

ПРЕДГОВОР

У природи постоје материјали који не оксидишу, то су пре свега племенити метали (сребро, злато и др.), а за њима следе легуре алуминијума, никла, кобалта, титана и друге, које прилично мало оксидишу, али овде ће бити разматрани само нерђајући челици. Ова, иначе велика, група челика припада групи конструкционих материјала, премда постоји изванредан број алатних челика који су такође нерђајући.

Под појмом нерђајући, у обичном животу се подразумева отпорност према оксидацији под атмосферским условима (са мање или више влаге у ваздуху), али се под овим термином подразумевају челици отпорни и на различите хемикалије (органиског или неорганиског порекла), када им се додаје допунско значење у смислу *хемијски постојани челици* или *кисело-отпорни челици*, (који су наравно отпорни и на базе а не само на киселине).

На просторима бивше Југославије се за нерђајуће челике релативно често среће, показале се неприкладан, термин „прохром“. Појавом нерђајућег челика направљен је заиста искорак у одрживој корозионој постојаности челика, који су до тада редом били склони кородирању. Због сада изражене корозионе постојаности тих нових челика, и временски посматрано много дужег периода у експлоатацији од дотадашњих челика, произвођач је смислио трговачко име *прокрон*. Чињеница је да је у то време, крајем XIX и почетком XX века, у тим индустријским земљама, у којима је откривен и почео да се производи нерђајући челик, постојало заиста поштовање пре свега према античкој Грчкој, и да је појам постојаности и временске трајности сагледан у грчком богу Кроносу (у српском језику се изговара као крон). Овај бог управо симболизује временску трајност, постојаност и сличне особине. Одатле је нов материјал, нерђајући челик, добио трговачко име *прокрон*, као симбол трајности... Термин „прокрон“ је, дакле, кованица настала из латинског предметка *pro*, који означава нешто *за*, неку припадност и слично томе, додатно имену грчког бога Крона.

Одатле, термин прохром је потпуно неприкладан. Чињеница је да нерђајући челици садрже (велику) количину хрома, одакле је некеме звучало логично да се ту ради о некаквом „прохрому“. Међутим, показале се касније да многи нерђајући челици садрже и солидну количину никла (око 10% па и више), али се такви челици не називају „*проникл*“ челицима. Даље, у неким нерђајућим челицима је присутна добра количина мангана (12-14%), па какав би то назив био „*промангански*“ нерђајући челик? А ту су присутни и још неки легирајући елементи, има их барем десетак – истина не у доминантној количини.

