

ИСПИТИВАЊА КОРОЗИЈЕ АЛУМИНИЈУМСКИХ РАДИЈАТОРА "ВЕДУС", ИЗ СОМБОРА

THE CORROSION TESTS OF ALUMINIUM RADIATORS "VEDUS", SOMBOR

**Проф. др Срејен Младеновић и проф. др Недељко Крстијић,
Технолошко-металуршки факултет, Београд, и Вјекослав Накић,
д-р инж., Центар за електрохемију ИХТМ, Београд**

Испитивања корозије алуминијумских радијатора произведених у "Ведусу" у Сомбору, извршена су у омекшаној води, која се користи у системима за даљинско грејање. Примењена је модификована стандардна метода према ЈУС Х.38.056 1984 – "Испитивање антифриза – Одређивање корозије у стакленом апарату". Узорци (епруветке) су узети од појединих елемената радијатора, спојени у одређени слој, потопљени у воду и држани 14 дана на средњој температури од 88°C. Мерења су извршена за вредности рН 5,5 и 9,5.

The corrosion tests of aluminium radiators VEDUS are carried out in the softened water, which is utilizing in the district heating systems. The modified standard method according to JUS H.Z8.056 1984 – "Testing of Antifreeze – Determination of Corrosion in the Glass Apparatus" – is applied. The samples (test tubes) were taken from radiator's elements, connected in a defined kit, sunk in the water during 14 days at average temperature of 88°C. Measurements were carried out for pH values 5.5 and 9.5.

On the basis of some samples mass losses, the satisfied corrosion steadiness is established.

Кључне речи: корозија; контактна корозија; алуминијумски радијатор
Key words: corrosion; contact corrosion; aluminium radiator

Циљ испитивања је био да се применом стандардне лабораторијске методе одреди брзина корозије легура алуминијума које служе за израду радијатора. У поређењу са чистим алуминијумом, поједине његове легуре имају боље механичке особине али, по правилу, и слабију отпорност према корозији. Ово се нарочито односи на легуре алуминијума са бакром, у мањој мери на легуре алуминијума са силицијумом, а још мање на легуре са цинком и магнезијумом [1].

Алуминијумски радијатори произведени у "Ведусу", у Сомбору, израђени су од три врсте материјала:

- алуминијумске легуре за ливење, AlSi12Cu2Fe,
- алуминијумске легуре за гњечење (екструзију), AlMgSi0,5 и од
- челичне спојнице, С1213 или С1213.

Шематски приказ споја два чланка налази се на слици 1. Детал А приказује главу (1), ребро чланка (2), као и челичну спојницу којом се чланци међусобно повезују (3).

Један чланак радијатора састављен је од две главе и два ребра. Спој између њих остварен је двокомпонентним лепком "Araldit", произведеним у "Cibi".

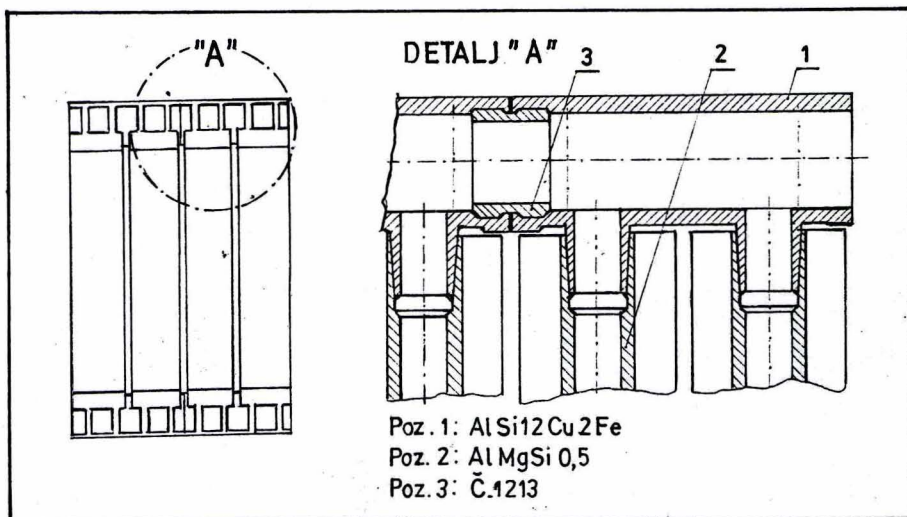
Током експлоатације "Ведусови" алуминијумски радијатори изложени су углавном контактної, ерозионој и општој корозији, док се ван грејне сезоне јавља контактна корозија у зазорима и општа корозија. Контактна корозија радијатора настаје због контакта метала и легура (угљени челик/ливена легура алуминијума и легура алуминијума за гњечење (екструзију)/ливена легура алуминијума), чији се електродни потенцијали разликују. Ерозиона корозија радијатора може настати за време експлоатације, услед струјања воде кроз радијатор. При ерозионој корозији постоји могућност одвајања продуката корозије и откривања површине метала који поново подлеже корозији.

