

A forrást ezen a linken találtam:

<http://www.scientix.eu/web/guest/resources/details?resourceId=3421>

de pillanatnyilag itt nem érhető el az eredet angol nyelvű anyag, ezért azt is mellékelem.

A kémia és a kulturális örökség fémtárgyai

Bevezetés

A kémia és a kulturális örökség fémtárgyai

Mi jut eszedbe először a korrózió szót hallva? Valószínűleg a vöröses színű rozsdabevonat a régi fémtárgyakon. Valójában az igazság az, hogy a korróziós hatás majdnem minden tárgyat érint. Nagyon összetett problémáról van szó, amit nagyon sok tényező idéz elő, ahogyan az a következőkben történelmi fémszobrok konkrét példájának bemutatásán keresztül kiderül.

A fémek többsége a környezettől függően korróziós szempontból háromféleképpen viselkedik. Azt az állapotot, amikor a fém nem korrodál környezeti hatásra, passzív állapotnak nevezzük. A légköri korrózió ellenálló fémek tipikus példája az arany. A bevezetőben említett rozsdá, vagyis a vas-oxid-hidroxid, a légköri hatásoknak kitett, aktív állapotú vason jelenik meg. Ez azt jelenti, hogy a fém felszíne korrodálódik, oxidok keletkeznek, amelyek leválva a fém felszínéről, szabaddá teszik az utat a csupasz fém további korróziójához. Ha a fémtárgyat nem kezelik időben, a fémtárgy teljes egészében elkorrodál, valójában eltűnik. A korrózió szempontjából legutolsó lehetséges viselkedés a passzivitás. Ebben az esetben is korrodálódik a fém felszíne, azonban a keletkező vegyület védő oxidréteget képez a fém felszínén. Ez az oka például a titán, az alumínium és a rozsdamentes acél korrózióval szembeni ellenálló képességének. Ha a keletkező réteg megváltoztatja a fém felszínének megjelenését, patinának nevezzük. Ez egy, a korrózió termékéből kialakuló védőréteg, ami megóvjaa a fémtárgyat a további oxidációtól. A patina adja a történelmi emlékművek jellegzetes megjelenését és gyakran mesterségesen alakítják ki. Egy példa a légköri hatásnak kitett fém felszínén megjelenő patinára a réz, ami tiszta formában az ércek redukációjával keletkezett hozzávetőleg i.e. 3500 körül. A réz felszínét, amit mindannyian ismerjük a templomok és katedrálisok tetejéről, zöld színű brochantit, $\text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{SO}_4$ tetra-réz-hexa-hidroxo-szulfát borítja (1. ábra).

Jelenleg a leggyakoribb építőanyagok a fémötvözetek (elsősorban a vas), utánuk következnek az alumínium alapú fémötvözetek.

A történelmi idők óta a rezes és ötvözeit, a bronzot és a sárgarezes széles körben használják. A szobrokat és egyéb tárgyakat gyakran nemesfémmel borították. A legelterjedtebb gyakorlat az aranyozás volt, két fő ok miatt. Az egyiket már említettük: az arany korrózióval szembeni kiváló ellenálló képessége. A másik: olyan hatást kelteni, mintha a szobor tiszta aranyból készült volna.

Most térjünk rá konkrét példákra, két híres fémszobor esetére. Ebben az esetben a helyreállítás nyilvánvaló feladata a sérült részek kijavítása, egyes különálló részek megelőző, korróziót megakadályozó kezelése és amennyire lehetséges, olyan korrózióvédelmi és mechanikai beavatkozások végrehajtása, amelyek megakadályozzák az emlékmű további károsodását.

Az egyszerű díszítő szerepen túlmutató funkciójú történelmi emlékművek esete még összetettebb. Az a kérdés, hogy vajon egyszerűen csak megóvni (konzerválni) kell a tárgyat, vagy visszaadni funkcionális értékét akár az eredetisége részleges elvesztése árán. Az ilyen ellentmondásos esetekben a tárgy tulajdonosáé a döntő szó.

Első példánk az olmtüzi Szentháromságoszlop renoválása. A barokk emlékmű jelentősége túlmutat Morvaország és Csehország határain, az UNESCO Világörökségi Listáján is szerepel. A fémből készült Szentháromságoszlop szobrai hajlított (vagyis vert réz) lemezekből állnak. A szobrok felszínének látható részeit égetett arannyal borították be. A szobrokat belülről kovácsoltvas rudakból álló vázszerkezet tartja. Szintén kovácsoltvasat használtak az egyes elemek megtámasztására és a szobor tartóoszlophoz való rögzítésére is.

2. ábra: Fémszobrok a Szentháromságoszlop tetején

A legkomolyabb károsodás a Mihály Arkangyal-szobor támasztékán figyelhető meg, valamint a Szentlélek napszimbólumán, beleértve az oszlopfőre épített és ólomba ágyazott keresztartó főgerenda szalagjait és bilincseit is.

3. ábra: Tömör rozsdaréteg a főgerendán

A korrózió jelentősen megtámasztotta a felszíni, látható részeket az építés, az állandó nedvesség, a rátelepedő szennyeződés vagy a rajta végigcsorgó, a réz korróziója során keletkező korróziós termékek

miatt. Nagy szerepet játszik a vasból készült részek korróziójában a két különböző fém érintkezésekor kialakuló vas-réz galvancia cella megjelenése (4. ábra).