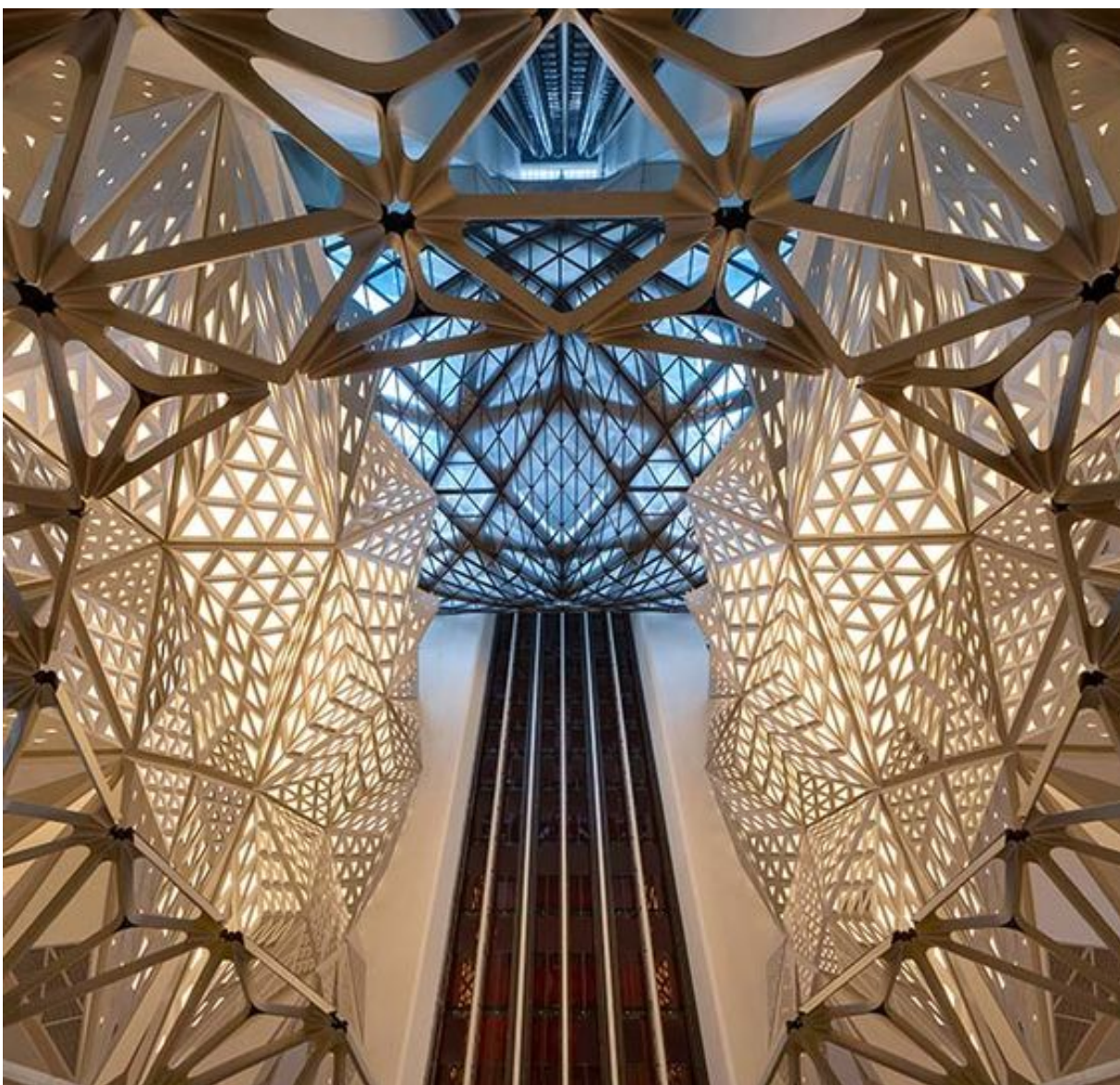
Корозија се данас интензивно изучава, јер наноси велике материјалне штете целом човечанству. Механизми настанка и одвијања корозије јесу озбиљни проблеми али у овој књизи неће бити речи о тим појавама већ о челицима отпорним на те појаве. Наравно, ништа није вечно (осим Бога), па ће овде укратко бити описано и „рђање нерђајућих челика“ услед промена у структури.

Намена ове књиге је да упуту у врсте, саставе и особине најважнијих врсти нерђајућих челика. Како су многи нерђајући челици меки и склони хабању површине, овде ће бити обрађене теме побољшања жељених особина, као заштита путем пасивизације и декорације површине.

Слике које следе у овом делу илуструју неке карактеристичне примене нерђајућих челика: прва се односи на кухињско посуђе, а затим следе примери из архитектуре/грађевине и за израду скулптура.







Последња слика је ентеријер једног архитектонског објекта у комбинацији: нерђајућег челика, алуминијума, бакра и конструкционог челика у различитим бојама (златно жуте, црне, розе жуте, бронзе, античког месинга, црвеног вина, црвене руже, љубичасте и др.).

Може се слободно рећи да је „паметан“ избор материјала кључ против сваког расипања трошкова, енергије и наравно рада. Уштеда у неком легирајућем елементу – касније може само да повећа трошкове и/или еколошке проблеме.

Ознаке нерђајућих челика овде су узете из система AISI, нпр. 304; 306 и тд. Нови систем означавања челика, који примењују институције SAE и ASTM, садржи: једно слово + 5 бројки из UNS бројева. На пример: за нерђајући челик 304 нова ознака је S30400, и тд. За многе челике овде су дати и бројеви челика по EN (European Normes) систему означавања. Ипак, нису сви нерђајући челици „ушли“ у (националне) стандарде, што је некада присутно код додатних материјала намењених варењу.

1. УВОД – КРАТКА ИСТОРИЈА НАСТАНКА НЕРЂАЈУЋИХ ЧЕЛИКА

Метал су људи почели да користе хиљадама година уназад, тако да су читави периоди у историји названи по металима као: бакарно, потом бронзано доба, да би касније наступило откриће гвожђа и челика, али нерђајући челици не бележе тако дугу употребу, напротив познати су тек нешто више од 100 година. Поред свих метала које људи користе, нерђајући челик је највероватније највише коришћен и прихваћен је као параметар људског напретка.

