

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука

Андреја В. Лазаревић
Конструкциони челици
завршни рад

Крагујевац, 2012.

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Машински материјали

Број индекса: 53/2009

Андреја В. Лазаревић
Конструкциони челици
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Драган Адамовић, ванр. проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да преглед развоја и употребе конструкционих челичних материјала. На почетку дати историјски развој челичних материјала и тенденције данашње производње. Затим описати захтеве и главна својства конструкционих челика и дати преглед главних врста ових материјала. У даљем делу рада описати све карактеристичне врсте конструкционих челика и дати примере њихове примене.

Препоручена литература:

1. М. Јовановић, Д. Адамовић и др.: Машински материјали, Крагујевац 2003.
2. Девеџић, Б.: Машински материјали II , Машински факултет у Крагујевцу, 1980.
3. Ђорђевић, В.: Машински материјали, Машински факултет, Београд, 1999.
4. Ђукић, В.: Машински материјали, Крагујевац, 1994.
5. Лучић, Р.: Машински материјали, Научно инжењерство, "Вук Караџић", Параћин, 1995.
6. Владислав Ђукић и Раде Ђукић, „Приручник за челик“ I део, 1987, Машински факултет у Крагујевцу
7. Владислав Ђукић и Раде Ђукић, „Приручник за челик“ II део, 1990, Машински факултет у Крагујевцу
8. Владислав Ђукић, „Метални материјали“, 1987, Машински факултет у Крагујевцу

Крагујевац, 24.04.2012

ментор:

Др Драган Адамовић, ванр. проф.

Резиме:

Конструкционим челицима се називају они челици који се примењују за израду делова машина и носеће конструкције. Они могу бити угљенични и легирани. Садржај угљеника у овој групи челика не прелази 0,5 – 0,6 %. Од конструкционих челика се захтева да имају добра механичка својства, да се добро обрађују резањем, деформисањем (ковањем, ваљањем, извлачењем, пресовање), да имају добру заварљивост и ниску цену.

Кључне речи: конструкциони челици, угљенични, легирани, чврстоћа, обрада резањем, обрада деформисањем

Abstract:

Structural steels are called steels are used for making machine parts and supporting structures. They can be carbon and alloy. Carbon content in the steel group does not exceed 0.5 - 0.6%. Of structural steel required to have good mechanical properties, good to handle cutting, forming (forging, rolling, drawing, extrusion), to have good weldability and low cost.

Key words: structural steel, carbon, alloy, strength, finishing machining, forming

Садржај

1. УВОД	1
1.1. Челик	1
1.2. Историја производње челика	2
1.3. Подела челика	4
1.4. Угљенични челици	7
1.4.1. Утицај угљеника на структуру и својства угљеничних челика	7
1.5. Легирани челици	8
1.6. Утицај пратећих и легирајућих елемената на особине челика	10
1.7. Означавање челика	13
1.6.1. Означавање челика по старим стандардима	13
1.6.2. Означавање челика према ЕН 10027-1	15
2. КОНСТРУКЦИОНИ ЧЕЛИЦИ СА ГАРАНТОВАНИМ СВОЈСТВИМА ЧВРСТОЋЕ	17
2.1. Општи конструкциони челици	17
2.2. Финозрни конструкциони челици	17
2.2.1. Механизам ојачања угљеничних конструктивних челика	18
2.3. Челични лимови	19
2.4. Челици за траке	20
2.5. Челици за жицу	20
2.5.1. Челична жица за ужад	23
2.5.2. Челици за вучену патентирану жицу	23
2.5.3. Вучена челична жица за термичку обраду	23
2.6. Челици за израду завртња и навртки	24
2.7. Челици за ланце	25
3. КОНСТРУКЦИОНИ ЧЕЛИЦИ СА ГАРАНТОВАНИМ ХЕМИЈСКИМ САСТАВОМ	26
3.1. Челици за цементацију	26
3.1.1. Угљенични челици за цементацију	26
3.1.2. Легирани челици за цементацију	26
3.2. Челици за побољшање	27
3.2.1. Угљенични челици за побољшање	27
3.2.2. Легирани челици за побољшање	27
3.3. Челици за нитрирање	28
3.4. Челици за опруге	29
3.5. Челици за обраду на аутоматима	31

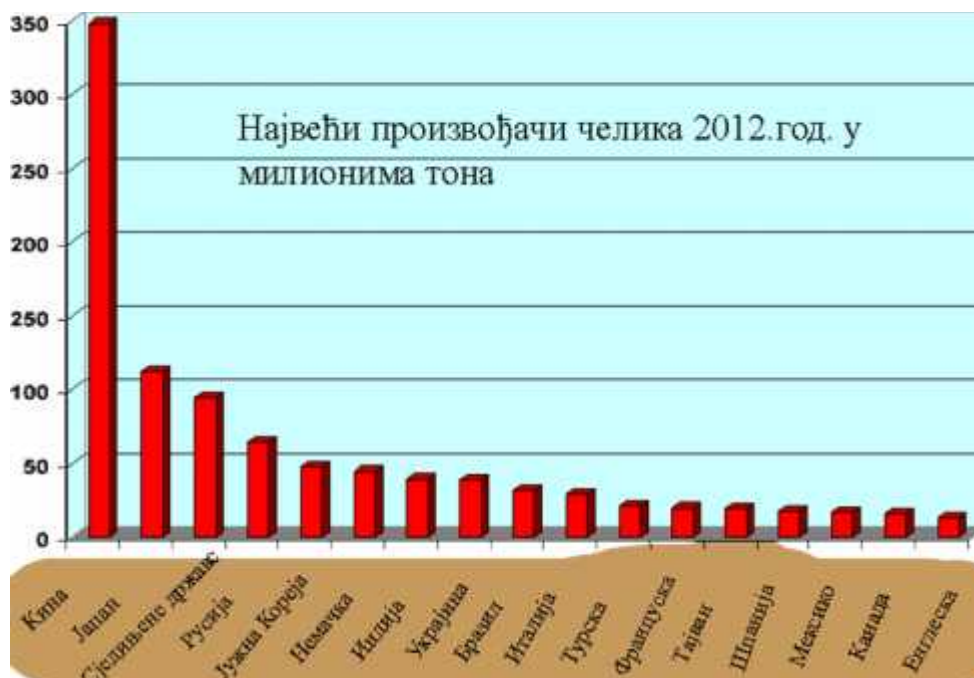
3.6.	Вучени угљенични челици	31
3.7.	Угљенични челици за котловске лимове	32
3.8.	Челичне цеви	32
3.8.1.	<i>Цеви без шави</i>	33
3.8.2.	<i>Челичне цеви са шавом</i>	34
3.9.	Угљенични челици намењени топлој обради	34
3.10.	Челици намењени хладној преради	35
3.11.	Челици за површинско каљење	35
3.12.	Челици за смањену температуру	38
4.	КОНСТРУКТИВНИ ЧЕЛИЦИ ЗА ПОСЕБНЕ СВРХЕ	39
4.1.	Челици за котрљајуће лежајеве	39
4.2.	Челици за вентиле и мотора	39
4.3.	Нерђајући и хемијски постојани челици	40
4.4.	Ватроотпорни челици	41
4.5.	Челици отпорни на хабање	42
4.6.	Челици за повишену температуру	43
5.	ЗАКЉУЧАК	44
6.	ЛИТЕРАТУРА	45

