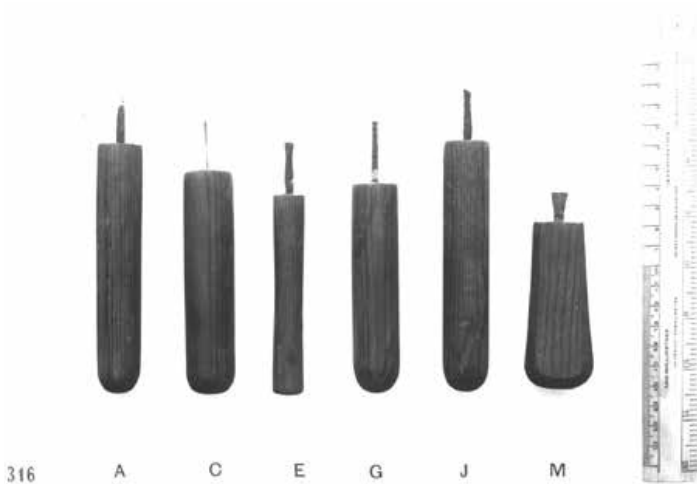


Ryc. 11. 16 miniaturowych ostrzy dłut z grobowca Tutanchamona. Obecnie Egyptian Museum, Cairo (od JE 61295 do JE 61310) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 5, il. 6)

Fig. 11. 16 miniature chisel blades from Tutankhamun's tomb. Currently in Egyptian Museum, Cairo (from JE 61295 to JE 61310) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 5, Abb. 6)

czas Rytuału Otwarcia Ust (Wainwright, 1932, s. 7). Bazując na ich wielkości, zastosowanym surowcu, grobowym przeznaczeniu oraz rytualnej funkcji możemy stwierdzić, że były to modele rzeczywistych dłut rzeźbiarskich o nieużytkowym charakterze (ryc. 12) (Broschat i in., 2018, s. 4–5). Jednak w bardzo szczegółowy sposób odtworzono różnorodność form rękojeści oraz kształtów ostrzy, co sugerować może, że były to niewielkie, choć użytkowe narzędzia.

Sztylet ma symetryczne, dokładnie wyszlifowane ostrze wykonane z jednego kawałka żelaza oraz uchwyt ze złota ozdobionego granulacją, a całość została zwieńczona kryształami górskimi (ryc. 13) (Comelli, D'Orazio, 2016, s. 2). Długość całego



Ryc. 12. Różne kształty ostrzy i rękojeści miniaturowych dłut z grobowca Tutanchamona. Obecnie Egyptian Museum, Cairo (Carter, 1933, tabl. XXVII)

Fig. 12. Various shapes of blades and handles of miniature chisels from Tutankhamun's tomb. Currently in Egyptian Museum, Cairo (Carter, 1933, Plate XXVII)



Ryc. 13. Sztylet z żelaznym ostrzem z grobowca Tutanchamona. Obecnie Egyptian Museum, Cairo (JE 61585A) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 13, tabl. 17)

Fig. 13. Dagger with an iron blade from the tomb of Tutankhamun. *Currently in Egyptian Museum, Cairo* (JE 61585A) (Broschat, Ströbele, Koeberl, Eckmann, Mertah, 2018, s. 13, Abb. 17)

przedmiotu to 34,2 cm, w tym rękojeść z gałką 13 cm, ostrze od rękojeści do czubka 21,2 cm, a maksymalna szerokość ostrza to 3,1 cm (Broschat i in., 2018, s. 13). Znajdował się na prawym udzie zmarłego, jego rękojeść skierowana została na kość łonową, a ostrze na wewnętrzną stronę kolana (ryc. 14) (Broschat i in., 2018, s. 11). Ma on misterną i bogatą dekorację, skupioną na złotej rękojeści, składającą się z wzorów geometrycznych wykonanych metodami filigranu, granulacji, komórkową i inkrustacją (Broschat i in., 2018, s. 12–18). Żelazne ostrze to nie tylko część widoczna, ale również to, co ukryte jest wewnątrz rękojeści na całej jej długości. Klinga jest symetryczna, o zaokrąglonych krawędziach, lekko wypukła, i zwężająca się ku czubkowi, o soczewkowatym przekroju (ryc. 12). Ma dokładnie obrobioną i wypolerowaną powierzchnię z kilkoma śladami szlifowania wzdłuż ostrza. Już H. Carter zauważył, że na tle pozostałych przedmiotów z grobowca sztylet wyróżnia się wysoką jakością, co sugeruje, że został wykonany poza Egiptem (Carter, 1927, s. 136). Nie pasuje ono idealnie do rękojeści (jest około 2 cm za krótka), ponieważ widoczna jest węższa część klingi, która powinna być przykryta rękojeścią. Brak właściwego zamocowania przy przejściu ostrza w rękojeść oraz spłaszczenie uchwytu przy styku z ostrzem świadczy o tym, że pierwotnie projekt tego artefaktu był zupełnie inny, a znaną dziś rękojeść dodano przypadkowo (Broschat i in., 2018, s. 18). Złota, dekoracyjna pochwa za to (zaledwie o kilka milimetrów szersza), dokładnie dopasowuje się do kształtu żelaznego ostrza, które chowa się w niej aż po rękojeść, zakrywając też węższy odcinek klingi (Broschat i in., 2018, s. 18).



Ryc. 14. Miejsce odkrycia sztyletu z żelaznym ostrzem z grobowca Tutachamona (Carter, 1927, tabl. XXX)

Fig. 14. The place where the dagger with an iron blade was discovered in Tutakhamun's tomb (Carter, 1927, Plate XXX)

Przedmioty z grobowca Tutanchamona podlegały licznym badaniom, których wyniki często okazywały się dość kontrowersyjne. Judith K. Bjorkman w 1973 r. stwierdziła, że ostrze zostało wykonane z żelaza pochodzenia meteorytowego, ponieważ przeprowadzona przez nią analiza wykazała wysoką zawartość niklu (Bjorkman, 1973, s. 124–125; Comelli, D’Orazio, 2016, s. 3). Natomiast następne badania Fatmy M. Helmi i Kamala Barakata z 1994 r., przy wykorzystaniu fluorescencji rentgenowskiej (XRF), wykazały zawartość żelaza na poziomie 93,3% i niklu w ilości zaledwie 2,8%, która jest zbyt niska, aby uznać ten surowiec za żelazo meteorytowe (Helmi, Barakat, 1995, s. 287–289). Buchwald w swoich pracach z lat 1992 i 2005, w których opisał przeprowadzone przez siebie liczne badania różnych meteorytów i przedmiotów z nich wykonanych (m.in. z terenów Grenlandii), potwierdził, że ze względu na obecność pozostałości struktur Widmanstättena oraz wysoką zawartość niklu jest to żelazo meteorytowe (Buchwald, 1992, s. 167; Buchwald, 2005, s. 24–28)³⁵. Najprawdopodobniej różnice w wynikach są spowodowane tym, że badane próbki pochodziły z różnych miejsc i różnej głębokości.

