

Spektrální analýza mechanismu Staroměstského orloje k určení jeho přibližného stáří

Michaela Brathová

Vedoucí práce: Ing. Petr Zikmund, ak. soch. Petr Skála, Jan Bondra

Abstrakt

Otazníků nad původem jednotlivých částí Staroměstského orloje je dnes velmi mnoho. Pokud by se prokázalo, že některé části orloje jsou zhotoveny ze stejného materiálu, bylo by oprávněné se domnívat, že pocházejí ze stejné doby a od stejného autora. V první fázi byly vytipovány součásti, které by mohly být ze stejného období. V další fázi byly analyzovány části s cílem prokázat, že není shoda ve složení materiálu a mohl by se potvrdit předpoklad, že jsou mladší, případně starší. K měření byla použita nedestruktivní metoda spektrální analýzy - konkrétně se jednalo o ruční rentgenový spektrometr. Součástí textu je i tabulka naměřených hodnot.

1. Úvod

Pražský orloj na Staroměstském náměstí je jednou z nejvýznamnějších památek, které se v našem hlavním městě nachází. Tato pamětihodnost patří mezi nejznámější a nejkrásnější orloje na celém světě.

Pražský orloj se sestává z několika částí. Z astronomického ciferníku, z něhož lze odečíst astronomické cykly, polohu Slunce a to, kterými souhvězdím zvěrokruhu zrovna prochází. Také z něj můžeme zjistit polohu Měsíce a jeho vzájemné postavení ke Slunci. Pod ním je umístěna kalendářní deska, ze které je možné odečíst aktuální měsíc (měsíce jsou vyobrazeny jako činnosti, které se v daném období běžně dělali např. žně), den a nepohyblivé svátky křesťanského kalendáře. Každou celou hodinu je v oknech nad astronomickým ciferníkem vidět průvod apoštolů. Celý orloj je dále ozdoben sochami, z nichž některé jsou pohyblivé. Nejznámější z nich jsou kostlivec, kohout a lichvář. [1]

Celý orloj je funkční díky mechanismu, který je původní a byl podle dochovaných opisů dokumentů sestaven v 15. století. Celá staletí byl mechanismus považován za dílo mistra Hanuše z konce 15. století. Tato informace pochází od orlojníka Jana Táborského, který roku 1570 sepsal Zprávu o orloji pražském, ve které píše o tom, že pamětníci z doby výstavby zažili tvůrce a správce orloje mistra Hanuše. Avšak v roce 1960 byla nalezena kniha s dosud neznámým opisem této zprávy, který dal zhotovit radní Starého Města v roce 1587. Postupně byla tato kniha doplňována orlojníky, a tak se do ní dostal přepis listiny purkmistra z roku 1628. Tato listina popisuje zhotovení orloje Mikulášem z Kadaně a je datována 9. října 1410. Vznik orloje na počátku 15. století podporuje i parlérovský styl kamenného ostění astronomických hodin. Též jejich vlastní konstrukce odpovídá spíše začátku 15. století. Nicméně se v listině purkmistra vyskytuje zmínka o mistru Albrechtovi, který měl spravovat orloj před ním. [1]

Všeobecně je přijímána teorie o zhotovení orloje Mikulášem z Kadaně na počátku 15. století, avšak vyvstává mnoho otázek o původním autorovi Pražského orloje, a tak se nynější správci rozhodli zjistit jeho původ pomocí složení materiálu jeho mechanismu.

2. Spektrální analýza

Pro zkoumání chemického složení byla zvolena nedestruktivní metoda spektrální analýzy. Použit byl přístroj DELTA PROFESSIONAL od firmy BAS Rudice s.r.o., který využívá technologii X-Act Count. Tato technologie funguje na bázi metody XRF neboli rentgenové fluorescenční spektrometrie. Metodu XRF je možné použít pro analýzu pevných kovových vzorků, tenkých kovových vrstev a různých dalších materiálů. Tato metoda se řadí mezi metody rychlé a spolehlivé. [2]

Principem metody je ozáření vzorku rentgenovou trubicí primárním svazkem paprsků. Dopadající rentgenové paprsky jsou absorbovány, a tím jsou z látky emitovány elektrony. Tyto elektrony se nazývají fotoelektrony a celý tento jev se nazývá fotoelektrickým jevem. Každý prvek potřebuje pro vymrštění elektronu specifickou vlnovou délku záření. Díky tomu mají odražené paprsky také různou vlnovou délku. Jejich hodnoty jsou zachyceny detektorem a intenzita je porovnávána s tabulkovými hodnotami. Tím je určen prvek obsažený v materiálu.[3] [4]