1. УВОД

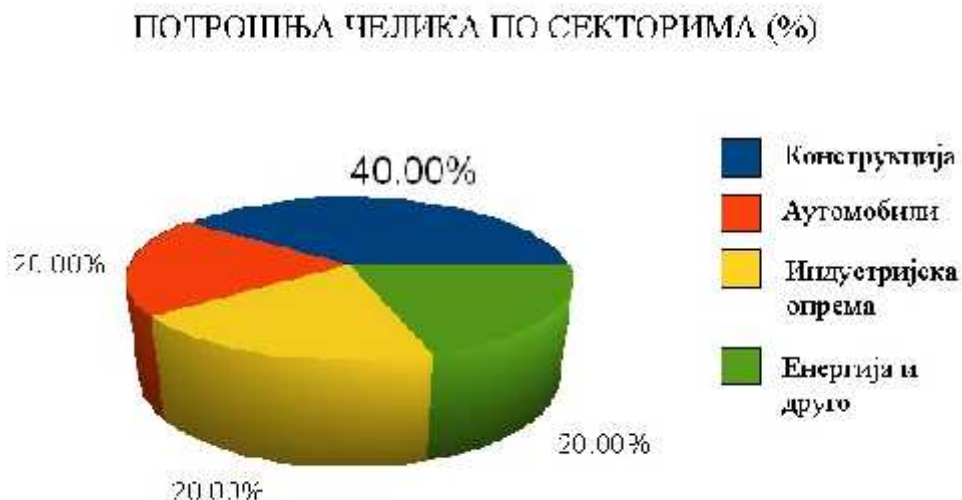
1.1. Челик

Челици су најчешћа коришћена група машинских материјала. У литератури постоји неколико дефиниција челика. Европске норме дефинишу челик као железни материјал погодан за топлу прераду. Такође, челик се може дефинисати као легура железа и угљеника (<2%) са или без додатка осталих легирајућих елемената. Важност челика у развоју цивилизације очитав се у чињеници да је тренутна годишња количина произведеног челика у свету око десет пута већа од укупне произведене количине свих осталих метала и легура. Годишње се у свету произведе више од милијарду тона челика. На слици 1.1 приказани су највећи произвођачи челика за 2012 годину. Челик је деформабилна железна легура која поред угљеника садржи и одређене примесе које могу бити корисне или штетне. Корисне примесе у челику су на пример хром, никал, молибден и тако даље, док су штетни углавном фосфор и сумпор. Вишеструка употреба челика првенствено произлази из његових упоредних својства односно могућности постизања добре комбинације чврстоће, жилавости, растезљивости, обликовања деформисањем на промене састава легирањем, топлотном обрадом итд.

Због економичног начина производње и повољних својстава челик може послужити за разноврсну примену. Челик се као материјал користи у свим гранама индустрије, рударству, грађевинарству, пољопривреди као и свим другим делатностима.



Слика 1.1 Највећи произвођачи челика



Слика 1.2 Приказ потрошње челика по секторима

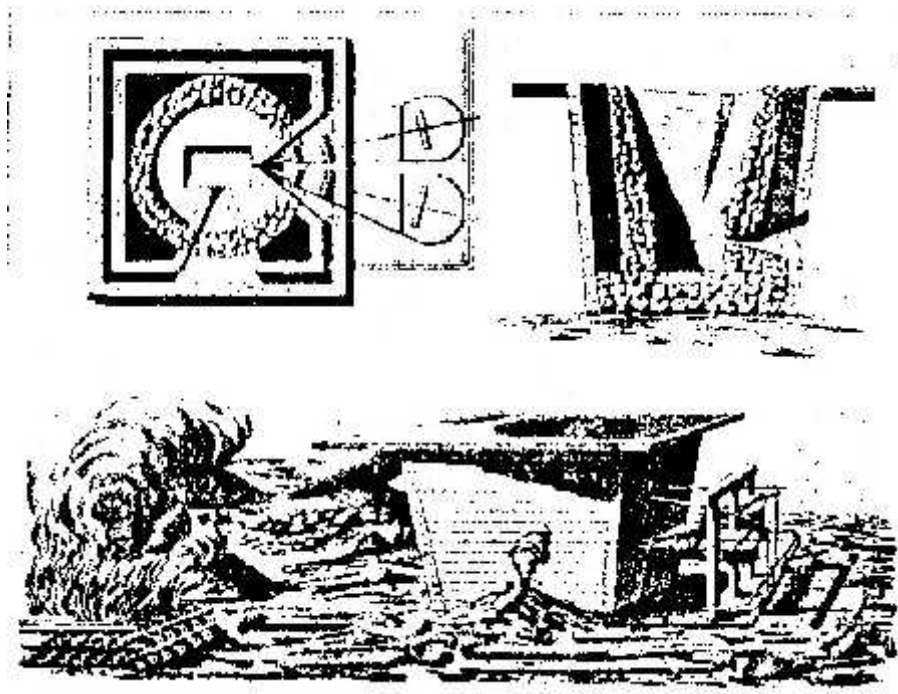
1.2. Историја производње челика

Производња челика почиње истовремено када и производња гвожђа. У плитком огњишту железна руда се покривала угљем који се палио, испод ватре настајала маса – надо. То је било гвожђе или челик. Плитка огњишта су грађена у Средњој Европи и Немачкој (слика 1.3). Однос запремине руде и дрвеног угља, који се користио за редукцију је био 1 : 4 а искоришћавало се само око 12% садржаја железа у руди.



Слика 1.3 Производња челика у плитком огњишту (Немачка - 15. век)

У гробовима у Индији пронађено оружје од челика пореклом из 6. века. Тај челик су домороци називали вуц и производио се у Хајделабаду у малим лонцима из смесе руде и угљеног праха. Индијски челик се извозио у Дамаск, где се развила производња оружја, мачева и сабљи (димискије). На слици 1.4 приказана је Окнаста пећ из Скандинавије, која се користила у 18 века.



Слика 1.4 Окнаста пећ из Скандинавије, конструкције из 18 века.

Према начину добијања челике делимо сходно поступку добијања, а то су:

Сименс-Мартенов процес (слика 1.5) - Даје врло квалитетан челик али је сам процес мање економичан у односу на друге. Велика му је предност што као сировину користи и старе отпатке гвожђа веома различитог састава. Производност је 16.000 kg/h. Такође је скупљи од Конверторског.

Бесемеров процес. - Обезбеђује врло високу продуктивност око 60.000 kg/h. Обзиром да се процес обавља у базично изиданом конвектору у растопљеном белом ливеном гвожђу одвија се оксидација примеса путем удувавања ваздуха, а у добијеном челику су присутне пратеће примесе у већем обиму.

Кисеонички поступак (LD Поступак, VOF поступак). Поступак код кога се у растопљено бело ливено гвожђе удувава чист кисеоник који врло бурно реагује и тако врши пречишћавање челика. Предност овог поступка је у могућности коришћења отпадака гвожђа и челика. Челик је чистији од Бесемеровог челика, а продуктивност је нешто мања, око 50.000 kg/h.

Електро процес (слика 1.6). - Користи се углавном за добијање врло квалитетног, углавном легираног челика. Топлота се ствара путем електричног лука или индукцијом, па су и производни трошкови знатно већи. Скуп поступак - квалитетан челик.



Слика 1.5 Сименс-Мартинов поступак



Слика 1.6 Челик из електро пећи

1.3. Подела челика

Челици могу да се поделе према:

- хемијском саставу,
- намени,
- структури,
- начину добијања,
- квалитету,
- облику и стању испоруке.



Слика 1.7 Шематски приказ поделе челика према намени

Према намени челици се деле на (слика 1.7):

- Конструкционе челике

Конструкционим челицима се називају они челици који се примењују за израду делова машина, носеће конструкције и грађевине. Они могу бити како угљенични и легирани челици. Садржај угљеника у овој групи челика не прелази 0,5-0,6%. Својства која је потребно да има конструкциони челик су чврстоћа, пластичност и жилавост заједно са добрим технолошким својствима. Челик треба да се лако прерађује притиском (ваљањем, ковањем, пресовањем итд.) и резањем. Треба да се добро заварује и да поседује малу склоност ка деформацији.