³⁵ Buchwald podkreśla, że aby uznać żelazo za meteorytowe, musi mieć ono co najmniej 5% zawartości niklu. Natomiast obecność pozostałości struktur Widmanstättena pozwala stwierdzić, że żelazo to ma od 6,5% do 13% Ni.

Daniela Comelli i jej włosko-egipski zespół w 2015 r. przeprowadzili w Muzeum Egipskim w Kairze przy użyciu XRF badanie powierzchni ostrza w dwóch miejscach, które wykazało, że Fe i Ni są jego głównymi częściami składowymi z małymi koncentracjami Co (Eaton-Krauss, 2016, s. 30–32; Comelli, D’Orazio, 2016, s. 4). Następnie zawartość Ni i Co poddano ocenie, przy wykorzystaniu danych porównawczych z 11 próbek żelaza meteorytowego o dobrze znanym i poświadczonym składzie z różnych części świata (Comelli, D’Orazio, 2016, tab. 1). Wyniki analizy wykazały, że zawartość Ni wynosi 10,8–0,3% i Co 0,58–0,04% (wysoka zawartości Ni oraz niewielka ilość Co – stosunek 20 : 1), co jednoznacznie wskazuje na pozaziemskie pochodzenie metalu użytego do jego produkcji (Eaton-Krauss, 2016, s. 31; Comelli, D’Orazio, 2016, s. 6–7). Zespół D. Comelli użył XRF-u, powtarzając badanie Helmi i Barakata z 1994 r., otrzymując zupełnie odmienne wyniki, jednoznacznie wskazujące na meteorytowe pochodzenie żelaza (10,8% Ni) użytego do wykonania ostrza sztyletu (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 6).

Drugą przeprowadzoną przez włosko-egipską grupę badaczy analizą była próba zidentyfikowania meteorytu, który posłużył do wykonania ostrza (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 6–7). Wykorzystano reprezentatywny zestaw 76 żelaznych meteorytów o umiarkowanie wysokiej zawartości Ni (10–12%), średniej zawartości Co (0,57%) i o strukturze podobnej do ostrza Tutanchamona (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 6). Aby określić, z jakiego meteorytu mógł zostać wykonany badany nóż, połączono bazę znanych meteorytów oraz wyniki analiz ostrza ze znaną nam strefą egipskiego handlu. Na obszarze o promieniu 2000 km z centrum nad Morzem Czerwonym tylko drobny oktaedryt o nazwie Charga z Egiptu (Grossman, Zipfel, 2001, s. A297) miał odpowiednią zawartość Ni (11,77%) i Co (0,437%) i mógł być tym, z którego wykonano ostrze (Comelli, D’Orazio, 2016, s. 7). Teoria ta może jednak kłócić się z informacjami, które znamy z tzw. listów z Amarny, czyli korespondencji między władcami Egiptu i bliskowschodnich państw przypadającej na czasy XVIII dynastii (Pleiner, 2000, s. 10). Jest w niej mowa o wymianie darów, w której skład wchodziły przedmioty z żelaza ofiarowane przez władcę Mitanni Tuszratę Amenhotepowi III. W ich skład wchodziły buława, 11 bransolet z żelaza powlekanych złotem, 3 sztylety z ostrzami z żelaza i z rękojeściami dekorowanymi złotem oraz żelazny pierścień wspomniany w późniejszej korespondencji między Tuszratą a Amenhotepem IV–Achenatonem (Knutzson, 1915, s. 159, 163, 169, 173, 201; Moran, 1992, s. 51–54 (EA 22), 75 (EA 25); Rainey, 2015, s. 162–173 (EA 22), 254–255 (EA 25))³⁶. Wśród tych sztyletów dwa określono sumerogramem AN.BAR (Wason, 1978, 269), odpowiadającym akadyjskiemu słowu *parzillum* (Maddin, 1975, s. 61–62; Roth i in., 2005, s. 212–216), tłumaczonemu jako żelazo (być może z rudy) (Moran, 1975, s. 57; Muhly i in., 1985, s. 74–75) oraz jeden słowem *habalkinum*, tłumaczonym jako żelazo wykorzystywane w produkcji broni (EA22 – sztylet powlekany złotem z ostrzem z żelaza) (Rainey, 2015, s. 162–173 (EA 22), 1281, 1307). Jeden z nich, mógł być sztyletem z grobowca

³⁶ Listy dotyczą darów ofiarowanych przez Tuszratę, w których skład wchodziły przedmioty wykonane z żelaza.

Tutanchamona, choć to tylko spekulacje (Moran, 1992, s. 51, 53, 54 «EA 22»; Rainey, 2015, s. 162–163, 167–168, 172–173 «EA 22»)³⁷.

