

Popis přímé výroby železa

... na příkladu kusové pece s tenkou hrudí

Popis výroby železa v malé kusové peci je prakticky od počátku cílené výroby železa neměnný a technické specifiky jednotlivých zařízení odrážejí spíše zkušenost té které skupiny metalurgů. Přesto bude tento popis „tavby“ pracovat na příkladu pece s tenkou hrudí. Pec je z analogií známa též jako Imola podle typově shodných nálezů z Maďarska.

Pec s tenkou hrudí

Pec s tenkou hrudí /Imola/ je vestavěná pec. Základ pece je vykopán v jílovém stupni. Pouze hrudní část pece je modelovaná. Pec je vymazaná jílovým výmazem s příměsí písku. Pracovní prostor má tvar hrušky. Pracovní prostor má půdorysný průměr přibližně 350 mm, může být i poněkud protáhlý. Nístěj pece je mělká až svažité což naznačuje, že se z této pece struska odpichovala. Tento prostor má celkovou výšku až 500 mm a plynule přechází v zužující se šachtu. Celková výška pece je pouze 800 mm. Vzhledem k uchovatelnosti nejvyšších částí pece je vždy výška pece poněkud diskutabilní. Světlost kychty je do 150 mm.

Manipulaci v prostoru umožňuje rozměrný otvor tvaru podkovy široký a vysoký 300mm. Po dobu tavby je tento otvor uzavřen dyznovým panelem. Středem panelu je vedena hliněná dyzna, kterou je přiváděn vítr z měchů.

Stavbě pece je třeba věnovat patřičnou péči. Pec musí mít správně vymodelovaný tvar a materiál musí být dobře propracován s ostřivem. Při stavbě této pece se osvědčilo modelování hrudí rozšiřováním límců ze stran. Stavba klenby se naopak zpravidla díky plasticitě hlíny nedaří dle představ. Současně se stavbou pece je třeba připravit dyznové panely, tak aby pokud možno pasovaly do pracovního otvoru a dyzny, které jsou nejnamáhavější součástí pece.

Po postavení je třeba pec vysušit. Nejvhodnější by bylo pomalé přirozené vysoušení. Opakovaně se osvědčila možnost přisoušet i vlhkou pec mírným ohněm uvnitř i vně. Před započítím tavby se pec vysouší prudkým ohněm.

Příprava surovin

Přímá výroba zná pouze dvě suroviny. Zdrojem železa je železná ruda, která pro tento druh procesu musí být dostatečně bohatá. Jednak doba pobytu v redukčním prostředí není ideální a jednak bylo prokázáno, že období přímé výroby železa neznalo struskotvorné přísady. To se odráží na složení strusky, která obsahuje stále vysoké obsahy oxidů železa. Tyto strusky se v některých případech staly v novověku surovinou moderních železáren.

Železná ruda je před tavbou pražena, tím se z ní vypudí volná i vázaná voda a veškeré sloučeniny se převedou na oxidy. Ruda se tím zároveň i naruší. Tím je usnadněno rozdrčení rudy na vhodné zrnitosti. V poslední době se přidržujeme drcení rudy až na hrubší písek.

Druhou surovinou je dřevěné uhlí, které jednak poskytuje teplo nutné k dosažení teplot, při kterých redukce probíhá. Zároveň je zdrojem redukovala – oxidu uhelnatého.

Redukční proces

Vlastní redukční proces nazýváme poněkud nepřesně tavbou. Ve skutečnosti se taví pouze struska ale pojem tavba je natolik vžitý, že nemá smysl s ním polemizovat.

Tavba má tři fáze.

První fázi se pec připravuje pro redukci. Tato fáze začíná zalděním pece. Utěsnění a nasazení dyzny. Z připojeného zdroje vzduchu se do pece vsypává malé množství žhavých uhlíků. Po jednotlivých kouscích se přihazuje dřevěné uhlí tak aby se plynule rozhořovalo. Jakmile je zasypana úroveň dyzny, lze pec naplnit uhlím po kychtu. Od tohoto okamžiku se pec udržuje po celou tavbu stále plná.