Група хром-никл легура добила је колективно име *нерђајући челици*, у чему су учествовали многи истраживачи, тако да нема једног „оца“. Ипак, Француз Peirre Berthier је први, још 1821.г, објавио своја истраживања о легурама хрома и ферохрома испитујући њихову корозиону постојаност. Даље, Leon Alexandre Guilett, исто тако Француз, публикује 1904.г. своја истраживања на легурама железа, о истој теми. Године 1911. појављују се хром-никл легуре које се данас означавају као нерђајући челици. Исте године, Elwood Haynes, у Америци утврђује ефекат хрома на корозиону постојаност легура железа са хромом у неким растворима и атмосферским условима. Његов патент поднет 1915.г. бива прихваћен 1919. Радећи у фирми Крупп, Eduard Maurer и Vanno Strauss патентирају две хром-никл легуре из фамилије нерђајућих челика. У Шефилду, Harry Brearley приступа ливењу и ковању ножева, што је прва комерцијална примена нерђајућег челика, што је била претходница хиљадама следећих истраживача. Иновације у металуршкој производњи нерђајућих челика нису биле континуалне. Али, све те иновације – биле оне мале или велике – допринеле су разумевању отпорности различитих врсти нерђајућих челика на корозиону постојаност, чврстоћу, живавост или још да се спомене високо-температурна постојаност.

Од важнијих детаља о почецима израде и примене нерђајућих челика бележи се:

- од 1919. до 1923.г. прилагођава се употреба нерђајућих челика у изради хируршког прибора, скалпела и посуђа, у центру металуршке производње у Шефилду, Енглеска;
- у раним 1920-тим се испитују комбинације садржаја хрома и никла. Нерђајући челик се декларише као 18/8, означавајући проценте хрома и никла у челику;
- 1925.г. се прави резервоар за складиштење азотне киселине, потврђујући чињеницу да је овакав челик отпоран на корозију;
- године 1925. почињу да се праве први хируршки импланти од нерђајућег челика;
- у једној пивари се 1928.г. демонстрира хигијенски аспект примене посуде за ферментацију пива, после чега се почиње да се користи и у индустрији хране;
- у САД, 1930.г. је направљен први воз од нерђајућег челика;
- следеће, 1931.г. је направљен први авион од нерђајућег челика, који наравно није опстао због велике тежине, јер су се у међувремену појавиле легуре прво алуминијума а онда и титана;
- од 1935.г. почиње израда и употреба кухињских судопера од овог челика;
- 1954.г. је направљена прва подводна камера, али је пластика брзо заменила нерђајући челик;
- у Француској је 1966.г. направљена прва морска хидроцентрала заснована на енергији таласа плиме и осеке.

Чењеница је да је нерђајући челик „идеалан хигијенски“ материјал, не утиче нпр. на воду или још на мирис направљене хране у таквом посуђу, а површина се лако чисти и одржава у санитарско исправном стању.

Напредак који је нерђајући челик учинио можда се најбоље види кроз прибор за јело. Прве кашике су прављене од дрвета, рога или нпр. слоноваче, док су први ножеви које су користили ловци за „транжирање“ меса били од камена, по могућству од кремена, па онда од метала (тачније легура бронзе, месинга, затим од калаја, сребра или злата). Најранији писани траг о употреби златне кашике се налази у Библији, Излазак из Египта. Стари Египћани су од метала лили кашике, док су Грци и Римљани користили кашике сличне данашњим.

Посуђе од племенитих метала прво је користила властела. Предање казује да су сребрни прибор користили, данас би рекли, „десетари“ у војсци Александра Великог, и да баш захваљујући антибактеријском дејству сребра, тај део војске није био заражен. Виљушке су касније почеле да се користе у односу на кашике, сматра се да је употреба виљушки на дворовима проширена током Крсташких ратова. Хенри VIII, најпознатији од Тјудора у Енглеској, имао је обичај да рукама кида месо од печења, њему сервираном. Један од најутисајнијих људи, уопште, у Средњем веку, Ришелје, министар финансија и саветник краљу Лују XIII, је 1630-тих на двор увео обавезно коришћење наоштраних ножева, као саставни део послужења аристократији.

Са повећањем разноврсности употребе нерђајућих челика, за последњих стотинак година, непрекидно је расло истраживање утицаја појединих легирајућих елемената, не само на особине тих челика већ и на технолошке поступке обраде. Имају се у виду структурна изучавања, као нпр. новија истраживања преципитационог таложења фаза у њима и т.сл, и непрестана испитивања корозионе постојаности нерђајућих челика за опрему у медицини, фармацеутској индустрији, енергетици и на још многа места.