Najnowsze badania zabytków z żelaza meteorytowego z grobowca Tutanchamona przeprowadził w 2018 r. zespół badaczy pod kierunkiem K. Broschat i F. Ströbele (Broschat i in., 2018, s. 24–28). Dłuta okazały się dość problematycznym materiałem, ze względu na swoje niewielkie rozmiary oraz wysoki stopień korozji. Dowiedziono jednak, że zawierają 84–91% Fe, 6–13% Ni, 0,5–0,8% Co oraz śladowe ilości germanu w pięciu z 16 dłut (Broschat i in., 2018, s. 26). Są to dość nietypowe wyniki jak na żelazo meteorytowe, ponieważ nie poddaje się ono tak łatwo korozji, na dodatek w takich warunkach jak grobowiec. Być może miały one styczność z substancjami i pierwiastkami, które wpłynęły na ten wynik. Amulet z okiem Horusa także wykazał pewne wahania pomiarów, bo stwierdzono 90% zawartości żelaza, 8% niklu, 0,49% kobaltu oraz 0,02% chromu (Broschat i in., 2018, s. 26). Rezultaty te były nieco zaburzone przez obecność cynku (około 0,3%), która nie jest naturalną zawartością dla meteorytów i najprawdopodobniej jest zanieczyszczeniem (Buchwald, 1975, s. 83; Bridgestock i in., 2014, s. 157). Jego obecność zauważył już A. Lukas w 1925 r., podając, że amulet jest „czysty z drobnym pyłem i sodą kaustyczną” (Malek, s. 12). Być może była to biel cynkowa, stosowana jako środek do polerowania metali. Kolejne niejednoznaczne wyniki pojawiły się podczas analizy żelaznego zagłówka, która określiła jego skład na 90,5% Fe, 8,8% Ni, 0,47% Cu i 0,06% Cr (Broschat i in., 2018, s. 27). Badanie szwu lutowniczego artefaktu wykazało obecność żelaza, niklu i kobaltu, czyli pierwiastków występujących w meteorytach oraz aluminium, krzemu, fosforu, siarki i wapnia, które są składem wypełniacza oraz miedzi, arsenu i cyny, czyli lutu (Broschat i in., 2018, s. 27). Analiza ostrza potwierdziła jego wysoką jakość wykonania oraz jednorodność składu chemicznego ze względu na stabilne wyniki. Wysokość niklu waha się między 12,7 a 13,1%, żelaza 86,7%, kobaltu 0,56–0,60%, a chromu 0,03% (Broschat i in., 2018, s. 28, tab. 3). Jednorodność surowca jest rezultatem albo wysokiej jakości meteorytu, który powinien mieć lamele do 0,5 mm grubości, albo jego homogenizacji podczas obróbki, lecz zakłada to szeroką wiedzę na temat sposobu kucia żelaza, w tym umiejętności i możliwości wysokotemperaturowej technologii obróbki (Broschat i in., 2018, s. 27).




Odnosząc się do wszystkich powyższych znalezisk z żelaza, możemy stwierdzić, że surowcem, z którego je wykonano, jest żelazo meteorytowe. Obecność germanu i kobaltu, wysoka zawartość niklu, odpowiednie proporcje zawartości niklu do kobaltu oraz pozostałości struktur Widmanstättena (w jednym przypadku) świadczą niewątpliwie o pochodzeniu meteorytowym omawianych zabytków (Rehren i in., 2013, s. 4789). Natomiast analizy dotyczące sposobów wykonania omawianych przedmiotów potwierdzają rezultaty badan eksperymentalnych przedstawionych w poprzednim rozdziale.

³⁷ Fragmenty listów dotyczące sztyletów z ostrzami żelaznymi ofiarowanych przez Tuszratę.

ZNACZENIE ŻELAZA METEORYTOWEGO W KULTURZE STAROŻYTNEGO EGIPTU


Przedmioty wykonane z żelaza meteorytowego nie były produktem masowym. Związane były z rozbudowaną symboliką religijno-magiczną (na pewno od Nowego Państwa). Potwierdzeniem tego są źródła materialne w postaci dość nielicznych artefaktów żelaznych. Większe ilości tego surowca oraz zapewne również techniki jego obróbki przybywają do Egiptu wraz z inwazją wojsk asyryjskich w VII w. p.n.e. (Humphris, Rehren, 2014, s. 180–183) oraz najazdem perskim w VI w. p.n.e. Nie należy zapominać także o Grekach i ich wpływie na powstanie dwóch grecko-egipskich ośrodków miejskich w Delcie w VII w. p.n.e., w których pojawiają się nie tylko gotowe przedmioty żelazne (Naukratis i Tell Dafana) (Petrie, 1886, s. 39; Leclère, Spencer, 2014, s. 9, 69–79), ale również warsztaty metalurgiczne z całym zapleczem technicznym, tj. piece, tygły czy miechy (Tell Dafana) (Leclère, Spencer, 2014, s. 142–143). Pojawienie się większych ilości gotowych wyrobów (broń, pancerze, narzędzia) przyczyniło się niewątpliwie do zmiany statusu żelaza (Ogden, 2000, s. 168). Przeszło ono ze sfery społeczno-religijnej (dominowało znaczenie symboliczne) do gospodarczo-militarnej (dominowało znaczenie utylitarne). Pozostaje jednak pytanie, jak rozpowszechnienie się obróbki żelaza z rudy wpłynęło na te pochodzące z meteorytów? Ten drugi typ metalu nie występuje w dużych ilościach, więc nie miał zasadniczego udziału w przemianach VII–VI w. p.n.e. w Egipcie. Uzyskanie nieograniczonych ilości surowca pozaziemskiego jest niemożliwe, ponieważ przeszkodą jest tu masa wykorzystywanego meteorytu. Zatem przedmioty wykonane z żelaza meteorytowego oraz z żelaza z rudy, aż do końca III Okresu Przejściowego w świadomości Egipcjan (z ograniczonego kręgu władzy) istniały tylko w przestrzeni prestiżowych i rzadkich przedmiotów, które były przeznaczone wyłącznie dla władcy i jego najbliższego otoczenia. Były cennymi darami, które równały się wartością z przedmiotami ze złota czy kamieni półszlachetnych.




Przedstawienia i teksty są jednymi z filarów budujących symbolizm w starożytnym Egipcie. Te drugie wraz z rozwojem języka wykształciły dość zawiłą terminologię, stosowaną na określenie surowca, jakim było żelazo. Były to przede wszystkim teksty religijne, ukazujące wieloznaczność terminologii określającej żelazo i skomplikowaną kreatywność lingwistyczną Egipcjan (Lipińska, 1977, s. 162). Jednym z najważniejszych słów spotykanych już w *Tekstach Piramid* (od końca V dyn.) w dwóch formach, używanych na określenie metalu (miedzi i zapewne żelaza) było *bia* (*bj3*),



 (Hanning, 2003, s. 414; Graefe, 1971, tab. 1)³⁸. Należy jednak podkreślić, że termin ten ma szerokie pole semantyczne, co stwarza problemy w jego interpretacji. Pojawia się zarówno w tekstach religijno-magicznych w formie  jak i administracyjno-urzędowych w formie . W zależności od użytego determina-

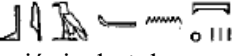
³⁸ Słowo *bjA* w kontekście rytuału Otwarcia Ust.