- Алатне челике

Алатни челик односи се на мноштво угљеничних и легираних челика који су посебно погодни за прављење алата. Њихова погодност за ову употребу долази од њихове изричите тврдоће, отпорности на абразију, њихове способности да држе оштрицу сечива, и њихове отпорности на деформацију при повишеним температурама. Алатни челик се, обично, користи у термички обрађеном стању.

- Челици са посебним својствима.

Према хемијском саставу челици се деле на:

- Угљенични челике,
- Легиране челике.

Према структури челици могу да буду:

- Феритни (Феритни челици садрже 13-17% Cr и <0,1% те имају феритну микроструктуру без способности фазне трансформације и уситњења зрна)

- Перлитни
- Аустенитни (Аустенитни челици углавном садрже 0,02-0,15% С, 15-20% Cr, 7-20% Ni уз могуће додавање одређене количине молибдена, титана, ниобија, тантала. Сви додаци, доводе до појаве ферита у микроструктури)
- Ледебуритне
- Мартензитни (Мартензитни челици имају повишени удео угљеника (0,20-1,0%), изнад 13% крома (до 18%) те могу садржавати и до 1,3% молибдена и 2,5% никла. Оптимална механичка својства и корозијска постојаност ове групе челика постиже се каљењем на зраку или у уљу и накнадним попуштањем.
- Мешовите, нпр. Феритно-перлитне челике, итд.

Под челиком подразумевамо легуре железа и угљеника, највише до 2,1%, и других елемената, а зависно од садржаја тих елемената разликујемо угљеничне и легиране челике.

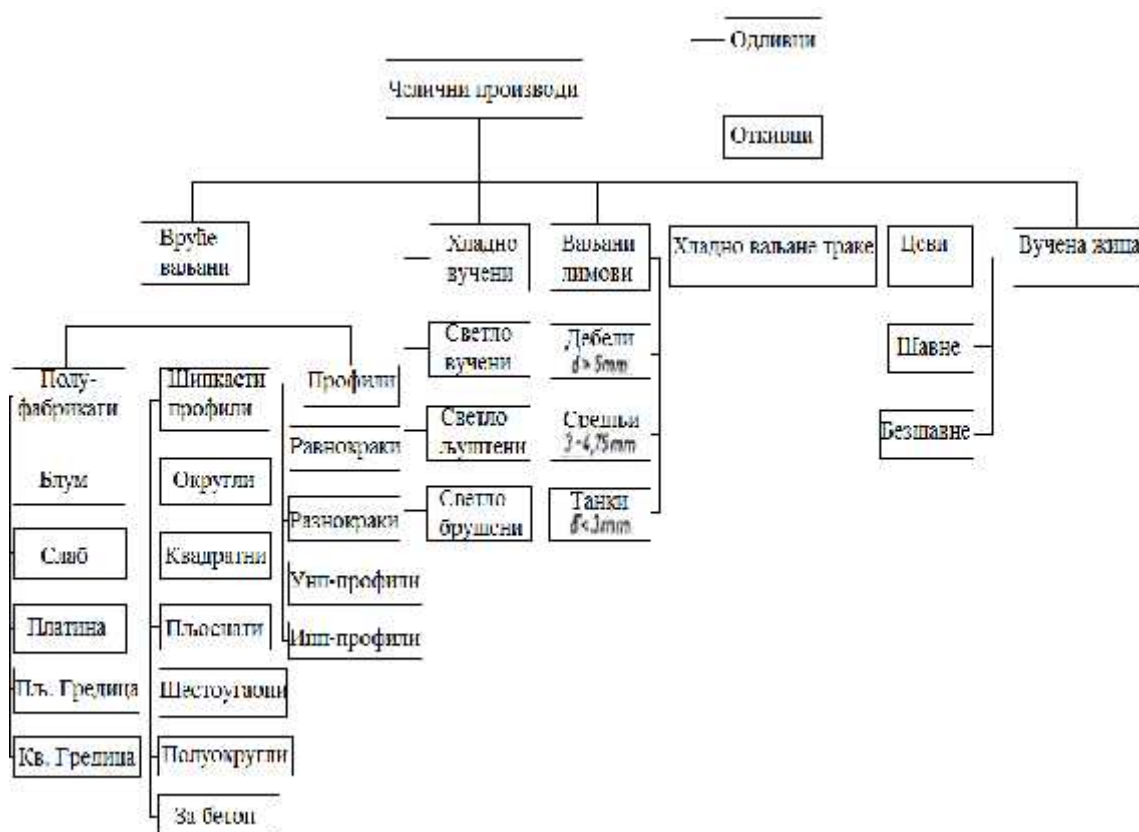
Према квалитету, тј. садржају сумпора и фосфора челици се деле на:

- челике обичног квалитета (угљеничне) са садржајем сумпора до 0,06% и фосфора 0,07%,
- квалитетне челике (угљеничне и легирани) са садржајем сумпора 0,035-0,04% и фосфора 0,035- 0,04%
- високо квалитетне челике (легирани) са садржајем сумпора до 0,025% и фосфора до 0,025%
- племените челике (легирани) са садржајем сумпора до 0,015% и фосфора до 0,015%

Према облику и стању полупроизвода челици се деле на (слика 1.8): ваљане, вучене, коване, ливене, брушене, пресоване и љуштене.

Ваљани се деле на:

- вруће ваљане,
- хладно ваљане.



Слика 1.8 Шематски приказ челичних производа

1.4. Угљенични челици

Угљенични челици су легуре железе и угљеника (са садржајем С до 2.0%), у којима су присутне примасе. На угљеничне челике отпада 90% светске производње челика, па они представљају основни материјал у машинској индустрији.

Према садржају угљеника, ови челици се деле на:

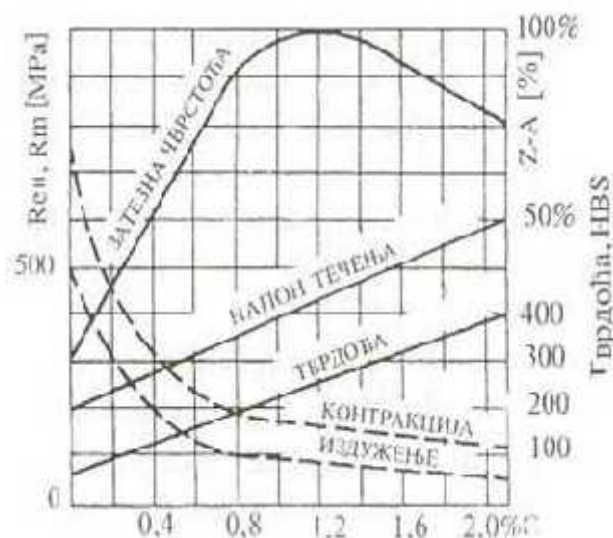
- нискоугљеничне до 0,25% С,
- средњеугљеничне од 0,25% до 0,6% С,
- високоугљеничне преко 0,6% С.

1.4.1. Утицај угљеника на структуру и својства угљеничних челика

Према нестабилном дијаграму стања, са порастом садржаја угљеника, структура челика се мења од феритне, феритно-перлитне, перлитне, до перлитно цементитне. Према томе, механичка својства угљеничких челика зависе од садржаја угљеника.

Садржај од 0,1% С повећава затезну чврстоћу челика за око 90 МПа, а напон течења за око 45 МПа. Поређење ради, а сличан пораст затезне чврстоће потребно је 1% Мп, Si или Cr. Значи, угљеник утиче на особине железе око десет пута више него наведени легирајући елементи.

Имајући у виду својства појединих структура челика, јасно је да са порастом садржаја угљеника код подеутектоидних челика значајно расте затезна чврстоћа, Rm, у мањој мери напон течења и тврдоће, а смањује се издужење, A, и контракција Z.



Слика 1.9 Утицај угљеника на механичка својства угљеничких челика

Код наеутектоидних челика са порастом садржаја угљеника и даље расту напоп теченја и тврдоћа. Затезна чврстоћа расте до приближно 1,2% C, када достиже максимум, а потом опада. Ово може да се објасни повећањем количине секундарног цементита који се издваја на границама перлитних зрна, при порасту садржаја угљеника. То доводи до смањења затезне чврстоће, а нема утицај на тврдоћу и напоп теченја.