Класификације нерђајућих челика се изводе на различите начине, обично према врсти и количини легирајућих елемената или пак према намени, али се мора поћи од најосновнијих група, које легирајући елементи сађињавају према следећој шеми:

НЕРЂАЈУЋИ ЧЕЛИЦИ				
Fe – Cr		Fe – Cr – Ni		Fe – Ni - Cr
корозионо постојани; са угљеником отпорни на хабање, ударе и абразију		корозионо постојанији, вишеструко легирани, меки и жилави		корозионо, киселински и температурно постојани

сл. 1-1. Грубо разврставање на основне групе нерђајућих челика

Изложена шема служи за даље разврставање нерђајућих челика. Корозиона постојаност као и многе друге особине челика се, природно, разликују од групе до групе, затим од количине присутних главних легирајућих елемената али и оних присутних у мањим количинама па чак и у траговима, који нису могли бити обухваћени овом шемом.

I Z V O D

Nerđajući čelici se proizvode preko 100 godina u mnogim zemljama, uključujući i Srbiju, a našli su mnoge primene, uključujući arhitekturu. Najpoznatija osobina nerđajućih čelika je njihovo antikorozijsko ponašanje u mnogim sredinama, kako u organskim tako i neorganskim okruženjima. Mnoge ostale dragocene osobine nerđajućih čelika su takođe našle svoje mesto u monografiji. Ovde je objašnjeno kako nerđajući čelik može da korodira, kao i drugi mogući mehanizmi korozije. Osim korozivnih osobina, i druge osobine nerđajućih čelika su, naravno, važne. Većina ovih čelika je meka, zbog čega su podložni habanju, kavitacionim oštećenjima i abraziji. Ostale fizičke i elektrohemijske osobine su ukratko spomenute, uz detaljniji prikaz mehaničkih osobina.

Delovanje legirajućih elemenata i njihov uticaj na nerđajuće čelike je objašnjeno u značajnom obimu, a ovakvih informacija nikada nije dovoljno sa inženjerske strane. Ovi efekti, naravno, zavise od količine izabranih elemenata, i mogu da proizvedu različite vrste struktura. Razlikovanje vrste strukture u nerđajućim čelicima nije dobro poznato svim inženjerima, posebno se imaju u vidu nove vrste, kao što su dupleks ili precipitaciono otvrdnjavajući čelici.

Evidentno je da veći broj osobina, uostalom kao u slučaju svake legure, zavisi od stanja topljenja, legiranja, rafinacije, livenja, zatim od postupaka plastične deformacije (uglavnom se primenjuje valjanje i/ili kovanje), i na kraju od režima termičke obrade. Nekoliko nerđajućih čelika iz martenzitne grupe, posle kaljenja se podvrgavaju hlađenju, kao pothlađenje (-80°C) ili duboko hlađenje (-196°C), što je ovde takođe obrađeno. Posebna pažnja je posvećena faznim transformacijama tokom hlađenja ili otpuštanja. Metalurgija praha i sinterovanje nerđajućih čelika su manje poznati inženjerima, tako da je i ova specifična tehnologija ovde ukratko razmotrena.

Tehnologije spajanja (zavarivanje, lemljenje ili lepljenje) se široko koriste u industriji, tako da su privukle dužnu pažnju za bližim objašnjenjima u mnogim detaljima, uključujući savremene metode kao što je zavarivanje laserom ili elektronskim snopom.

Metode oblikovanja poluproizvoda (lima, žice ili cevi) u završne proizvode se dosta koriste u praksi. Neki korisni kriterijumi i saveti npr. za oblikovanje limova (kao što je povratna elastičnost) ovde su izloženi. Nerđajući čelici pokazuju neke specifičnosti u operacijama sečenja, noževima ili tokom strugarske ili glodačke obrade, odnosno tokom brušenja. Posebna pažnja je posvećena poliranju nerđajućih čelika, primenom mehaničkog, hemijskog ili elektrohemijskog tretiranja. Nije tipična već radije ekskluzivna primena nerđajućih čelika u arhitekturi sa obojenom površinom. Ovakva obojena površina mora biti postojana u dugom vremenskom periodu korišćenja i, naravno, vizuelno privlačna. Za poboljšanje vizuelne privlačnosti nerđajućih čelika upotrebljenih u arhitekturi, potrebna je posebna osobina sjajnosti, sa visokom reflektivnošću, ali je ponekad poželjna mat površina (dobijena valjanjem, četkanjem ili pasivizacijom površine) i iz tog razloga je predstavljena skala od 13 stanja.

