

ANALIZA CONSTRUCȚIEI DIN CUPRU

Autor: Diuța Vladislav

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare se analizează cazul statuii libertății, luat ca prototip al unei construcții din cupru. Se analizează tehnologiile folosite în construcția statuii libertății și lucrările de restaurare întreprinse în perioada ei de existență, din care se evidențiază proprietățile cuprului ca material de construcție.

Cuvinte cheie: statuia libertății, cupru, armatură, fier tulburat, coroziune galvanică, ței, bare, patină.

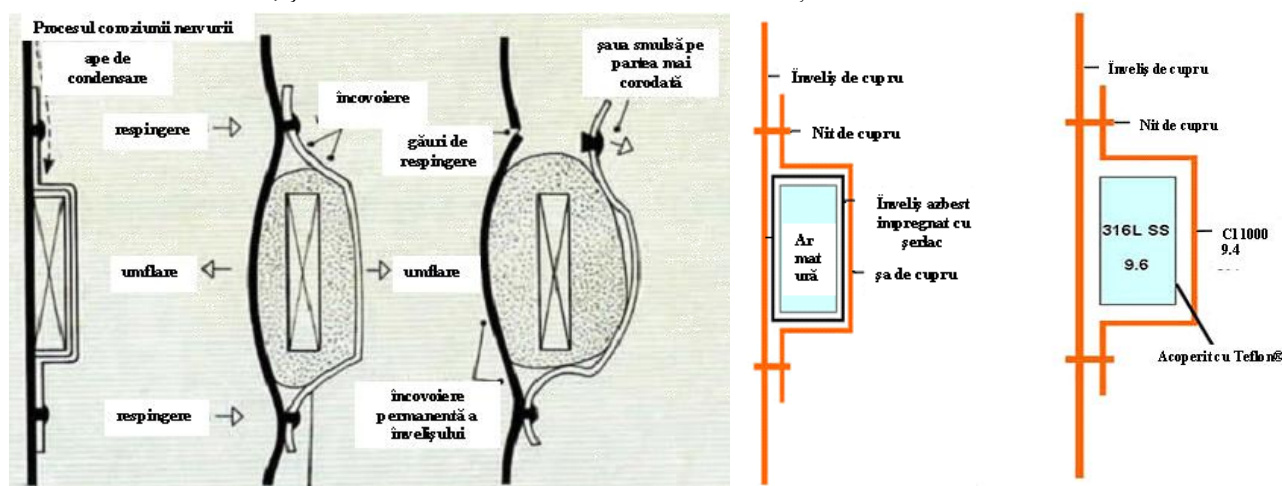
Statuia libertății: înălțimea statuii de cupru - 46 m; de la fundația postamentului (nivelul solului) la vârful torței - 93 m; de la călcâi la vârful capului - 34 m; înălțimea capului de la bărbie la craniu - 5,26 m; lățimea capului de la ureche la ureche - 3,05 m; lungimea brațului drept - 12,8 m; brațul drept cea mai mare grosime - 3,66 m; lățimea taliei - 10,67 m; înălțimea pedestalului - 27,13 m; înălțimea fundației - 19,81 m; greutatea materialului utilizat în statuie (tone metrice): cuprului - 27,22; oțelului - 113,4; greutatea totală a statuii (tone metrice) - 204,1; grosimea foi de cupru - 2,4 mm. Proiectată de Frederic Auguste Bartholdi și ridicată mai întâi la Paris în 1884, apoi demontată, ambalată în 214 lăzi, transportată peste Atlantic și ridicată din nou pe 28 octombrie 1886 pe insula Bedloe în portul New York.