Угљенични челици у свом саставу имају поред угљеника и пратеће примасе које заостају у процесу производње челика, као што су манган, силицијум, алуминијум, фосфор и сумпор. Најзначајнији присутни елемент је угљеник.

Садржај угљеника у угљеничним челицима зависи од примене тих челика. Тако код конструктивних челика тај садржај се креће од 0,1-0,8%, а код алатних челика је нешто повишен и креће се и од 1,35%. Садржај примаса не прелази стандардом предвиђене износе, а зависи углавном од чистоће челика.

1.5. Легирани челици

Легирани челици осим угљеника и примаса садрже и друге легирајуће елементе, који се додају ради побољшавања захтевних својстава. Легирани челици се деле према броју, садржаја и врсти легирајућих елемената.

Према броју легирајућих елемената, челици се деле на једнострукто и вишеструкто легиране.

Према укупном садржају легирајућих елемената, челици се деле на:

- ниско легиране - до 5% легирајућих елемената,
- високо легиране – више од 5% легирајућих елемената.

Ниско легирани челици имају исту структуру и сличне особине као угљенични (нелегирани) челици. Неке њихове особине побољшавају легирајуће елементе у зависности од врсте и количине. Главне предности ниско легираних челика у односу на угљеничне су већа жилавост при истој чврстоћи, виши напоп теченја, већа чврстоћа на повишеним температурама и мања склоност ка стварању прлина.

Високо легирани челици имају, по правилу, специјална својства која немају угљенични и ниско легирани челици, као што су ватроотпорност, отпорност према хабању, способност резања при црвеном усијању и корозиона.

Према врсти легирајућих елемената, разликују се више група челика, који се називају према легирајућим елементима: Cr-Ni челици, Cr челици, Ni челици, Mo челици, Cr-Mo-V челици, Mn челици, V челици, Si челици.

Садржај легирајућих елемената код легираних челика мора прећи стандардом предвиђене вредности одређене табелом 1.1.

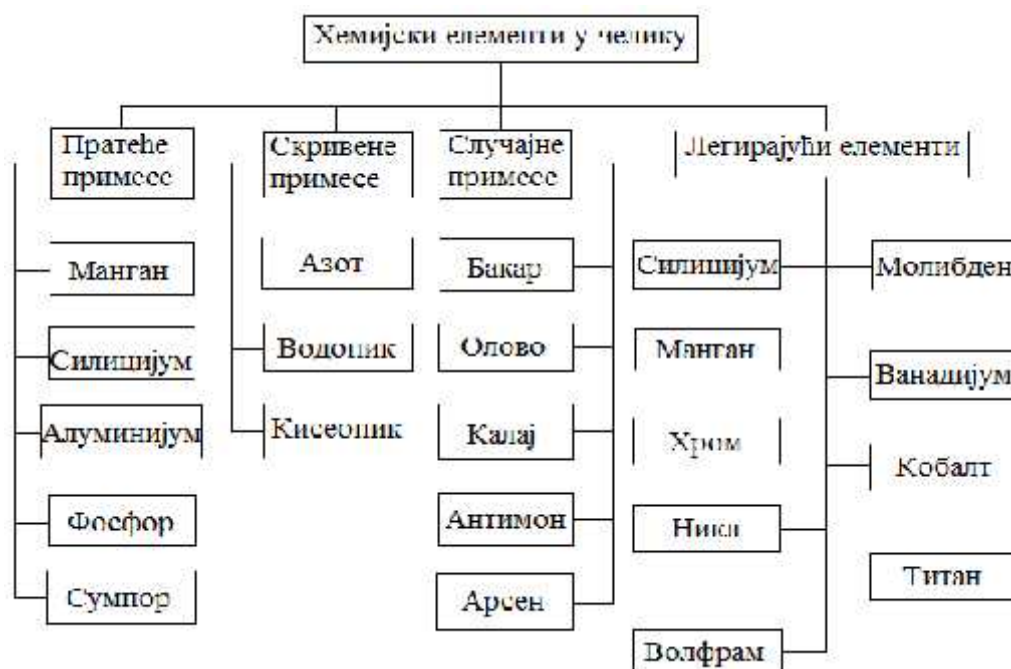
Наведене вредности у табели 1.1. односе се на средње садржаје легирајућих елемената, обзиром да и национални стандарди и каталози дају границе у којима се креће садржај легирајућих елемената.

Табела 1.1 Најмањи садржај легирајућих елемената

Елемент	Mo	V	Co	Ti	Al	W	Cr	Ni	Si	Mn
Најмањи садржај %	0,08	0,10		0,05	0,10	0,10	0,30	0,30	0,60	0,80

Према садржају легирајућих елемената легиране челике делимо на нисколегиране, са укупним садржајем свих легирајућих елемената до 5% и високолегиране са садржајем изнад 5%.

Хемијски елементи који се јављају у челике могу се сврстати у пратеће, скривене, случајне и легирајуће елементе, сл. 1.10.



Слика 1.10 Шематски приказ хемијских елемената у челику

Пратеће примесе у челику воде порекло из руде гвожђа (манган, силицијум, фосфор) из горива (сумпор) и од дезоксидатора (манган и силицијум). Количина

пратећих елемената зависи како од полазне сировине (руде, горива, топитеља) као и од самог поступка добијања челика

Скривене примесе у челику (кисеоник, азот и водоник) долазе из атмосфере са којом растопљени челик долази у контакт у процесу дезоксидације. Обзиром да је контрола њихових садржаја у челику веома сложена, то се она практично и не врши.

Случајне примесе у челику (бакар, олово, калај, антимон и арсен) потичу из полазне сировине – руде гвожђа, а њихова појава и садржај везани су за врсту руде.

Легирајући елементи у челику, силицијум, манган, хром, никл, волфрам, молибден, ванадијум, кобалт и титан, намерно се додају челицима и крећу се у садржајима изнад вредности датих у претходној табlici, са циљем да изменом хемијског састава и структуре омогући добијање жељених својстава.

1.6. Утицај пратећих и легирајућих елемената на особине челика

Силицијум – као пратећи елемент у челику креће се у садржају 0,2 – 0,3% и има веома сличан утицај на процес добијања челика као и манган, а потиче из руде или дезоксидатора – феросилицијума. Повећава вредност тврдоће, затезну чврстоћу и напон течења. Међутим, силицијум смањује релативно издужење и способност хладног обликовања. Количина изнад 0,5% силицијума смањује заварљивост.

Фосфор – се јавља као непожељна примеса и њен садржај мора бити сведен на најмању могућу меру, испод 0.06%. Фосфор жељезом ствара фосфид типа Fe_2P и Fe_3P . Тако фосфид типа Fe_3P се ретко јавља у челику већ углавном у структури сивог лива у облику врло ситних тврдих честица – фосфидне аутектике. Повећање садржаја фосфора у челику изазива појаву кртости у хладном стању које се одржава на повећању затезне чврстоће, граница течења и тврдоће и нагли пад ударне жилавости. Код челика за аутомате изузетно се садржај фосфора повећава и до 0,15%, чиме се побољшава обрадивост односно добија врло глатка површина.

Сумпор – као пратећи елемент у челику потиче из руде и продуката сагоревања и креће се у садржају највише до 0,06%, а представља непожељну примесу.

Сумпор при овим саржајима са жељезом гради врло штетно хемијско једињење сулфид жељеза FeS које се у структури челика углавном јавља на граници зрна. Обзиром на температуру топљења FeS је 985°C , то при топлој пластичној обради, која се одвија нормално изнад 1000°C , долази до топљења сулфид жељеза FeS што изазива црвени лом, осетно смањење ударне жилавости. Ради тога челици са већим садржајем сумпора не могу обрађивати топлотом деформацијом, обзиром да при обради настају топле прскотине.