tywu słowo to zmienia nieco swoje znaczenie (Allen, 2010, s. 3). Jednak wszystkie związane są z tym samym surowcem, uwypuklając poszczególne elementy jego istoty, tj. nazwę, źródło czy pochodzenie (Graefe, 1971, s. 4). Wśród tych różnorodnych terminów należy wskazać na jeden z nich, który wydaje się szczególnie interesujący. Pojęcie to, wykorzystujące rdzeń słowa *bia* (*bj3*) z odpowiednimi determinaty-

wami (*biau* – *bj3w* – ) znane już od Starego Państwa, oznaczało cudowne i niezwykle rzeczy (Hanning, 1995, s. 246). Choć to znaczenie nie musi odnosić się bezpośrednio do artefaktów wykonanych z żelaza meteorytowego, to może być jedną z interpretacji słowa *bia* (*bj3*) wówczas, gdy chcemy je zastosować do określenia omawianego surowca, podkreślając jego prestiżowy charakter i znaczenie na tle rzemiosła egipskiego. Pozostaje jednak wciąż problem z jednoznaczną interpretacją słowa *bia* (*bj3*) jako żelazo, ponieważ analiza rozwoju jednej z form tego terminu

od Starego  przez Średnie  aż do Nowego Państwa  pokazuje, że w tym ostatnim okresie tłumaczone było ono jako miedź (Gardiner, 1957, 490, s. 529–532). Być może przez analizę rozwoju tych form możemy odnaleźć nowopaństwowe tłumaczenie w staropaństwowym terminie. Od początków jego obróbki aż do wprowadzenia brązu miedź była niewątpliwie cudowną, rzadką i zdumiewającą rzeczą (Harris, 1961, s. 50–62; Aufrère, 1991, s. 106–107). Wyraźnie odróżniano miedź, która we wręcz magiczny sposób powstawała z grudek rudy wydobywanej z ziemi, od złota i srebra, cenionych za niezmienną, stałą i plastyczność (Aufrère, 1991, s. 106–107). Żelazo jako metal, który aż do XVIII dynastii znany był z nielicznych pozostałości, było metalem mało rozpowszechnionym. Mogło występować jako zanieczyszczenie w rudach miedzi lub jako topnik pomagający w ich wytopie (spotykane jest w żużlu), a także odznaczać się podobnymi etapami procesu obróbki (tj. topienie i kucie), co zapewne spowodowało, że te dwa metale były początkowo w starożytnym Egipcie określane wspólnym terminem *bia* (*bj3*) (Helmy, Kaindl, 1999, s. 69–76; Hilmy, Osman, 1989, s. 244–249). Ich rozróżnienie być może widoczne jest w zastosowanej formie, która była wykorzystywana w różnych kontekstach.

Termin *bia* (*bj3*)  z tekstów religijnych tłumaczone jako niebiański metal odnosi się bardziej do żelaza, a *bia* (*bj3*)  z tekstów administracyjno-prawno-królewskich jako metal użytkowy, wskazujący na szeroko stosowaną w rzemiośle miedź. Żelazo meteorytowe niestety nie wpisuje się tak łatwo w proponowany wyżej krótki zarys rozwoju terminologii. Dopiero w czasach Nowego Państwa, a konkretnie w XIX

dynastii pojawia się rozbudowany termin *bia en pet* (*bj3 n pt*)  (Hanning, 1995, s. 246), czyli „metal z nieba”, który może odnosić się do żelaza meteorytowego. Jest to dopełniacz pośredni, utworzony z dwóch wcześniej istniejących rzeczowników, który w pełni oddaje charakter tego surowca i jego pochodzenie, które niewątpliwie związane było z kontekstem religijnym, kosmologią i wierzeniami sta-

rożytnych Egipcjan³⁹. Połączenie metalu *bia* (*bj3*) z niebem *pet* (*pt*) widoczne było już w pochodzących ze Starego Państwa *Tekstach Piramid* oraz późniejszych *Tekstach Sarkofagów* ze Średniego Państwa, gdzie nieboskłon, jego bramy i mury były z niego wykonane (Almansa-Villatoro, 2019, s. 75–76). Skoro niebo jest z metalu, to wszystko, co z niego pochodzi i spada na ziemię, również jest z niego wykonane. Zwrot *bia en pet* (*bj3 n pt*) był początkowo zarezerwowany do opisu surowca pochodzącego z Bliskiego Wschodu, np. z Syro-Palestyny (Graefe, 1971, s. 30–33), być może meteorytowego, a następnie wykorzystywany był do określania żelaza w ogóle. Gdy już okrzepł (XIX–XX dynastia), był wykorzystywany m.in. w ideologii władzy królewskiej w zwrotach podkreślających boski charakter władcy, np. określano nim surowiec, z którego wykonane są kończyny władcy (Valloggia, 2001, s. 199). Zmiana ta jest świadectwem ewolucji światopoglądu i rozwoju naukowego w kraju nad Nilem.

W związku z tym skomplikowane nazewnictwo związane z produktami wytwarzanymi z żelaza, także meteorytowego w piśmie hieroglificznym, ukazuje pomysłość Egipcjan w opisywaniu otaczającego ich świata. Zarówno niewielka liczba wyrobów z tego surowca wykonywanych w konkretnym celu, jak i wieloznaczność terminów go opisujących w tekstach religijno-magicznych wskazuje, że metal ten był dla Egipcjan surowcem o wręcz mitycznym charakterze. Jako dar z niebios był przeznaczony tylko dla nielicznych osób, tworząc pewnego rodzaju więź między człowiekiem a bogiem lub jeśli odniesiemy się do faraona między bogiem a bogami. Przedmioty z niego wykonane należały do prestiżowych artefaktów wykorzystywanych w sferze religijno-funeralnej, pozwalających uzyskać życie wieczne. Ich cudowność i magiczna moc pochodząca z niebios pomagała zrealizować ten cel. Zatem specyficzny charakter i miejsce żelaza meteorytowego w kulturze egipskiej nie powinno dziwić, skoro od początku miało tak silne religijne konotacje, nie było wykorzystywane w zwykłej produkcji.