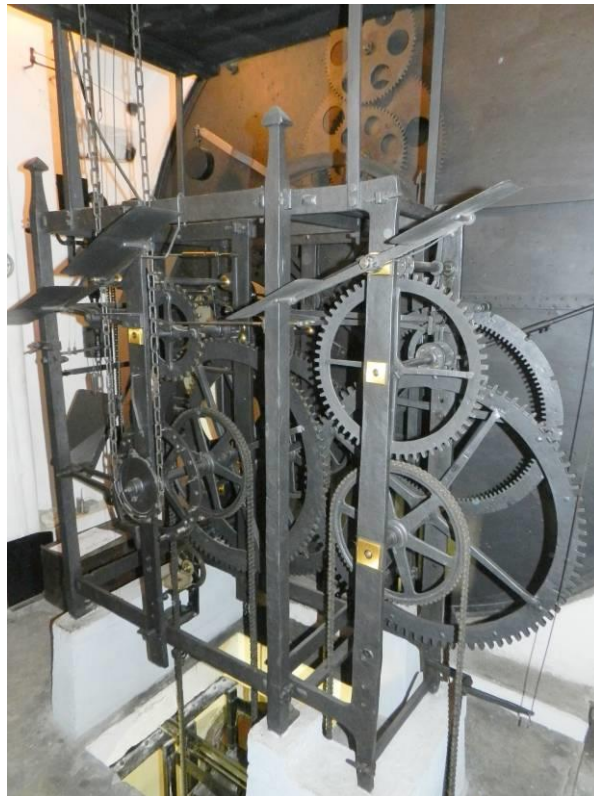
Použitý přístroj využívá velkoplošného SDD detektoru, díky němuž dosahuje výjimečných detekčních limitů a citlivosti i pro prvky Mg, Al, Si, P, S a další, které se vyskytují v malých procentuálních množstvích. [2]

3. Postup měření

Důvodem k měření je zjištění, zda byl Pražský orloj zkonstruován jedním autorem nebo pochází od různých autorů a z různé doby. Před samotným měřením byly vytipovány součásti, o kterých se předpokládá, že pochází od stejného autora a ty, o kterých se myslí, že jsou mladší, popřípadě starší.

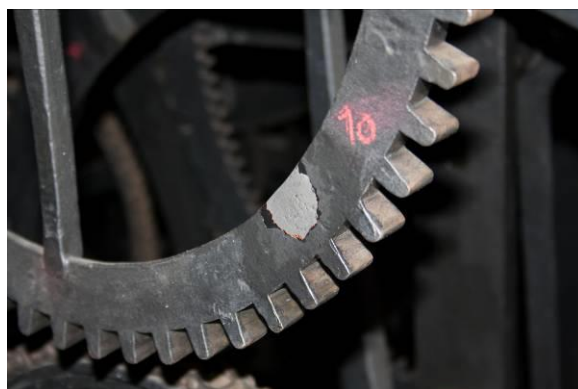
K provedení materiálových zkoušek byly určeny tyto součásti:

- 1 rám bicího stroje - původně části velikých hodin nahoře na věži
- 2 severozápadní rohový sloupek vpravo - Mikuláš z Kadaně nebo Albrecht
- 3 severovýchodní rohový sloupek vlevo - Mikuláš z Kadaně nebo Albrecht
- 4 bicí kolo - považované za dílo Mikuláše z Kadaně
- 5 paprsek téhož bicího kola
- 6 kolo apoštolského stroje - zdá se mladší podle tvarů zubů
- 7 paprsek téhož kola
- 8 hřídel téhož kola
- 9 hřídel hlavního kola bicího
- 10 mezilehlé kolo stroje bicího - původem snad od Mikuláše z Kadaně
- 11 kolo ekliptiky- původem snad od Mikuláše z Kadaně
- 12 kolo Měsíce - datované do 19. stol. - s méně zuby, možná je mladší a opravené
- 13 hlavní kolo jicího stroje – původem buď od Mikuláše z Kadaně nebo Albrechta
- 14 jihozápadní rohový sloupek – podle hlavy novější
- 15 velké závěrkové kolo - nejspíš Mikuláš z Kadaně
- 16 malé závěrkové kolo - autor neznámý
- 17 paprsek ozubeného kola kalendária - autor neznámý, snad Mikuláš z Kadaně



Obr. 1. Mechanismus Pražského orloje

Místa určená k měření se speciálně upravovala kvůli jeho větší přesnosti (bez ovlivnění zkoušeného materiálu nátěrem). Z míst pro měření byly ocelovým hrotem důkladně odstraněny vrstvy barev. Na rámu byly nanесeny tři vrstvy. Jako základní vrstva byla použita suříková barva, která se vyrábí z oxidů olova. Na něm se nacházel černý email a na povrchu byla vrstva grafitového laku. Stejným způsobem byla odstraněna zkorodovaná místa. Zbytky barev z oškrabaných míst byly očištěny pomocí vatového tamponu napuštěného čisticím prostředkem (Pulirapid), na bázi slabé kyseliny fosforečné a neionogenních tenzidů. Tento prostředek byl zvolen na základě zkušenosti s dobrou schopností odstraňovat korozi. Napuštěné vatové tampony byly ponechány 3 hodiny na čištění ploše a poté byly sejmuty. Tímto postupem byly plochy očištěny a zároveň pasivovány. Následovalo mechanické čištění pomocí ocelového kartáče s průměrem drátů $d = 0,15$ mm za přidání suspenze vody a pemzového prášku, prodávané pod obchodním názvem Torro. Poté byla místa omyta vodou a vysušena. Nakonec byla místa impregnována jemným olejem proti vzniku koroze. Po této úpravě byla provedena měření ručním analyzátořem DELTA PROFESSIONAL. [5]