Већи садржај сумпора у челику може бити и позитиван, ако се ради о челицима за аутомате када крти сулфид жељеза ствара при обради стругањем кратку и крту тзв. Ломљену струготину, чиме се постиже знатно боља продуктивност при резању. Више је склон сегрегацији од фосфора, смањује способност заваривања и жилавост.

Кисеоник – представља врло штетну примесу која се у челику не јавља само из производног процеса у виду оксида већ у челик доспева путем дифузије на повишеним температурама, посебно дуж граница зрна. Услед таког продирања кисеоника дуж границе зрна на повишеним температурама долази до прегоривања челика. Оксиди и

силикати, који настају током дезоксидације, могу створити влакнасту структуру. У челику, сличну структури дрвета, која делује штетно због могућности појаве лома.

Азот – се јавља као непожељна примеса чији се садржај креће у границама 0,01 – 0,03%, зависно од поступака израде челика. Присуство азота у челику изазива појаву старења која се поспешује хладном деформацијом, а то се огледа у повећању својстава чврстоће али уз осетно смањење ударне жилавости, што се код посебних квалитета челика мора контролисати. Може бити невезан у челику што је штетно, јер повећава могућност појаве кртог лома. Уколико је азот хемијски везан у облику алуминијум нитрат онда делује повољно. Хемијском анализом не може се утврдити да ли је азот у челику присутан у везаном или невезаном облику.

Водоник – представља врло штетну примесу која се у челику јавља посредно. Водоник се у челику јавља у атомском облику, као и азот, али има веома велику покретљивост, тако да жељезо може да напусти већ и на собној температури. Грешке у челику које изазива водоник називају се беле пеге, а представљају пукотине услед напрезања. Ова појава настаје после ковања или ваљања на температурама око 200°C, посебно код отковака већих димензија који се брзо хладе. Беле пеге у прелому се уочавају поља мат светле боје, а присуство водоника у челику се може избећи једино знатним мерама предрострожности у процесу производње. Присуство водоника у челику снижава жилавост и доводи до појаве кртости. Има неповољан утицај на способност заваривање.

Манган - се супституцијски раствара у фериту доприносећи порасту својстава отпорности челика. У угљеничним и нисколегираним челицима повећава отпорност заварених спојева према прслинама на топло јер образује стабилан сулфид мангана (MnS) високе температуре топљења ($\approx 1620^{\circ}\text{C}$) и тиме смањује количину штетне нискотопљиве еутектике Fe-FeS. Повећањем садржаја мангана у горе наведеним челицима до 1.5% расту јачина и жилавост уз одржање добре пластичности. При спором хлађењу легура Fe-C-Mn, зависно од садржаја Mn и C могу се добити следеће структуре: перлитна, перлитно-мартензитна, мартензитно-аустенитна и аустенитна. Практично се употребљавају само перлитни и аустенитни мангански челици, док су остале структуре непогодне за обраду деформисањем и машинску обраду. Најпознатији аустенитни мангански челик ($\sim 13\%$ Mn, 1% C) склон је ка прегревању, тј. наглом порасту металних зрна на вишим температурама. Овај челик, железаре испоручују у ливеном стању или као ваљане и коване делове. Мала пластичност аустенитних (Mn) челика може се повећати термичком обрадом, која се састоји из загревања до око 1000°C, прогревања и наглог хладјења у води. Овај поступак термичке обраде зове се гашење и изводи се само код аустенитних челика.

Хром - се у нискоугљеничним челицима обично налази у количинама до 0.3%, у легираним челицима 0.7-3.5%, у хромовим челицима 12-18% и у хром-никловим челицима 9-35%. Повишен садржај хрома у угљеничним и нисколегираним челицима погоршава њихову заварљивост на рачун побољшања прокаљивости. Повећава ватроотпорност аустенитних челика у оксидационим условима али делује мање ефикасно, него нпр. молибден или ванадијум. При садржају хрома изнад 12% челик је веома отпоран према корозији. Даљим повећањем садржаја хрома расте јачина и отпорност челика према корозији, али при Cr > 20% видно опада пластичност. Хром образује веома стабилне карбиде Cr₂₃C₆, Cr₇C₃ и Cr₃C₂, који се у челику могу налазити у слободном стању или повезани са Fe₃C. Ако челик садржи више угљеника него што је потребно за образовање перлита, то настају услови повољни за појаву слободних карбида хрома, који се издвајају по границама зрна, што може изазвати медјукристалну

корозију. Критична температура издвајања карбида износи 500-800°C. Хром изазива повећање критичне температуре A_{c1} , што доводи до тога да брзина растварања карбида у аустениту буде знатно мања од брзине растварања Fe_3C у угљеничним челицима. Због тога је при каљењу Цр-челика потребна виша температура и дуже време прогревања. Легуре Fe-Cr-C по очвршћивању могу имати следеће структуре: подеутектоидну, надеутектоидну, ледебуритну и феритно-карбидну. Практичну примену имају легуре свих структура. Са порастом садржаја хрома смањује се термичка проводност што захтева предострожност при загревању челика, нпр. при преради на топло, термичкој обради или заваривању.

Никал - растворен у фериту повећава јачину и жилавост уз одржавање високе пластичности. Деловање никла као аустенитизатора зависи у великој мери од садржаја хрома у челику. Легирани челици типа Cr-Ni са садржајем Ni изнад 8% при односу $Cr/Ni < 1.8/1$ имају чисто аустенитну структуру. Никал је састојак отпоран према оксидацији, а легуре које садрже 30-40% Ni оксидишу се приближно истом брзином као и чисти елементи. Никал у челику делује као графитизатор (разлаже цементит), па челици богати никлом треба да садрже што мање угљеника.

Бакар - у количинама које се обично срећу у конструкционим челицима (око 0.5%), повећава напон течења и јачину (P_{eh} и P_m), не погоршавајући битније особине пластичности и заварљивости. Повећава такође отпорност према атмосферској корозији.

Волфрам - даје челику ситнозрнасту градју на рачун образовања тешко растворљивих карбида. Прокаљивост се повећава релативно мало, а заварљивост погоршава због велике кртости завареног споја, посебно код челика са већим садржајем угљеника. Волфрам донекле повећава општу корозиону отпорност као и отпорност према међукристалној корозији аустенитних челика. Доприноси формирању σ - фазе у хром-никл челицима. У аустенитним челицима који садрже мале количине угљеника (испод 0.15%) додатком волфрама до 3% не погоршава се заварљивост. Легуре Fe-W-C по очвршћивању и хлађењу имају структуре: подеутектоидну, надеутектоидну, ледебуритну и феритну. Практичну примену имају све структуре и убрајају се у челике.

Ванадијум - се у специјалним челицима налази у границама 0.2-0.85%, а у челицима за рад на топло 1-1.5%. Он отежава заваривање челика услед повећања прокаљивости. Смањује осетљивост челика ка прегревању - карбиди ванадијума коче пораст зрна.

Тантал - је елемент са великом склоношћу ка образовању карбида и примењује се у аустенитним хром-никал челицима као стабилизатор који сузбија међукристалну корозију. Мора бити уведен у довољној количини, да веже сав угљеник и тако спречи образовање карбида хрома.

Алуминијум - показује већу склоност ка образовању нитрида - смањујући на тај начин осетљивост челика на процес старења. Додатак алуминијума у количини 0.02 - 0.2% утиче на величину зрна првобитног аустенита захваљујући кочионом деловању нитрида алуминијума и Al_2O_3 . У малим количинама алуминијум не само што кочи пораст зрна, већ такође смањује склоност ка закаљивању прелазне зоне. Челици са садржајем алуминијума изнад 1% су тешко заварљиви. Додатак алуминијума нерђајућим челицима повећава отпорност на оксидацију.