POSUMOWANIE

Żelazo meteorytowe jest cennym i rzadkim surowcem pochodzącym spoza Ziemi. Meteoryty żelazne, które spadły na powierzchnię naszej planety, są źródłem tego bogatego w nikiel i inne rzadkie pierwiastki surowca. Spośród innych metali wyróżnia go nie tylko zawartość niklu, kobaltu czy chromu, ale także odporność na korozję oraz jednorodna struktura charakteryzująca się specyficznymi wzorami, tj. linie Neumanna czy struktury Widmanstättena. Analizy fizykochemiczne mete-

³⁹ Po raz pierwszy pojawia się w kontekście rytuału Otwarcia Ust jako surowiec, z którego wykonane zostało rytualne narzędzie – ciosło, w *Księdze Wychodzenia za Dnia*, zwanej *Księgą Umarłych*, w Papiirusie Aniego z XIX dynastii. Przy jego pomocy otwierano usta zmarłemu, aby jego mumia mogła ponownie stać się ziemskim zakotwiczeniem dla „duszy” mieszkającej w zaświatach. Dzięki temu mogła ona przyjmować składane jej w świątyni grobowej ofiary i żyć w dostatku.

orytów oraz przeprowadzane na nich badania eksperymentalne pozwalają uzyskać informacje nie tylko o sposobach i miejscach jego pozyskiwania, ale także o technicach jego obróbki i wykorzystywanych do tego narzędziach w starożytności. Uzyskane dane przybliżają nam dzieje tego metalu. W starożytnym Egipcie nie był on popularnym ani powszechnym surowcem. Załedwie trzy grupy przedmiotów z różnych okresów to niewielka baza danych. Mimo tego każdy z nich obok tekstów pisanych jest cennym źródłem do badań. Status żelaza meteorytowego w kraju nad Nilem nie jest do końca jasny, ale niewątpliwie mocno był związany z religijną sferą i osobą władcy oraz jego najbliższego otoczenia. Wykonywano z niego prestiżowe, niewielkie przedmioty, będące częścią wyposażenia grobowego, mającego umożliwić zmarłemu przejście do nowego życia i następnie służące mu w zaświatach. Oprócz pierwszego wykorzystania, jakim były paciorki, późniejsze amulety, narzędzia i broń – bez wątpienia osobiste przedmioty rytualne – są tego doskonałym przykładem. Teksty, głównie religijne, jasno określają niebiański charakter żelaza meteorytowego. Choć do czasów Nowego Państwa terminologia je określająca była skomplikowana i wieloznaczna, to niewątpliwie związki między niebem a tym metalem były wyraźnie widoczne. Niezależnie od tego, czy żelazo meteorytowe zostało obrobione na obszarze starożytnego Egiptu przy wykorzystaniu lokalnej technologii, czy zostało sprowadzone z zagranicy jako gotowe wyroby, było cudownym i drogocennym metalem z nieba.

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, W., Street, A. Ch.
1990 *Metals in the Service of Man. Ninth Edition*. London: Penguin UK.
- Allen, J.
2010 *Middle Egyptian: An Introduction to the Language and Culture of Hieroglyphs. Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Almansa-Villatoro, M. V.
2019 The Cultural Indexicality of the N41 Sign for *bj3*: the Metal of the Sky and the Sky of Metal. *The Journal of Egyptian Archaeology*, 105(1), 73–81.
- Anders, E.
1964 Origin, age, and composition of meteorites. *Space Science Review*, 3, 583–714.
- Aufrère, S.
1991 *L'Univers minéral dans la pensée égyptienne*, t. 1: *L'Influence du désert et des minéraux sur la mentalité des anciens Égyptiens*. Le Caire: Institute Francais D'Archéologie Orientale du Caire.
- Bjorkman, J. K.
1973 Meteors and meteorites in the ancient Near East. *Meteoritics*, 8, 91–130.
- Breasted, J. H.
1906 *Ancient Records of Egypt. Historical Documents*, t. 2: *The Eighteenth Dynasty*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Bridgestock, L., Williams, H., Rehkämper, M., Larner, F.
2014 Unlocking the zinc isotope systematics of iron meteorites. *Earth and Planetary Science Letters*, 400, 153–164.

- Buchwald, V. F.
 1975 *Handbook of iron meteorites. Their history, distribution, composition, and structure*, t. 1–2. Arizona-Berkeley: University of California
 1992 On the Use of Iron by the Eskimos in Greenland. *Materials Charakterization*, 29(2), 139–176.
 2005 *Iron and Steel in Ancient Times* (Historisk-filosofiske Skrifter, t. 29). Copenhagen: Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab (The Royal Danish Academy of Science and Letters).
- Bunge, H. J. i in.
 2003 Orientation relationship of Widmannstätten plates in an iron meteorite measured with high-energy synchrotron radiation. *Journal of Applied Crystallography*, 36, 137–140.
- Broschat, K., Ströbele, F., Koeberl, Ch., Eckmann, Ch., Mertah, E.
 2018 *Himmilisch! Die Eisenobjekte aus dem Grab des Tutanchamun*. Mainz: Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums.
- Carter, H.
 1927 *The Tomb of Tut-Ankh-Amen. Discovered by the Late Earl of Carnarvon and Howard Carter II*. London: Cassel & Company, LTD.
 1933 *The Tomb of Tut-Ankh-Amen. Discovered by the Late Earl of Carnarvon and Howard Carter III*. London: Cassel & Company, LTD.
- Carey, Ch., Stremke, F., Humphris, J.
 2019 The ironworking remains in the royal city of Meroe new insights on the Nile Corridor and the Kingdom of Kush. *Antiquity*, 93(368), 432–449.
- Castel, G., Kohler, E. C. H., Mathieu, B., Point, G.
 1998 Les mines du ouadi Um Balad (d' esert Oriental). *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale*, 98, 57–87.
- Ciałowicz, K. M.
 1999 *Początki cywilizacji egipskiej*. Warszawa – Kraków: Państwowe Wydawnictwo PWN.
- Coghlan, H. H.
 1956 *Notes on Prehistoric and Early Iron in Old World. Occasional Papers on Technology*, 8. Oxford: Oxford University Press.
- Comelli, D., D'Orazio, M.
 2016 The meteoritic origin of Tutankhamun's iron dagger. *Meteoritics & Planetary Science*, 51(7), 1301–1309.
- Cordani, V.
 2016 The Development of the Hittite Iron Industry. A Reappraisal of the Written Sources. *Die Welt des Orients*, 46(2), 162–176.
- Ćwiek, A.
 2016 *Hieroglify Egipskie. Mowa Bogów*. Poznań: Wydawnictwo Poznańskie.
- Davis, D., Maddin, R., Muhly, J. D., Stech, T.
 1985 A Steel Pick from Mt. Adir in Palestine. *Journal of Near Eastern Studies*, 44(1), 41–51.
- Desch, C. H.
 1929 Reports on the metallurgical examination of specimens for the Sumerian Committee of the British Association. W: *Reports of the Ninety-Sixth Meeting Glasgow 1928 September 5–12 British Association for the Advancement of Science* (s. 437–441). London: Office of the British Association Burlington House London.
- Eaton-Krauss, M.
 2016 Tutankhamun's Iron Dagger made from a Meteorite? *KMT – a modern journal of ancient Egypt*, 27(3), 30–32.
- Edwards, D. N.
 2007 The Archaeology of Sudan and Nubia. *Annual Review of Anthropology*, 36, 211–228.