Obr. 2. Plocha pro měření spektrometřem

4. Naměřené hodnoty

Tabulka 1. – Hodnoty naměřené spektrometrem

Vzorek	Si	P	S	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Zr	Sn	Pb
10	2,2593	0,2385	0,2011	-	-	-	0,0373	97,26	-	-	-	-	-	-	-
5	1,9768	0,2358	0,1764	-	-	-	0,0343	97,3	-	-	-	-	-	0,0717	0,2034
9	0,7624	0,079	0,1187	-	-	-	-	99,04	-	-	-	-	-	-	-
3	1,4082	0,1209	0,2627	-	-	-	0,0524	97,72	-	-	-	-	-	-	0,4371
6	1,5628	0,223	0,2777	-	-	-	-	97,94	-	-	-	-	-	-	-
2	2,6100	0,1404	-	1,03	0,455	-	0,1737	85,17	-	-	0,0653	1,6025	0,0146	-	8,74
1	2,6000	0,0958	0,0897	-	-	-	-	97,22	-	-	-	-	-	-	-
2	1,7208	0,1219	0,1393	-	-	0,0222	-	97,94	-	-	-	-	-	-	0,052
4	3,4600	0,2454	0,3012	-	-	-	-	95,9	-	-	-	-	-	-	0,099
15	2,0308	0,1789	0,1263	-	-	0,0204	-	97,51	-	-	-	-	-	0,0337	0,1037
16	1,6207	0,465	0,2426	-	-	-	-	97,67	-	-	-	-	-	-	-
12	1,0712	0,1562	0,7749	-	-	-	-	97,57	-	-	0,2332	-	-	0,0388	0,1512
14	1,9616	0,1593	0,2433	-	-	-	-	97,35	-	-	-	-	-	-	0,2892
11	1,2209	0,0907	0,2929	-	-	-	-	98,22	-	-	-	-	-	-	0,1747
7	2,2068	0,1341	0,2561	-	-	-	0,0391	97,18	-	0,0982	-	-	-	-	0,089
8	1,7557	0,0524	0,1314	-	-	-	0,094	97,88	-	-	-	-	-	-	0,0869
nátěr	5,6400	-	-	12,8	6	0,34	0,6561	30,93	1,39	-	0,5066	5,15	0,1495	-	36,43
zub na vzorku 4	0,5479	0,1613	0,418	-	-	-	-	98,83	-	-	-	-	-	-	0,0466
13	1,9303	0,1332	0,6877	-	-	-	0,0501	97,1	-	-	-	-	-	-	0,1034

Čísla vzorků se shodují s označením, viz kapitola 3.

5. Závěr

Z tabulky je zřejmé, že chemické složení materiálu, ze kterého je mechanismus orloje vyroben, se různí. Z toho se dá předběžně vyvodit, že se materiál zpracovával v různých dílnách. Myslím si, že je více než nepravděpodobné, že by si jeden autor objednával zpracování součástí v různých dílnách. Díky tomu se dá předpokládat, že autorů bylo více.

Avšak je též možné, jak je patrné z měření vzorku 2, zvýrazněného v *tabulce 1*, že měření mohlo být ovlivněno nepřesnostmi způsobenými lidským faktorem. Z měření tohoto vzorku je patrný vysoký podíl olova ve srovnání s ostatními vzorky. Jak je uvedeno výše, jednou z vrstev nanesených na povrchu mechanismu byla suříková barva vyráběná z oxidů olova. Předpokládám, že tato chyba vznikla nedostatečným očištěním povrchu měřené plochy od této barvy.

Také poměrně velké rozdíly v obsahu křemíku mohou být zapříčiněny nedostatečným očištěním zkoušeného povrchu od impregnačního oleje nebo nehomogenitou zkoušeného materiálu.

Vyhodnocování výsledků bude v tomto případě velmi složité. Vzhledem k nepřesnostem bude potřeba měření provést ještě jednou na pečlivěji připravených plochách se širším statistickým souborem hodnot.

Seznam použité literatury

- [1] *Pražský orloj* [online]. 2009 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://www.orloj.eu/>
- [2] *Delta profesional, ruční analyzátor kovu* [online]. 2012 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://www.bas.cz/>
- [3] *LSM analytical services: XRD and XRF: A brief early history of the use of x-rays for analysis.* [online]. [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://www.lsmanalytical.com/xrf-and-xrd.aspx>
- [4] *Fyzikální podstata* [online]. 2006 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/>
- [5] *Pulirapid* [online]. 2009 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://www.digitalniweb.cz/>