Корозија радијатора у зазорима може се јавити због неједнаког довођења кисеоника до свих површина делова радијатора. У води се одиграва и општа корозија делова радијатора и то највећим делом под дејством раствореног кисеоника. Основни агенси корозије радијатора у омекшаној води су кисеоник, бикарбонат и секундарни производи корозије легура алуминијума и угљеничног челика (бакар, оксидисана једињења гвожђа и друго).

Ток испитивања

Метода и уређај за испитивање

Примењена је модификована метода према ЈУС Х.38.056:1984 – Испитивање антифриза – Одређивање корозије у стакленом апарату. Узорци (епрувете) одређених металних материјала, у конкретном случају конструкционих материјала за израду алуминијумских радијатора, спојени су у одређени слог и потопљени у воду одговарајућег квалитета (обрађену за систем централног грејања, односно топлану) у којој су држани 14 дана (336 часова), на средњој температури од 88°C. За разлику од стандардног поступка, кроз воду није про-



Слика 1. Шемајски приказ споја два чланка радијатора фирме "Ведус" из Сомбора. Детаљ А приказује главу (1), ребро чланка (2) и челичну спојницу (3) којом су чланци међусобно повезани

дуваван ваздух (није вршена аерација). Корозиона постојаност утврђена је на основу губитка масе појединих узорака. Урађена су три истовремена одређивања. Изабрана је варијанта са мањом за премином корозионог медијума (165 ml воде).

Уређај се састоји од лабораторијске чаше запремине 300 ml, без излива, на коју је стављен гумени запушач са Liebigovom кондензаторском цеви мин. 400 mm називне мере и стакленом цеви за аерацију са фритом. Стандард предвиђа и постављање одговарајућег термометра кроз запушач. Три оваква комплета са три иста слога метала (слика 2), у корозионом медијуму (води) термостатирани су у парафинском уљу, у које су постављена два термометра, један у средину купатила, а други уз ивицу, како би се проверило да је одступање (1–2°C) у границама инертности термостатског уређаја (5–6°C).

Корозиони медијум

Као корозиони медијум коришћена је вода за централно грејање, омекшана хемијским поступком ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$), узета из топлане "Дорћол" у Београду. Вода је у почетку имала рН вредност око 8,5. Стајањем на ваздуху, услед растварања угљен-диоксида, рН вредност је врло брзо (за око 1 h) падала на 5,5. Због тога су вршена два испитивања: једно са водом у стању у каквом је добијена, а друго са водом којој је рН подешена пуферски на 9,5 (250 ml 0,05 M $\text{NaHCO}_3 + 25 \text{ ml } 0,1 \text{ M NaOH}$ + омекшала вода до 500 ml). Изабран је пуфер који битно не мења јонски састав, пошто је вода већ садржавала бикарбонат јон, због претходне обраде. После другог испитивања, рН вредност воде се није мењала.

Употребљено је 165–170 ml воде по једном слогу. Средња температура воде у испитивању била је без пуфера $88 \pm 5^\circ\text{C}$, са пуфером $86 \pm 6^\circ\text{C}$.

Аерација воде није вршена. Контакт са ваздухом остварен је кроз цев Liebigovog хладила. Ваздух је мањим делом долазио растварањем и дифузијом кроз цев за аерацију.

Испитивани материјал

Испитане су три врсте материјала:

- ливени алуминијум Al Si12Cu2Fe (JUS C. C2.300:1990),
- екструдирани алуминијум AlMgSi0,5 (JUS C.C2,100:1986) и
- челик 1231 (JUS C.B5.021:1964).

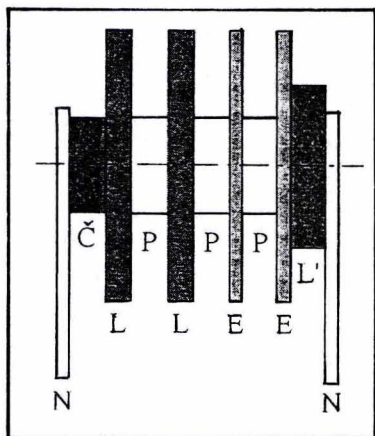
Узорци алуминијума били су у облику плочица димензија 20 x 40 mm, дебљине 3 mm (ливени, L) и 1,8 mm (екструдирани, E). На средини плочица избушена је рупа од 0,8 mm. По један узорак, плочица, био је изолован од осталих у слогу (без контакта), а по један стављен у контакт и то: ливени (L) са узорком челика (C), а екструдирани (E) са узорком ливеног алуминијума (L') (слика 2). Слог је притегнут завртњем и навртком од полиетилена.