- El-Gayer, E. S.
1995 The Pre-dynastic iron beads from Gerzeh. *Institute of Archaeo-metallurgical Studies*, 19, 11–12.
- Fabre, D., Belov, A.
2012 The Shipwrecks of Heracleion-Thonis: An Overview. W: G. A. Belova (red.), *Achievements and problems of modern Egyptology. Proceedings of the international conference. September 29-October 4* (s. 107–118), 2009. Moscow: Russian Academy of Sciences Center for Egyptological Studies.
- Frankfort, H.
1934 *Iraq Excavations of the Oriental Institute 1932/1933. Third Preliminary Report*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Gardiner, A.
1957 *Egyptian Grammar. Being an Introduction to the Study of Hieroglyphs. Third Edition*. Oxford: Griffith Institute. Ashmolean Museum.
- Garland, H., Bannister, C. O.
1927 *Ancient Egyptian Metallurgy*. London: Charles Griffin & Company.
- Goddio, F.
2015 The sacred topography of Thonis-Heracleion. W: D. Robinson, F. Goddio (red.), *Thonis Heracleion in Context: The Maritime Economy of the Egyptian Late Period, Proceedings of the Conference in the University of Oxford, 15–17 March 2013* (s. 15–54). Oxford: Oxford Centre for Maritime Archaeology.
- Goldstein, J. I., Scott, E. R. D., Chabot, N. L.
2009 Iron Meteorites: Crystallization, thermal history, parent bodies, and origin. *Chemie der Erde*, 69, 293–325.
- Graefe, E.
1971 *Untersuchungen zur Wortfamilie bjA*. Köln: PhD Dissertation.
- Grossman, J. N., Zipfel, J.
2001 The Meteoritical Bulletin No. 85. *Meteoritics & Planetary Science*, 36, A293–A322.
- Haak, H., McCoy, T. J.
2003 Iron and stony-iron meteorites. W: A. M. Davis, H. D. Holland (red.), *Meteorites, comets and planets. Treatise on Geochemistry*, t. 1 (s. 325–345). Oxford: Pergamon Press.
- Habashi, F.
1998 Meteorites: History, mineralogy and metallurgy. *Interdisciplinary Science Reviews*, 23(1), 71–81.
- Hall, H. R.
1903 86. Note on the Early Use of Iron in Egypt. *Man*, 3, 147–149.
- Hanning, R.
1995 *Großes Handwörterbuch Ägyptisch-Deutsch*. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern.
2003 *Ägyptisches Wörterbuch I. Altes Reich und Erste Zwischenzeit*. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern.
2006 *Ägyptisches Wörterbuch II. Mittleres Reich und Zweite Zwischenzeit*. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern.
- Harris, J. R.
1961 *Lexicographical Studies in Ancient Egyptian Minerals*. Berlin: Akademie Verlag GmbH.
- Helmi, F., Barakat, K.
1995 Microanalysis of Tutankhamun's dagger. W: F. A. Esmael (red.), *Proceedings of the First International Conference on Ancient Egyptian Mining & Metallurgy and Conservation of Metallic Artifacts* (s. 287–289). Cairo: Ministry of culture, Supreme council of antiquities.

- Helmy, H. M., Kaindl, R.
 1999 Mineralogy and fluid inclusion studies of the Au-Cu quartz veins in the Hamash area, South-Eastern Desert, Egypt. *Mineralogy and Petrology*, 65, 69–86.
- Hilmy, M. E., Osman, A.
 1989 Remobilization of gold from a chalcopyrite-pyrite mineralization Hamash gold mine, Southeastern Desert, Egypt. *Mineralium Deposita*, 24, 244–249.
- Humphris, J., Rehren, Th.
 2014 Iron production and the Kingdom of Kush: an introduction to UCL Qatar’s research in Sudan. W: A. Lohwasser, P. Wolf (red.), *Ein Forscherleben zwischen dem Welten* (Sonderheft MittSAG) (s. 177–190), Berlin.
- Humphris, J., Charlton, M. F., Keen, J., Sauder, L., Alshishani, F.
 2018 Iron Smelting in Sudan: Experimental Archaeology at the Royal City of Meroe. *Journal of Field Archaeology*, 43(5), 399–416.
- Hurnik, B., Hurnik, H.
 2005 *Materia kosmiczna na ziemi, jej źródła i ewolucja*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Jambon, A.
 2017 Bronze Age Iron. Meteoritic or not? A chemical strategy. *Journal of Archaeological Science*, 88, 47–53.
- Johnson, D., Tyldesley, J.
 2013 Analysis of a prehistoric Egyptian iron bead with implications for the use and perception of meteorite iron in ancient Egypt. *Meteoritics & Planetary Science*, 48(6), 997–1006.
 2016 Iron from the Sky. W: C. Price i in. (red.), *Mummies, Magic and Medicine* (s. 408–423). Manchester: Manchester University Press.
- Johnson, D., Grady, M. M., Lowe, T., Tyldesley, J.
 2014 Microstructural Analysis of a Predynastic Iron Meteorite Bead. W: R. Metcalfe, J. Cockitt, R. David (red.), *Palaeopathology in Egypt and Nubia. A Century in Review*. Oxford: Archaeopress Egyptology.
- Kaczanowicz, M.
 2019 *Egipt. Ostatnie wielkie imperium (747–332 r. p.n.e.)*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Knudtzon, J.
 1915 *Die el-Amarna-Tafeln mit Einleitung und Erläuterungen*. Leipzig: J. C. Hinriches’sche Buchhandlung.
- Krot, A. N., Keil, K., Scott, E. R. D., Goodrich C. A., Weisberg M. K.,
 2014 Classification of meteorites and their genetic relationships. W: A. M. Davis (red.), *Meteorites and Cosmochemical Processes*, t. 1: Treatise on Geochemistry Second edition (s. 1–63). Oxford: Elsevier.
- Kryza R., Pilski, A. S., Muszyński, A., Karwowski, Ł.
 2012 Petrologia – skład chemiczny i pozycja systematyczna Moraska i pokrewnych meteorytów żelaznych. W: A. Muszyński, R. Kryza, Ł. Karwowski, A. S. Pilski (red.), *Morasko. Największy deszcz meteorytów żelaznych w Europie Środkowej*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Leclère, F., Spencer, J.
 2014 *Tell Dafana Reconsidered: The Archaeology of an Egyptian Frontier Town*. London: The British Museum Press.
- Lipińska, J.
 1977 *Cywilizacja miedzi i kamienia. Technika starożytnego Egiptu*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