Construcția. Scheletul statuii este fabricat din circa 250000 lb-uri (1lb = 0,45359237 kg) de fier tulburat. Coloana ei vertebrală este un pilon care conține scări spirală dublă. Patru piciorușe sprijină pilonul, fiecare conectate prin nouă nivele de bare orizontale și brațe diagonale încrucișate. Există, de asemenea, un cadru secundar, sau armatura, care se conformă cu conturul exterior al statuii. Armatura constă din aproximativ valoarea unei mile (1 milă = 1,609344 km) de bare de fier tulburat, mai multe decât 1300 din ele, 2 inch-uri (1 inch = 2,54 cm) lățime la 5/8 inch-uri grosime și o greutate de aproximativ 20 lb-uri fiecare. Pe baza sculpturii artistului a fost făcută o secvență de modele de mărime în creștere până când modelul a fost împărțit în secțiuni și dimensiunea proprie a fost atinsă. Au fost confecționate matrite din lemn, și aproximativ 80 de tone de tablă de cupru, inițial aproximativ un sfert de inch grosime, au fost tăiate ciudat în 300 de bucăți și apoi cu ciocanul de mână au fost bătute în aceste forme pentru a forma învelișul statuii - proces numit repoussé. Ciocănirea le-a redus aproximativ 3/32 de un inch grosime. Secțiunile de înveliș de cupru sânt atașate la armatură prin 1500 șei de cupru în formă de U, cu aproximativ 300000 de nituri de cupru. Împotriva coroziunii galvanice între metale diferite, joncțiunea dintre cupru și fier a fost izolată cu un strat de înveliș azbest impregnat cu șerlac. Designul șa a fost ingenios. Cuprul și fierul se dilată și se contractă la rate diferite. Deci, libera circulație a metalelor separate le-a permis să se acomodeze la schimbările de temperatură, precum și alte condiții meteorologice.

Preocupări de reparație. Interiorul carcasei de cupru și armatura de fier au primit mai multe straturi de acoperire de protecție de-a lungul anilor, inclusiv gudron (smoală) de cărbune, aluminiu și plumb. Aceste acoperiri s-au deteriorat și cojit, furnizând buzunare în care a fost prinsă umezeala și ar putea apărea coroziunea. Pentru a îndepărta straturile vechi (aproximativ 10 straturi), suprafețele au fost mai întâi defalcate cu azot lichid la -350 °F (176,6 °C), și apoi detunate la 50 psi (1 psi = 6894,75729 Pa), cu 100 de tone de bicarbonat de sodiu gros granulat. Metoda nu a lăsat nici un produs coroziv. Cu toate acestea, deoarece bicarbonatul de sodiu atrage apa, au fost solicitate uscătoare în compresor și la ștuț. Suprafețele recent curățate în cele din urmă au fost tratate cu benzotriazol pentru a preveni corodarea în continuare a fisurilor. Fierul tulburat a fost detunat cu un abraziv de oxid de aluminiu, după care a fost aplicat un grund de zinc anorganic pe bază de apă ca un inhibitor de rugină. Acesta a fost urmat de un strat de poliuretan de acoperire pentru protecția graffiti.

Reparația armaturii. Cele mai mari probleme au venit de la coroziunea barelor de fier. Mult a fost de la umiditate, dar majoritatea a fost de la coroziuni galvanice. De-a lungul anilor de îndoire și îmbătrânire, șerlacul a secăt și azbestul a devenit uscat și poros. Acum, ceea ce a fost lăsat de la stratul protector a absorbit umezeala și a promovat de fapt contact electrolitic și coroziune galvanică. Coroziunea accelerată a fierului l-a determinat să se umfle și să se deformeze. Aceasta, la rândul său, a provocat niturile șeilor să fie trase prin învelișul de cupru în multe locuri ... de fapt, circa 600 de șei au fost afectate. Această condiție a