Узорак челика узет је од цеви $\varnothing 14 \text{ mm}$, уместо са челичне спојнице радијатора ($\varnothing 41,9 \text{ mm}$) из практичних разлога. Исецање узорака је изведено тестером за метал, тако да је стање на већем делу површине остало непромењено.

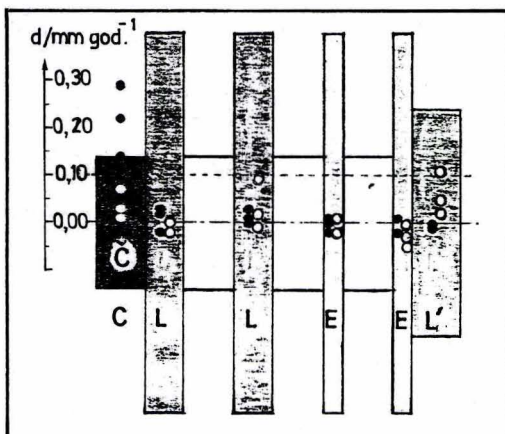
Поступак

Пре стављања у слог узорци су одмашћивани у ацетону, а затим, нагризани (према JUS C.A5.005:1989, односно, ISO 8407:1991), у раствору азотне киселине (HNO_3 , $\rho = 1,42 \text{ g/ml}$), 1–5 min., на 20–25°C, за узорке алуминијума и 500 ml хлороводоничне киселине (HCl , $\rho = 1,19 \text{ g/ml}$), 3,5 g хексаметилентетрамина, допуњено дестилованом водом до 1000 ml, 10 min, на 20–25°C, за узорке челика.

Узорци су прво испрани водом, па алкохолом (етанолом) и одмах осушени у струји топлог ваздуха. Након тога су извагани, стегнути у слог, стављени у чашу и наливени водом. Сличан поступак је примењен после испитивања и скидања узорака из слога, с тим што је изостављен поступак одмашивања, а уместо тога приступило се прању и лаганом четкању површине узорака меком четкицом, да би се механички уклонио део продукта корозије.



Слика 2. Шематски приказ испитивања слога. Č – челик Č1213, прсijen – 14 mm, L – ливени алуминијум AlSi12Cu2Fe, илочице 20 x 40 x 3 mm, E – експиродирани алуминијум Al-MgSi0,5, илочице 20 x 40 x 2 mm, P – PVC, прсijen – 14 mm, N – ножаре слога, PVC



Слика 3. Резултати испитивања корозије радијатора фирме "Ведус" из Сомбора изражени као смањење $d/mm год^{-1}$ за две вредности pH воде: – pH 5,5, O – pH 9,5. Č – челик Č1213, L – ливени алуминијум, E – експиродирани алуминијум, L' – ливени алуминијум

Резултати испитивања

Хемијска постојаност метала и легура у некој средини одређује се према брзини корозије која се изражава као смањење масе у $g/m^2 год.$, или као смањење дебљине у $mm/год.$

У табелама 1 и 2 приказани су резултати мерења брзине корозије легура алуминијума и угљеничног челика у води топлане "Дорћол" за слог 1.

Укупни подаци за брзину корозије легура алуминијума и челика за сва три слога приказана су на слици 3.

Разматрање резултата

Збирно, резултати испитивања приказани су на слици 3. Током испитивања се показало да се маса појединих узорака алуминијума незнатно повећала (појављује се као негативно смањење). Овакви резултати су више последица грешака у мерењу и само указују на занемарљив ниво корозије ових узорака.

Брзина корозије, изражена као смањење дебљине узорака са временом, само у једном случају прелази границу од $0,1 mm/год.$ Одмах се примећује да се то односи на узорке челика у контакту са ливеном легуром алуминијума при $pH = 5,5.$

Табела 1. Брзине корозије легура алуминијума и челика у води шойлане "Дорћол" (слоџ 1). $88 \pm 5^\circ\text{C}$, рН 5,5 (К) – узорци у међусобном контаку