- Lukas, A.
1962 *Ancient Egyptian Materials & Industries. Third Edition.* London: Edward Arnold & Co.
- Maddin, R.
1975 Early Iron Metallurgy in the Near East. *Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan*, 15(2), 59–68.
- Malek, J.
Alfred Lucas's notes on conservation of objects from the tomb of Tutankhamun, Season 1925–1926, <http://www.griffith.ox.ac.uk/discoveringTut/conservation/4lucasn4.html> [do-step 13.03.2020].
- Manecki, A.
2010 *Meteoroty. Oblicza gości z kosmosu.* Olszanica: Wydawnictwo Bosz.
- Mapunda, B. B. B.
1997 Patching up Evidence for Ironworking in the Horn. *The African Archaeological Review*, 14(2), 107–124.
- McNutt, P. M.
1990 *The Forging of Israel. Iron Technology, Symbolism and Tradition in Ancient Society.* Sheffield: The Almond Press, The Sheffield Academic Press.
- Moorey, P. R. S.
1999 *Ancient Mesopotamian Materials and Industries. The Archaeological Evidence.* Winona Lake, Indiana: Eisenbrauns.
- Moran, W. L.
1992 *The Amarna Letters.* Baltimore and London: The John Hopkins University Press.
- Muhly, J. D., Maddin, R., Stech, T., Özgen, E.
1985 Iron in Anatolia and the Nature of the Hittite Iron Industry. *Anatolian Studies*, 35, 67–84.
- Neumann, J. G.
1848 Über die kristallinische Struktur des Meteoreisens von Braunau. *Naturwissenschaftliche Abhandlungen Wien*, 3, 45–56.
- Norton, O. R.
2002 *The Cambridge Encyclopedia of Meteorites.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Odler, M., Kmosek, J., Fikrle, M., Kochergina, Y. V. E.
2021 Arsenical Cooper Tools of Old Kingdom Giza craftsmen: First data. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 36, 1–16.
- Ogden, J.
2000 Metals. W: P. Nicholson, I. Shaw (red.), *Ancient Egyptian Materials and Technology* (s. 148–176). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pawlikowski, S.
1979 *Żelazo-Fe (Surowce Mineralne Świata).* Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne.
- Peake, H.
1933 The Origin and Early Spread of Ironworking. *Geographical Review*, 23(4), 639–652.
- Petrie, W. M. F.
1886 *Naukratis Part I.* London: Trübner & Co 57 & 59, Ludgate Hill E. C.
1897 *Six Temples at Thebes.* London: Bernard Quaritc 15, Piccadilly W.
- Petrie, W. M. F., Wainwright, G. A.
1912 *The Labyrinth, Gerzeh and Mazghuneh.* London: School of Archaeology in Egypt.
- Petrie, W. M. F., Murray, A. S., Griffith, F. L. L.
1888 *Nebesheh (Am) and Defenneh (Tahpanhes). Memoir of the Egypt Exploration Fund 4.* London: Trübner & Co 57 & 59, Ludgate Hill E. C.
- Pfeiffer, S.
2010 Naukratis, Heracleion-Thonis and Alexandria Remarks on the Presence and Trade Activities of Greeks in the North-West Delta from the Seventh Century BC to the End of the Fourth Century BC. W: D. Robinson, A. Wilson (red.), *Alexandria and the North-Western*

- Delta. Joint conference proceedings of Alexandria: City and Harbour (Oxford 2004) and The Trade and Topography of Egypt's North-West Delta, 8th century BC to 8th century AD (Berlin 2006)* (s. 15–24). Oxford: Oxford Centre for Maritime Archaeology.
- Photos, E.
1989 The Question of Meteoritic versus Smelted Nickel-Rich Iron: Archaeological Evidence and Experimental Results. *World Archaeology*, 20, 402–421.
- Piaskowski, J.
1982 A Study of the Origin of the Ancient High-Nickel Iron Generally Regarded as Meteoritic. W: T. A. Wertime, S. F. Wertime (red.), *Early Pyrotechnology* (s. 237–243). Washington DC: Smithsonian Institution.
- Pleiner, R.
2000 *Iron in archaeology The European Bloomery Smelters*. Praha: Archeologický ústav AVČR.
- Przylibski, T. A., Donhefner, H., Łuszczek, K.
2012 Ciała macierzyste meteorytów żelaznych jako złoża metali. *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*, 3, 72–103.
- Rainey, A. F.
2015 *The El Amarna Correspondence. A New Edition of the Cuneiform Letters from the Site of El-Amarna based on Collations of a Extant Tablet*, t. 1. Leiden-Boston: Brill.
- Ravillious, K.
2015 Iron from the Sky. *Archaeology*, March/April, 36–39.
- Rehren, Th. i in.
2013 5000 years old Egyptian iron beads, made from hammered meteoritic iron. *Journal of Archaeological Science*, 40, 4788–4792.
- Richardson, H. C.
1937 Iron Prehistoric and Ancient A Reply to Madame Hertz. *American Journal of Archaeology*, 41(3), 447–451.
- Robinson, D.
2018 The Depositional Contexts of the Ships from Thonis-Heracleion, Egypt. *The International Journal of Nautical Archaeology*, 47(2), 325–336.
- Rosta, L., Belgya, T., Kali, G., Kasztovszky, Z.
2013 Proof of the Meteoritic origin of mankind's earliest iron artefacts through neutron and X-Ray analysis. *Hungarian Archaeology E-Journal*, 1–5.
- Roth, A. M.
1992 The *psš-*kf** and the 'Opening of the Mouth' Ceremony – A Ritual of Birth and Rebirth. *Journal of Egyptian Archaeology*, 78, 113–147.
- Roth, M. T. i in. (red.)
2005 *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago (CAD)*, t. 12. Chicago: Orientale Institute.
- Sassoon, H.
1963 Early Sources of Iron in Africa. *The South African Archaeological Bulletin*, 18(72), 176–180.
- Scott, E. R. D.
1972 Chemical fractionation in iron meteorites and its interpretation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 36(11), 1205–1236.
- Scott, E. R. D., Wasson, J. T.
1975 Classification and properties of iron meteorites. *Reviews of Geophysics*, 13(4), 527–546.
- Semeels, V., Fluzin, Ph.
2001 Du Minerai à L'objet en Fer. Apport de L'Archeometrie. *Mediterranean Archaeology 14. The Origin of Iron Metallurgy: Proceedings of the First International Colloquium on the Archaeology of Africa and the Mediterranean Basin held at the Museum of Natural History in Geneva 4–7 June 1999*, 25–38.