Титан - је легирајући елемент највећег афинитета према угљенику, па се стога често примењује као стабилизатор у челицима отпорним према киселинама, у циљу везивања угљеника и спречавања да настане карбид хрома. Ако однос садржаја титана према угљенику у челику испуњава стандардне захтеве онда ће такав челик бити неосетљив према међукристалној корозији. Образује се такође нитрид титана нерастворљив у чврстом стању, који делује као центар кристализације при фазним променама у чврстом стању. Титан повећава отпорност зава заваривања према прслинама на топло.

Ниобијум - показује велику склоност ка угљенику и образује карбид NbC. Често се примењује у микролегираним челицима у количини до 0.05%. Његов користан утицај на особине челика заснива се пре свега на кочењу процеса сегрегације. Такође, хромни феритни челици који садрже ниобијум мање су осетљиви према прслинама на топло. Сужава аустенитно подручје, смањује прокаљивост и побољшава заварљивост.

Бор - је елемент који образује карбиде и веома повећава прокаљивост челика ако се дода у малим количинама. При већим садржајима бора прокаљивост челика опада и подела челика 229 настаје крта грубозрнаста структура. Обично се додаје челицима у малим количинама - око 0.003%. Према литературним подацима бор проширује подручје у гвожђа. У аустенитним хром-никл челицима микрододаци бора повећавају термо-постојаност што је повезано са ојачањем граница зрна.

1.7 Означавање челика

1.6.1. Означавање челика по старим стандардима

Челици се означавају низом словних и бројчаних симбола. Општа ознака челика може да се представи на следећи начин:

Ћ XXXX(X).X(X...)-X(X...)

- словни симбол : Ћ - ознака за челик или
- ЋL - ознака за челични лив
- основна ознака - састоји се из четири или пет бројчаних симбола којима се означава врста челика.
- допунска ознака - састоји се из једног, два или више бројчаних или словних симбола или њихових комбинација, којима се означава намена, односно стање производа.
- остале допунске ознаке - састоје се из једног, два или више бројчаних или словних симбола или њихових комбинација, којима се по потреби означавају друге карактеристике челика.

Основна ознака за квалитет челика састоји се из четири бројна симбола, а образује се зависно од врсте челика. Тако према броју симбола на првом месту у основној ознаци разликујемо:

- Симбол 0 – означава припадност групи угљеничких челика са гарантованим механичким својствима,
- Симбол 1 – означава припадност групи угљеничких челика са гарантованим хемијским саставом,

- Симбол 2-9 означава припадност групи легираних челика.

1.6.1.1. Угљенични челици са гарантованим механичким својствима

У ову групу челика спадају угљенични челици трговачког квалитета и челици са прописаним механичким својствима, али се не прописују хемијски састав. Само се у извесним случајевима прописује максимални садржај нечистоћа, у првом реду фосфора и сумпора.

Симбол на првом месту (I): означава припадност групи челика са негарантованим саставом и има симбол 0 (нула).

Симбол на другом месту (II): означава групу минималне називне затезне чврстоће према наведеном и то: код вруће ваљаних челика у стању испоруке, односно у нормализованом стању ако ових стања има више, а код хладно деформисаних челика у стању које је претходило хладној деформацији :

Симбол на II месту :

- трговачки квалитет,
- до 339 МПа,
- 340-369 МПа,
- 370-399 МПа,
- 400-499 МПа,
- 500-599 МПа,
- 600-699 МПа,
- 7 више од 700 МПа.

Симболи на трећем и четвртом месту (III, IV): означава редни број челика према :

- 0-45 трговачки квалитет,
- 45-89 гарантована чистоћа,
- 90-99 челици за аутомате.

1.6.1.2. Угљенични челици са гарантованим хемијским саставом

За ову групу челика гарантује се састав само садржаја угљеника и максимални садржај нечистоћа.

1. Симбол на првом месту: означава припадност овој групи челика и означава са "1".
2. Симбол на другом месту: означава десетоструку вредност максималног садржаја угљеника у процентима, заокружену на цео број. Ако је садржај угљеника 0,9% и преко 0,9%, тада се увек пише симбол "9".
3. Симбол на трећем и четвртом месту: означава редни број челика према:
 - 00-19 Челици ненамењени термичкој обради,
 - 20-29 Угљенични и легирани челици за цементацију,
 - 30-39 Угљенични и легирани челици за побољшање,

- 40-49 Угљенични и нисколегирани челици за алате,
- 50-59 Високолегирани челици за алате,
- 60-69 Челици са нарочитим физичким својствима,
- 70-79 Челици хемијски постојани и ватроотпорни,
- 80-89 Слободно,
- 90-99 Остали и челици за аутомате.

1.6.2. Означавање челика према ЕН 10027-1:

Према ЕН 10027-1 ознаке челика су сврстане у 2 основне групе:

- Група 1 челици дефинисани подручјем примене и механичким и физичким својствима
- Група 2 челици дефинисани хемијским саставом.

ОЗНАКЕ 1. ГРУПЕ

За челике који се означавају на основу употребе и механичких и физичких својстава ознака почиње са једним словом којих има 11:

- S - конструкциони челик,
- B - челици за армирање бетона,
- Y - челици за пренапрегнути бетон,
- E - челици за машиноградњу,
- L - челици за ценоводе,
- P - челици за посуде под притиском,
- H - високочврсти равни челични производи за хладно обликовање,
- D - остали равни челични производи за хладно обликовање,
- R - челици за шине или у облику шина,
- T - челици за лимове и траке за паковање,
- M - челици за лимове и траке у електротехници (праћени додатнимознакама).

Уколико је челик назначен у облику челичног одливка његовој ознаци мора претходити слово G.

За челике са првом ознаком S, P, L, B и E (челици за конструкције) после прве ознаке пише се број који се односи на најмању вредност напона течења Re.

ПРИМЕРИ:

S355JO (S-општи конструкциони челик, 355-мин вредност Re у МПа, JO-утошена енергија удара при лому је 27J),

P265NB (P-челик за посуде под притиском, 265-мин вредност Re у МПа, N-нормализован, B-за боце за гас),

L360Q (L-челик за цеви, 360-мин вредност Re у МПа, Q-каљење и отпуштање).

Када ознака почиње са Y, R, после првог симбола стоји најмања вредност затезне чврстоће R_m.

Y1770C (Y-челик за преднапрегнуте бетонске конструкције, 1770-мин вредност R_m, C-хладно вучена жица),

R900Mn (R-челик за шине, 900-мин вредност R_m, Mn-са повећаним садржајем мангана)

Означавање челика са дефинисаним подручјем примене и механичким и физичким особинама:

S355 JO

S – општи конструкциони челик

355 – мин. R_v= 355 МПа

JO – 27 J на 20°C

Пример конструкционог челика:

S355K2G2W

S355K2G2W – група 1 - челици са дефинисаним механичким и физичким особинама, општи конструкциони челик

S355K2G2W – граница развлачења R_e= 355 N/mm²

S355**K**2G2W – енергија лома= 40 J, при испитаној температури -20°C

S355K2G2W – прописане додатне особине (да би се сазнале неопходно је поседовати одговарајући податак о стандарду EN-10027-1)

S355K2G2**W** – атмосферски постојани челик

2. КОНСТРУКЦИОНИ ЧЕЛИЦИ СА ГАРАНТОВАНИМ СВОЈСТВИМА ЧВРСТОЋЕ

2.1. Општи конструкциони челици

У ову групу челика спадају угљенични и нисколегирани челици са утврђеним механичким својствима. Општи конструкциони челици се примењују за израду заварених конструкција и цевовода, конструкција спојених вијцима и заковицама, у високоградњи, мостogradњи, хидроградњи и машиноградњи или за даљу прераду хладним пресовањем, вучењем и врућим ковањем или ваљањем. Према стандарду ЈУС С.В0.500/70, општи конструктивни челици деле се на 6 група:

Групи О припада челик чија је ознака Č0000 који се користи за неодговорне делове.