Слоџ 1	m_1	m_2	S	t	$(m_2 - m_1)$	$(m_2 - m_1)/St$	$(m_2 - m_1)/St$	d (mm/god.)
	(g)	(g)	(cm ²)	(h)	(g)	(g/cm ² h)	(g/m ² god.)	
Челик (К)	3,0947	3,0647	3	380	-0,0300	-0,2632	-2305,3	0,293
Ливени Al (К)	7,1643	7,1586	16,5	380	-0,0057	-0,0091	-79,63	0,0295
Ливени Al	5,2751	5,2691	16,5	380	-0,0060	-0,0096	-83,83	0,031
Екструд. Al	3,5895	3,5924	15,1	380	0,0029	-0,0050	44,27	0,016
Екструд. Al (К)	3,5749	3,5762	15,1	380	0,0013	0,0022	19,85	0,0073
Ливени Al (К)	2,5154	2,5147	8,7	380	-0,0007	-0,0021	-18,55	0,0069

Табела 2. Брзине корозије легура алуминијума и челика у води шойлане "Дорћол" (слоџ 1). $86 \pm 6^\circ\text{C}$, рН 9,5 (К) – узорци у међусобном контаку

Слоџ 1	m_1	m_2	S	t	$m_2 - m_1$	$(m_2 - m_1)/St$	$(m_2 - m_1)/St$	d (mm/god.)
	(g)	(g)	(cm ²)	(h)	(g)	(g/cm ² h)	(g/m ² god.)	
Челик (К)	3,0662	3,0655	3	333	-0,0007	-0,0070	-61,38	0,0078
Ливени Al (К)	7,1636	7,1644	16,5	333	0,0008	0,0014	12,75	0,0047
Ливени Al	5,2721	5,2736	16,5	333	0,0015	0,0027	23,91	0,0088
Екструд. Al	3,5937	3,5943	15,1	333	0,0006	0,0011	10,45	0,0038
Екструд. Al (К)	3,5749	3,5787	15,1	333	0,0038	0,0075	66,20	0,0245
Ливени Al (К)	2,5164	2,5121	8,7	333	-0,0043	-0,0149	130,02	0,048

Просечна брзина корозије челика у том случају износила је 0,217 mm/god. (0,293, 0,221 и 0,137). Просечна брзина корозије узорка челика у контакту са ливеном легуром алуминијума при рН= 9,5 била је знатно мања, износила је 0,036 mm/god. (0,008, 0,068 и 0,031). На основу ових резултата, може се закључити да је челик С1213 деловао као протектор према легури алуминијума за ливење.

Сви узорци алуминијума (ливени и екструдирани) показали су се као врло стабилни при рН =5,5. Нешто мању стабилност показали су узорци ливеног алуминијума при рН =9,5, али ипак у оквиру границе од 0,1 mm/god.

Корозиона постојаност обеју легура алуминијума (за ливење и екструзију) знатно је већа од угљеничног челика, од којег је израђена спојница радијатора и у свим случајевима просечна брзина корозије била је мања од 0,1 mm/god. При цени корозионе стабилности метала и легура, као и у погледу њихове примене, користи се критеријум који се својевремено примењиваоу СССР[2], приказан у табели 3.

Према том критеријуму челик Š1213 спада у постојане материјале од којег се могу правити машине и апарати једноставне конструкције. Према истој табели, легуре алуминијума за ливење у спреси са челиком спадају у групу отпорних ($pH = 5,5$) и умерено отпорних ($pH = 9,5$) легура.

Независно од овог испитивања, прегледом ребара радијатора, који је био у експлоатацији око 5 година, утврђено је да је спојница од челика кородирала, док су делови легуре алуминијума за ливење $AlSi12Cu2Fe$ у мањој мери били покривени хидратисаним једињењима гвожђа. Због великог односа површине те легуре и површине челичне спојнице, није констатовано смањење дебљине зидова легуре алуминијума за ливење.

Табела 3. Брзина корозије метала и легура и оцена могућности њихове примене [2]

Оцена хемијске постојаности	Метали и легуре	Примена
	Брзина корозије (mm/god.)	
Врло постојан	<0,1	Конст. материјал за ма коју машину и апарат
Постојан	0,1 – 1,0	За уређаје једноставне конструкције
Релативно постојан	1,0 – 3,0	Само за делове који се мењају
Непостојан	>3,0	За делове који се често мењају

Имајући у виду брзине корозије наведених легура алуминијума и челика, знатно већу површину легура алуминијума од површине челичних спојница и добро стање ребара радијатора после 5 година експлоатације, може се констатовати да изабране легуре алуминијума представљају погодан материјал за израду радијатора.

Литература

- [1] Laque, F. L., H. R. Copson: *Опшорност метала и легура на корозију*, Научна књига, Београд, 1975.
- [2] Rozenfeld, I. L.: *Корозија и заштитна метала*, Металургија, Москва, 1970.