- Sethe, K.
1907 *Urkunden des ägyptischen Altertums. IV. Urkunden der 18. Dynastie*. Leipzig: J. C. Hinrichs'sche Buchhandlung.
- Snodgrass, A.
1980 *Iron and Early Metallurgy in the Mediterranean*. W: Th. A. Wertime, J. D. Muhly (red.), *The Coming of the Age of Iron* (s. 335–374). New Heaven: Yale University Press.
- Socha, K., Suliga, I., Krawczyk, H.
2014 *Meteoryty – najstarszy materiał do wytwarzania narzędzi żelaznych? Acta Societatis Meteorologicae Polonorum*, 5, 104–114.
- Stevenson, A.
2009 *The Predynastic cemetery el-Gerzeh. Social Identities and Mortuary Practices*. Leuven: Peeters Publishers & Department of Oriental Studies Bondgenotenlaan 153.
- Thaisen, K. G., Lawrence A. T.
2009 *Meteorite fusion crust variability. Meteoritics & Planetary Science*, 44(6), 871–878.
- Thomas, R.
2017 *Tools and weapons*. W: A. Villing i in. (red.), *Naukratis: Greeks in Egypt. British Museum Online Research Catalogue 2013–2019* (s. 1–27). London: British Museum.
- Ueki, Sh., Mine, Y., Takashima, K.
2021 *Excellent Mechanical Properties of Teanite in Meteoric Iron. Scientific Reports*, 11, 1–8.
- Uhlig, H. H.
1954 *Contribution of metallurgy to the origin of meteorites. Geochimica et Cosmochimica Acta*, 6(5–6), 282–301.
- Valloggia, M.
2001 *La Maitrise du Fer en Egypte. Entre Traditions indigenes et Importations. Mediterranean Archaeology*, t. 14: *The Origins of Iron Metallurgy*, 195–204
- Vander Voort, G. F.
2004 *Metallography of Iron Meteorites. Advanced Materials & Processes* (February), 37–41.
- Villing, A.
2015 *Egyptian-Greek exchange in the Late Period the view from Nokradj-Naukratis*. W: D. Robinson, F. Goddio (red.), *Thonis Heracleion in Context The Maritime Economy of the Egyptian Late Period* (s. 229–247). Oxford: Oxford Centre for Maritime Archaeology.
- Wainwright, G. A.
1912 *The Iron Beads*. W: W. M. F. Petrie, G. A. Wainwright (red.), *The Labyrinth, Gerzeh and Mazghuneh* (s. 15–19). London: School of Archaeology in Egypt.
1932 *Iron in Egypt. Journal of Egyptian Archaeology*, 18, 3–15.
1936 *The Coming of Iron. Antiquity*, 10(37), 5–24.
- Waldbaum, J. C.
1978 *From Bronze to Iron, Studies in Mediterranean Archaeology*, t. 54, Göteborg: Paul Aströms Förlag.
- Wason, C. R.
1978 *Iron and steel. Acta Antiqua*, 26, 269–274
- Wertime, Th. A.
1973 *The Beginnings of Metallurgy: A New Look. Science* (New Series, 182(4115) (Nov. 30)), 875–887.
- Wilkinson, R. H.
1992 *Reading Egyptian Art. A Hieroglyphic Guide to Ancient Egyptian Painting and Sculpture*. London: Thames & Hudson Ltd.
- Williams, A. R., Maxwell-Hyslop, K. R.
1976 *Ancient Steel from Egypt. Journal of Archaeological Science*, 3, 283–305.

- Winlock, H. E.
 1921 The Egyptian Expedition 1920–1921: III Excavation at Thebes. *Metropolitan Museum of Art Bulletin* 16(11), cz. 2: *Egyptian Expedition for MCMXX-MCMXXI*, 29–53.
- Wuttmann, M.
 2001 La Metallurgie du Fer dans L’Egypte Ancienne. *Mediterranean Archaeology*, t. 14: *The Origins of Iron Metallurgy*, 205–207.
- Yang J., Goldstein, J. L.
 2005 The formation of the Widmanstätten structure of meteorites. *Meteoritics & Planetary Science*, 40(2), 239–253.

METEORITIC IRON IN ANCIENT EGYPT BEFORE THE LATE PERIOD

Summary

Meteorite iron is a valuable and rare resource that comes from outside the Earth. Iron meteorites that fell to the surface of our planet are the source of this resource, they rich in nickel and other rare elements. It distinguishes from other materials due to the content of nickel, cobalt and chromium, and also the resistance to corrosion, and a homogeneous structure characterized by specific patterns, such as Neumann lines or Widmanstätten patterns. Physicochemical analyzes of meteorites and the experimental research carried out on them allow us to obtain information about the methods and places of their extraction, the techniques of their processing and tools used in antiquity. The obtained data brings us closer to the history of this metal. In ancient Egypt, it was not a popular or common raw material.

Only three groups of subjects from different periods are included in database. Nevertheless, each of them, along with written texts, are valuable source for research. The status of meteorite iron in the country on the Nile River is not entirely clear, but it is undoubtedly strongly associated with the religious sphere and the person of the ruler and his immediate surroundings. These are prestigious, small items that are part of grave equipment enabling the deceased to pass to a new life and then serving him in the afterlife. Besides the first use of beads, later amulets, tools and weapons – no doubt personal ritual items – are perfect example of this. Texts, mostly religious, clearly define the heavenly nature of meteoric iron. Although until the times of the New Kingdom the terminology describing them is complicated and ambiguous, undoubtedly the connections between heaven and this metal are clearly visible. Regardless of whether the meteorite iron was processed in the area of ancient Egypt using local technology or imported from abroad as finished products, it was a wonderful and precious metal from heaven.