Postoji jedna skoro neznatna primena nerđajućih čelika – za bižuteriju. Ovi proizvodi kao i ostali nakit moraju biti antikorozivni i posebno antialergijski prema ljudskoj koži. Ove teme još uvek nisu prisutne u knjigama o nerđajućim čelicima, ali su našle mesto u ovoj monografiji. Kao meki materijali ovi čelici ponekad zahtevaju dodatnu površinsku obradu (korišćenjem PVD, CVD ili sličnih tehnologija) za poboljšanje otpornosti na trenje uz zadržavanje antikorozivnih osobina.

Principi ispitivanja karakterističnih osobina nerđajućih čelika, uključujući mehanička, metalografska i koroziona ispitivanja, ovde su ukratko objašnjeni.

Key words: antikorozijske osobine, legirajući elementi, structure, topljenje&rafinisanje, plastična prerada, metalurgija praha, sinterovanje, termička obrada, tretiranje pothlađenjem, intermetalne faze, struganje, glodanje, poliranje, dekoracija površine, primena u arhitekturi, sjajne&mat osobine, osobine habanja, metalografija, korozivni testovi.

A B S T R A C T

Stainless steels are producing over 100 years in many countries, including Serbia, and they found out many applications, including the architecture. The most known property of stainless steels are their anticorrosive behavior in many environments, both in organic or inorganic surroundings. Many other precious properties of stainless steels also are found their place in monography. Here is explain how the stainless steels may corrode as other possible types of corrosion. Besides the corrosive properties, other properties of stainless steels are important, indeed. Most of those steels are soft, so they are subjected on wearing, cavitation damage or abrasion. Other physical and electro-chemical properties are shortly mentioned, while mechanical properties are well expressed.

The effects of alloying elements and their influence in stainless steels are explained in a wide scale, but such informations are never enough from the engineering point of view. These effects, of course, depend from the amount of chosen element(s), and may produce different kind of structures. The kind of structural diversification in stainless steels are not well known to all engineers, especially the newest grades as duplex or precipitation hardening steels.

It is evident that most of properties, as in case of every alloy, depend from the stage of melting, alloying, refining, casting, and further by metal working processes (mainly applied rolling and/or forging), at the end from the heat treatment regimes. Few stainless steels from martensitic group after quenching are subjected to cooling as subzero treating (-80°C) or by deep freezing (-196°C), and that techniques also are explained here. Special attention is given on phase transformation into stainless steel during cooling or tempering regimes. Powder metallurgy and sintering are less known to many engineers, so this specific technology here is briefly described.

The joining technologies (welding, brazing or adhesive bonding) are widely used in industry, so they attracted responsible attention for closer describing here in many details, including currently methods, as welding by laser or electron beams.

Methods of shaping of semiproducts (sheet, wire or tube) into final products are widely used in practice. Some useful criteria and advices for example in sheet forming (as spring back effect) here are presented. Stainless steels show some specific behavior in cutting operations, by knives or during turning, milling and grinding operations. The manganese stainless steels either they are soft, represent a material which must be carefully processed. Special care is dedicated to the polishing of stainless steels, by applying mechanical, chemical or electrochemical treating. It is not typical but rather is an exclusive application of stainless steels in architecture with the colored surface. Such colored surface must be durable in a long period of exploration and of course visually attractive. For improving a visual attraction of stainless steels when used in architecture, from those steels is needed a kind of shining property, with high reflectance, but sometimes the matt surface is favorable (obtained by rolling, brushing or surface passivation), and scale of 13 degrees is presented.

There is one minor application of stainless steel – for (*fr.*) *bijouterie*. Those products as other jewels must be anticorrosive and particular antiallergic against to human skin. These themes still were no present in books about stainless steels, but find place in this monograph. As soft material, stainless steels sometimes need further surface treatment (by using PVD, CVD or similar technologies) for improving the wear resistance with conserving principal anticorrosive property.

Principles for testing of characteristic properties of stainless steels, including mechanical, metallographic and corrosion tests, here are briefly discussed.

Key words: anticorrosion properties, alloying elements, structures, melting&refining, metal working processes, powder metallurgy, sintering, heat treatment, subzero treatment, intermetallic phases, turning, milling, polishing, surface decoration, architecture, shining&dulling properties, wear properties, metallography, corrosion tests.