fost rapid agravată și a fost un motiv principal de a întreprinde restaurarea statuii. Inginerii au decis că fierul tulburat în suprastructură trebuie să fie înlocuit complet. Pentru barele plate rigide ce acoperă armatura și cadrul secundar, ei au ales Ferralium 225. Pentru armatură, examinarea a fost pentru reducerea coroziunii galvanice cu învelișul de cupru. Pentru a determina acest lucru, mai mulți candidați au fost testați la Que La Corrosion Lab în Carolina de Nord. Testele au fost efectuate folosind patru materiale candidate pentru armatură: Cu61300 bronz cu aluminiu; Cu71500: Cupru-Nichel; 316L: 531603 oțel inoxidabil; F-4883: Ferralium; (oțel laminat la rece a fost folosit pentru comparație). Ele au fost cuplate la o foaie de cupru Cu11000 și forme de șa cu nituri de cupru. După 4 ani și jumătate (echivalent cu 100 de ani de expunere), alegerea a fost oțel 316L. El are cea mai bună combinație de rezistență la coroziune și proprietăți fizice - elasticitate, rezistență, greutate, flexibilitate și fabricabilitate. 316L are o rezistență de curgere destul de scăzută, astfel încât poate fi prelucrată la rece pentru a se conforma la conturul învelișului de cupru. Barele au fost recoapte cu o tehnică de curent direct pentru a elimina orice probleme de coroziune. De asemenea, caracteristicile sale de expansiune termică sânt mai bine adaptate la cupru decât fierul tulburat, astfel încât mișcarea în șa ar fi redusă. Pentru a ajuta reducerea ulterioară a problemelor de frecare, barele inox au fost acoperite cu Teflon®. Acum, fără nici un strat de izolare care ar limita observarea, joncțiunile pot fi ușor inspectate, așa cum sânt anual, și întreținute...dacă vreodată devine necesar. La zece ani după restaurare, în 1996, echipa de inspecție a menționat că problemele de coroziune au fost corectate, că instalația a rămas rezistentă la coroziune, și că stă foarte bine în al doilea secol de viață.



Tot ce a rămas acum, au fost considerațiile pentru învelișul de cupru, în sine. Măsurările efectuate pentru analiza ingineriei restaurării a arătat că rata de coroziune a cuprului după primii 100 de ani a alcătuit doar 5% - mai puțin de 0.005 țoli (1 țol = 11.663805 grame). Mecanismul de coroziune pentru cupru este oxidarea devreme peste primii 10-25 ani și apoi stabilizarea, o dată ce patina s-a format deplin. Deși unele zone ale patinei s-au format mai închise decât altele, acest lucru nu a fost rezultatul unei rate de coroziune diferite. Mai degrabă, a fost considerată a fi din cauza eroziunilor de patină în anumite locuri. Cu alte cuvinte - strict cosmetice. Echipa de restaurare, după o examinare atentă și aprofundată, a decis să nu deranjeze patina existentă. Unde gudronul de cărbune a pătruns de la interior, au folosit burghie dentale și alte scule pentru a-l elimina cu atenție. Pentru acumularea de 100 de ani de gresie a intemperiiilor și murdărie, au folosit numai apă proaspătă sub presiune. Au fost câteva puține zone în care s-au acumulat lichide și au cauzat coroziune anormală, și alte zone care au fost afectate în mod mecanic. Aceste zone au fost peticite. Cuprul corodat a fost eliminat. Nou cupru de aceeași grosime a fost apoi instalat, fie prin nituire sau lipire. Și, apoi, bucata a fost artificial patinată cu o soluție de sulfat de cupru pentru a se potrivi zonei înconjurătoare.

Cuprul a fost în mod clar o idee bună mai mult de 100 de ani în urmă. Acum, cu progresele tehnologice, cuprul astăzi este o idee chiar mai bună: pentru frumusețe, pentru căldură, pentru întreținere fără griji, pentru timpuri.

Bibliografie

1. http://www.copper.org/education/statue_of_liberty.html
2. <http://www.nps.gov/featurecontent/stli/eTour.htm>

Aceste investigații fac parte din proiectul 013P încheiat cu C.S.Ș.D.T.