Pokud je pec dobře vysušena, brzy hoří kychtové plyny unikající z pece – to je známkou, že hoření ve spodní části pece probíhá za dostatečně vysoké teploty. První fáze trvá alespoň jednu hodinu, po kterou se ustálí chod pece a tělo pece se dostatečně rozehřeje.

Druhá fáze tavby představuje rovnoměrné přísazování dřevěného uhlí a železné rudy. Hmotnostní poměr obou složek je 1:1.

Ruda vhozená do pece klesá spolu s uhlím pomalu, jak je uhlí v úrovni dyzny spalováno. Oxidy železa reagují s oxidem uhelnatým a vzniká metalické železo. Z pohledu částic to vypadá tak, že oxid uhelnatý, který zrno rudy omývá, redukuje jeho slupku a kov tak vzniká na povrchu zrna. V některých případech bylo ve výsledcích tavby možno pozorovat taková zrna s původním tvarem kusu rudy, které ale na řezu ukázaly, že se jedná o kovové otisky původního tvaru. Jak zrno rudy klesá, tak se zesiluje vrstva kovu a zároveň stoupá teplota. Ve chvíli kdy se zrno zahřeje na teplotu mezi 1200°C-1300°C zbylý objem rudy se roztaví a ze zrna vyteče, zůstává pouze pevná součást – železo. Protože dřevěné uhlí hoří prakticky jen v malém prostoru před ústím dyzny, vytváří se v této úrovni jakýsi pevný filtr, který zachytí pevné části a tekutou strusku propustí. Zrna železa se zde shlukují a vytvářejí tak zvanou železnou houbu.

Třetí fáze je fáze dohořívání a vyjmutí houby z pece. Proti sobě stojí dva postupy. První – metalurgický preferuje ponechání houby v peci po delší dobu. Odůvodněno je to zejména možnostmi dodatečného nahluštění houby a zlepšení tak kvalitu vyrobeného železe směrem k uhlíkové oceli. Druhá cesta je spíše ekonomická a radí nechat dohořívát pec pouze tak dlouho, aby se zpracovala poslední vsazená ruda. Následně se pec co nejrychleji vylomí, houba se vytáhne a bezprostředně pokračuje kovářské zpracování. Využívá se tak skutečnosti, že houba je v peci při kováčské teplotě a ušetří se na ohřevu.

Následné zpracování

Vyrobena železná houba není vhodným polotovarem pro výrobu užitkových předmětů. Jednak je potřeba z ní vytvořit kompaktní kus a jednak je potřeba železo homogenizovat a zbavit podstatné části struskových vměstků, kterých je v houbě velké množství. Děje se tak opakovaným ohřevem a kovááním. Původní kus při tom mohl být opakovaně dělen a kovářsky svařován pokud se nedosáhlo požadované jakosti materiálu. Výsledným produktem byl některý z typů hřiven – bočníkovité naseknuté, sekerovité.

Literatura:

Souchopová, V.: Počátky západoslovanského hutnictví železa ve světle pramenů z Moravy, studie Archeologického ústavu AVČR v Brně, Brno 1995

Barák, M.: Diplomová práce Experimentální výroba železa v peci s tenkou hrudí, VUT Brno 1995

GÖMÖRI, J.: THE BLOOMERY MUSEUM AT SOMOGYFAJSZ (HUNGARY) AND SOME ARCHAEO-METALLURGICAL SITES IN PANNONIA FROM THE AVAR - AND EARLY HUNGARIAN PERIOD, METALURGIJA 186 - JOURNAL OF METALLURGY, Serbia

<http://www.metalurgija.org.rs/mjom/vol12/No%202-3/10Gomori.pdf>

Hošek, J.: Metalografie ve službách archeologie, Archeologický ústav AV ČR Praha 2003

Souhopová, V. - Stránský, K.: TAJEMSTVÍ DÁVNÉHO ŽELEZA Archeologie objektivem mikroskopu,
Technické muzeum v Brně 2008

Agricola, G.: DE RE METALLICA LIBRI XII., BASILEAE MDLVI, Národní technické muzeum Praha 1976