Групи А припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 0; користе се за статички оптерећене заварене конструкције које нису изложене већим температурним променама, нити температурама нижим од -10°C (Č0270, Č0370, Č0460).

Група Б припадају челици чија се основна ознака завршава са бројем 1; користе се за одговорне заварене конструкције код којих не постоји опасност од кртог лома. Могу да буду изложени раду на температури нижим од -10°C (Č0361, Č0371, Č0461 и Č0561).

Групи Ц припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 2; користе се за одговорне заварене конструкције изложене статичким или динамичким оптерећењима, али не и ниским температурама (Č0362, Č0562).

Групи Д припадају челици чије се основна ознака завршава бројем 3; користе се за одговорне заварене конструкције изложене динамичким оптерећењима и ниским температурама, до -30°C (Č0363, Č0463, Č0563).

Група М припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 5 на задњем месту у основној ознаци а користе се за одговорне отковке и друге елементе у машиноградњи, нпр. јако оптерећене осовине, вратила, вретена, клинове, ручице, зупчанике, тушеве и др. (Č0545, Č0645, Č0745).

2.2. Финозрни конструкциони челици

Финозрни конструкциони челици су потпуно умирени. Елементи као сто су ванадијум, ниобијум, титан, који се везују у нитриде, или нитриде и кабриде, дају челик са финим (ситним) зрном. Финозрни конструкциони челици користе за израду цевовода за високе притиске, посуде под притиском, елементе друмских возила, железничких вагона, цистерни за превоз гаса, мостова, индустријских хала, различитих заварених конструкција и посебне намене. Ова група челика обухвата:

- основне челике,
- челике за повишене температуре,
- челике за ниске температуре.

Финозни конструктивни челици или челици повишене чврстоће припадају групи заварљивих челика чија граница течења је од 250-500 МПа.

Остваривање веома добре заварљивости при високој граници течења се постиже микролегирањем нискоугљеничних челика додатком првенствено малих количина ниобијума, никла, алуминијума, молибдена, титана и цирконијума.

Ради повећања својства чврстоће у пракси се користи низ принципа, а најпознатији начин је повећање учешћа структуре перлит у микоструктури челика, путем повећања садржаја угљеника у челику. Међутим, завареним конструкцијама то није повољно, јер са повећањем садржаја угљеника се смањује способност заваривања.

Основна предност финозних конструктивних челика да се методом микролегирања стварају фина зрна не изменом садржаја угљеника, већ путем уситњавања металних зрна, односно стварања нитрита и карбида микролегирајућих елемената које се смештају на границама металног зрна и спречавају његов раст аустенитном подручју.

Сви финозни конструктивни челици имају најмање 0,15% алуминијама или 0,02% ниобијума или 0,05% ванадијума, односно комбинацију наведених елемената.

2.2.1. Механизам ојачања угљеничних конструктивних челика

Ради повећања својстава чврстоће у пракси, као што је познато, користи се низ принципа – механизам ојачања, који се могу сврстати у четири групе:

- ојачавање чврстим раствором,
- ојачавање таложењем,
- ојачавањем рафинацијом зрна,
- ојачавање изменом структуре.

2.2.1.1. Ојачавање чврстим раствором

Позната је појава да бројни елементи као азот, фосфор, манган, силицијум као и сам угљеник, растварају се субституцијски или интерстицијски градећи чврсте растворе.

Тако је у процесу деформације при савијању субституционалног раствора, где атоми додатног елемента замењују атоме основног елемента, долази до ремећења кристалне мреже што изазива појаву еластичних сила око атома додатног елемента. Механизам ојачавања се објашњава чињеницом да је за кретање дислокација кроз поремећену кристалну мрежу потребне допунске енергије да би се савладале те препреке.

Ојачавање металне основе, тј. Челика путем чврстих раствора, тј. додавањем легирајућих елемената повећава се граница течења и затезна чврстоћа чиме се постиже ефекат ојачања.

2.2.1.2. Ојачавање челика таложењем

Ојачавање челика таложењем настаје услед присустваfino распоређених карбидних фаза, нпр. титана, ниобијума и других у феритној основи.

Постојање талогa, облика врло ситних тврдиh честица изазива ремећење кристалне мреже и појаву унутрашњих сила које спречавају кретање дислокације. Како

дислокације не могу да пробију честице талоба, то оне се прибијају њима, мењају правац кретања, размножавају се, што захтева допунску енергију при деформисању, чиме се постиже ефекат ојачања.

2.2.1.3. Ојачавање рафинацијом зрна

Рафинација зрна представљају процес уситњавања металних зрна услед чега настаје ојачавање челика. Наиме, уситњена метална зрна имају знатно већи отпор челика кретању дислокација с обзиром на већи број и дужину граница зрна, а тиме се постиже не само неопходна потребна величина границе течења већ и температура прага хладног лома се помера ка нижим температурама а истовремено се не чине потешкоће при заваривању и обликовању челика.

2.2.1.4. Ојачавање присуством друге фазе

Повећање границе течења челика повишене чврстоће изнад 600 МПа могуће је применом посебне технологије топлотне обраде која има циљ стварања неке друге фазе у феритној основи.

Механизам ојачавања заснован је на примени посебног термичког третмана после топлог ваљања тзв. континуалног жарења.

У процесу загревања и ваљања феритне основе са карбидним фазама на границама зрна, услед топле деформације феритна структура поприма оријентисану структуру и одређено ојачање, док карбидне фазе се уситњавају.

Температура загревања у циљу ваљања челика износи 1300°C услед чега сви микролегирајући елементи улазе у чврсти раствор.

2.3. Челични лимови

Зависно од дебљине челични лимови се деле на:

- дебеле, дебљине изнад 5 mm,
- средње, дебљине изнад 3 до 5 mm,
- танке, дебљине испод 3 mm.

Челични лимови се израђују од како квалитета челика намењеним за израду лимова обрађеним у овом поглављу, тако и од других квалитета угљичних и легираних челика. У пракси се користе и посебни квалитети челика од којих се израђују лимови као што су котловски лимови, лимови за резервоаре цеви и др.

Прерада челичних лимова изводи се топлим ваљањем. Процес топлог ваљања састоји се из следећих операција:

- топло ваљање,
- равнање топлог лима,
- хлађење,
- резање на одређеним димензијама,
- евентуална термичка обрада.

На слици 2.1 приказан је пример челичних лимова.



Слика 2.1 Челични лимови

2.4. Челици за траке

Челици који се користе за израду хладно ваљаних трака са различитим степеном тврдоће имају садржај угљеника испод 0,1%, а спадају у групу нискоугљеничких челика од којих се такође израђују танки лимови и жица.

Челици за траке (слика 2.2) обзиром на веома низак садржај угљеника могу бити посебним третманом ојачане, што се означава допунском ознаком. Основни материјал од кога се израђују хладно ваљане траке су челици Č0146, Č0147, Č0148.



Слика 2.2 Челични траке

2.5. Челици за жицу

Челици намењени за израду челичних жица према примени могу се поделити на три групе, и то жице:

- обичне, од челика Č0146 и Č0147,
- специјалне, од челика Č0146 и Č0147,

вучене челичне жице за термичку обраду и специјалну примену израђене од челика за аутомате, конструктивних и алатних челика. Челици који се примењују за израду топло ваљаних или хладно вучених жица могу бити различитих квалитета, али се могу сврстати у следеће основне групе:

- челици за вруће ваљане жице,
- нискоугљенични челици за вучену жицу,
- челици за вучену жицу за посебну намену,
- челици за вучену жицу за заварене грађевинске конструкције,

- челици за вучену жицу за ужад,
- челици за вучену патентирану жицу,
- челици за вучену термичку обрађену жицу.