4. ábra: Az erősen korrodált kovácsoltvas támaszték nagy térfogatú korróziós termékei által kifejtett nyomás következtében károsodások jelennek meg az aranyozott réz bevonatán

Az öntött vasból készült részeket vas-króm-nikkel rozsdamentes acéllal helyettesítették. Felmerül a kérdés, vajon etikus-e történelmi anyagokat modernekkel kiváltani. Ebben az esetben csak a belső támasztórendszert cserélték ki, ami az emlékmű külső megjelenésére nem volt hatással. Továbbá az emlékmű készítésének idejében (1716-1753) kizárólag az öntött vas volt olyan ismert anyag, amiből az erős fizikai hatásnak kitett részeket készíthették. Jelenlegi tudásunk szerint a nem megfelelő anyagból készített támasztószerkezet az egyik fő oka annak, hogy a szobrot ismét fel kellene újítani.

A kovácsoltvas anyacsavarokat, amelyek közvetlenül érintkeznek az aranyozott réz felszínével, rézcsavarokra cserélték. Ez megoldotta a vas-réz galvánelem problémáját, valamint a rozsdásodásból eredő, a szobor külső felszínén megjelenő oxidációs termékek okozta szennyezést. A támasztórendszer minden eleme cinkben gazdag epoxigyanta elsődleges borítást kapott. A szobrok alsó részeinek réz felszínén elvezető nyílásokat alakítottak ki, hogy ezáltal csökkentsék az összegyűlő esővíz mennyiségét.

A szobrok aranyozott felszínét vastagon borították a réz korróziójából származó anyagok (5. ábra), melyeket el kellett távolítani. Ezt részben kémiai oldással, részben mechanikai tisztítással valósították meg. Az eljárás után kiderült, hogy az eredeti aranyozott rész meglepően nagy területen maradt fenn (6. ábra).

5. ábra: A Krisztusfej a réz korróziós termékeivel borítva

6. ábra: A Krisztusfej a korróziós kéreg eltávolítása után

Az égetett aranyréteget viszonylag nagy vastagság és nagy ellenálló képesség jellemzi. Másrészt a rétegen számos lyuk képződött. Amikor az esővíz eléri a nyílásokat, az aranyozott réteg alatt megindul a korrózió (7. ábra). A keresztreszből vett minta mikroszerkezetének fotóján látszik, hogy néhány ponton az arany csak a réz korróziós termékével érintkezik. Az aranyréteg ezáltal fellépő kisebb adhéziója miatt ezeken a pontokon az alsó réteg korrodálódott. A sérült arany részleges helyreállítására és retusálására aranyfüstfóliából álló bevonatot használtak, de leggyakrabban aranyporral telített akrillakkot. A különleges részek helyreállítására az aranyozás eredeti technológiájának naprakész módosítását fejlesztették ki.

7. ábra: A réz korróziós termékének felszínén lévő sérült aranyozás mikrofotója

A fémből készült emlékművek másik példája a Pogyebrád város terén álló Pogyebrád György cseh királyt ábrázoló lovas szobor, amit a prágai UCT-vel együttműködésben újítanak fel (8. ábra). A szobor kovácsoltvas vázra erősített vert rézből készült. A közel 100 évnyi léghatásnak kitett szobor vészes állapota szükségessé tette az emlékmű teljes felújítását.

8. ábra: Pogyebrád György király lovas szobra

A vészhelyzet kialakulásának a fő oka ismét a nem megfelelő használat és a szobor tartóvázának ebből adódóan bekövetkező erős korróziója volt (9. ábra).

9. ábra: A vasváz korróziós károsodása a kétféle tartó vaskarima kapcsolódási pontjainál

A korróziós sérülés mechanikai károsodásokkal társult a vasváz és a réz érintkezési pontjainál (szintén látható a 9. ábrán). A repedezést/töredezést részben a jelentős mennyiségű korróziós termékek, részben a szobor repedéseiben, üregeiben megfagyó esővíz okozta.

Az emlékmű teljes felújítása során számos korrózióvédelmi kezelést hajtottak végre. A vasváz sérült részeit rozsdamentes króm-nikkel acéllal helyettesítették. Az eredeti kovácsoltvas részeket poliuretános cink-tartalmú alapozóval vonták be, majd egykomponensű poliuretán-kátrány kombinációval fedték. További korrózió elleni akadályként PTTE-t (poli-tetrafluor-etilént) telepítettek, hogy elzárják az ionok vándorlási útvonalát a vasszerkezet és a réz felszín között a festék sérülése esetén a kialakuló galvancia cellában. Vízvezető részeket illesztettek a réz felszínére, hogy elvezessék az esővizet a szobor belsejéből. Kiválasztották és kipróbálták a szobor felszínén kialakuló patinaborítás kezelésének megfelelő módszerét. A szobor borításának minden része levehető, ami lehetővé teszi a szobor belső terének rendszeres karbantartását.

A 10. ábrán látható az emlékmű állapota a fent említett karbantartások után. A 9. és a 10. ábra ugyanazokat a részleteket mutatja a felújítás előtt és után.

10. ábra: A korrózióvédelmi kezelés dokumentálása (a rozsdamentes tartógyűrűs vízvezető nyílások PTFE-csapokkal, védőfestékkel)

Minden tartósító és korrózióvédő kezelés után összegezhetjük, hogy a szobor várható élettartama több száz évvel növekedett.