Челична жица се испоручује нормално у котуровима, везане на 3 места, са плочицом о подацима о челику. Изузетно жица се може испоручити и у облику шипки:

- фина жица, пречника 0,2-1,0 mm,
- танка жица, пречника 1,10-1,80 mm,
- средња жица, пречника 2,0-4,6 mm,
- дебела жица, пречника 5-12 mm,
- Вруће ваљана челична жица.

Вруће ваљана челична жица израђена од угљеничних челика намењена је за даљу прераду, нпр. вучењем или ваљањем жице. На слици 2.3 приказана је челична бодљикава жица, а на слици 2.4 челична паљена жица.



Слика 2.3 Челична бодљикава жица



Слика 2.4 Паљена челична жица

Челици који се примењују за израду топло ваљаних или хладно вучених жица могу бити различитих квалитета, али се могу сврстати у следеће основне групе:

- челици за вруће ваљане жице,

- нискоугљенични челици за вучену жицу,
- челици за вучену жицу за посебну намену,
- челици за вучену жицу за заварене грађевинске конструкције,
- челици за вучену жицу за ужад,
- челици за вучену патентирану жицу,
- челици за вучену термичку обрађену жицу.

Челична жица се испоручује нормално у котуровима, везане на 3 места, са плочицом о подацима о челику. Изузетно жица се може испоручити и у облику шипки:

- фина жица, пречника 0,2-1,0 mm,
- танка жица, пречника 1,10-1,80 mm,
- средња жица, пречника 2,0-4,6 mm,
- дебела жица, пречника 5-12 mm,
- Вруће ваљана челична жица.

Вруће ваљана челична жица израђена од угљеничних челика намењена је за даљу прераду, нпр. вучењем или ваљањем жице.

Зависно од намене разликујемо две групе челика за вруће ваљане жице, и то:

Група А, нискоугљенични конструкциони челици са садржајем од 0,08 до 0,22% угљеника

Група Б, угљенични конструкциони челици са садржајем угљеника од 0,12 до 1% угљеника, уз додатка врло малих количина бакра, хрома и никла.

Вучена челична жица од нискоугљеничних челика – обична, израђује се од конструктивних челика, групе А.

Зависно од стања испоруке односно нивоа затезне чврстоће разликујемо два стања, и то:

Мека челична жица, означена симболом М, са називном затезном чврстоћом највише од 490 МПа,

Тврда челична жица, означена симболом Т, са називном затезном чврстоћом најмање 440 МПа.

Обична челична жица испоручује се као:

- гола – означена симболом G,
- поцинкована – означена симболом С.

Вучена челична жица од нискоугљеничних челика, за посебне намене израђује се од конструктивних челика, групе А.

Зависно од стања испоруке односно нивоа затезне чврстоће разликујемо три стања, и то:

- Мека челична жица, означена симболом М, са затезном чврстоћом до 490 МПа,

- Полутврда жица, означена симболом Р, са затезном чврстоћом 440-590 МПа,
- Тврда челична жица, означена симболом Т, са затезном чврстоћом изнад 590 МПа.

Према изгледу површине челична жица за посебне намене може бити жарена, вучена или поцинкована.

2.5.1. Челична жица за ужад

Челична жица (слика 2.5) од које се плетењем израђују ужад за опште сврхе израђени су од челика који се према вредности затезне чврстоће деле на четири групе: 1370, 1570, 1770 и 1960 МПа.

Тако висок ниво затезне чврстоће може се постићи само патентирањем. Стање површине, зависно од потребе, може бити: гола, поцинкована и накнадно вучена и јако поцинкована.



Слика 2.5 Челична ужад

2.5.2. Челици за вучену патентирану жицу

Под патентирањем жице подразумевамо поступак термичке обраде жице а који се састоји у загревању жице. Патентирана вучена челична жица израђује се од квалитета групе Б према избору произвођача, али се морају задовољити вредности затезне чврстоће, које су зависне од дебљине жице.

Стање површине патентираних жица може бити:

- светло,
- побакарена,
- фосфорна.

2.5.3. Вучена челична жица за термичку обраду

Вучена челична жица израђује се од низа легираних челика. Челична вучена жица намењена за термичку обраду испоручује се у меко жареном стању, вучено на одређеном затезну чврстоћу и тврдо вученом стању.

Меко жарено стање је нормално стање за испоруку чиме се омогућује добра механичка обрада и добра припрема за термичку обраду.

Вучено стање жице постиже се, у споразуму произвођача и потрошача, одређеним степеном хладног вучења.

Тврдо вучено стање жице постиже се датим степеном хладног вучења без накнадног меког жарења.

2.6. Челици за израду завртња и навртки

Ова група нискоугљеничних челика, са највећом дебљином полуфабриката до 40 mm, примењује се за израду завртњева (слика 2.6), навртки и закивака хладним или топлим поступком.

Жељена својства чврстоће при прорачуну могу се постићи са већим бројем квалитета челика, почев од нискоугљеничних челика до угљеничних вучених челика и нисколегираних челика за побољшање. Анализирајући групу челика намењених само за израду завртњева, навртки и закивака уочавамо да се они зависно од њиховог поступка израде деле у три групе:

Група А. – Челици намењени за хладни и топли поступак израде завртњева и закивака. Тако челици ове групе имају смањени садржај примеса, сумпора и фосфора, што обезбеђује веома добар пластична својства односно мало су склони појави прскања у хладном и топлим стању.

Група Б. – Челици намењени за топли поступак израде навртки. Тако ови челици имају као примесу повећан садржај фосфора што обезбеђује смањену склоност ових челика на појави топлих прскотина.

Група Ц. – Челици намењени за хладне поступке израде навртки. Тако ови челици имају као примесу повољан садржај сумпора ради боље обрадивости.



Слика 2.6 Завртњеви

2.7. Челици за ланце

Ова група челика, обрађена информативно, састоји се од две групе челика и то:

- Угљеничних челика са гарантованим механичким својствима,
- Нисколегираних челика.

Основна одлика ове групе челика је способност за чеоно заваривање варничењем а код неких пречника до 20 mm и тупо отпорно заваривање притиском. На слици 2.7 приказан је пример челичног ланца за моторе.



Слика 2.7 Челични ланци

3. КОНСТРУКЦИОНИ ЧЕЛИЦИ СА ГАРАНТОВАНИМ ХЕМИЈСКИМ САСТАВОМ

3.1. Челици за цементацију

Челици за цементацију су конструкциони челици са малим садржајем угљеника (0,1 – 0,25%), који се користе за делове код којих се површински слој цементира или карбонитрира. После цементирања или карбонитрирања и одговарајуће термичке обраде постиже се висока тврдоћа, отпорност према хабању и корозији површинског слоја, док језгро задржава добру жилавост. Према хемијском саставу челици за цементацију могу да буду угљенични и легирани.

3.1.1. Угљенични челици за цементацију

Ови челици су нискоугљенични са садржајем угљеника до 0,2% (Ћ1120, Ћ1121, Ћ1221, Ћ1281). Употребљава се за израду делова малих димензија и једноставних облика, изложених хабању и малим оптерећенима, где се не захтева висока чврстоћа језгра (ручице, полуге, рукавци, зглобови). Челици Ћ1120, Ћ1121 су нелегирани угљенични челици релативно добре отпорности на хабање али мале ударне жилавости језгра. Веома су добро заварљиви топљењем. Најбоља обрадивост скидањем струготине је у жареном стању на ферлитно-перлитну структуру док меко жарено стање изазива појаву мазања посебно при провлачењу.

Челици Ћ1120, Ћ1221 и Ћ1281 су нелегирани угљенични челици са добром отпорношћу на хабање, малом прокаљивошћу и ниском ударном жилавошћу језгра. Веома добро заварљив топљењем.

3.1.2. Легирани челици за цементацију

Ови челици су нисколегирани са хромом, манганом, никлом, молибденом, са садржајем угљеника 0,18 – 0,24 % (Ћ4120, Ћ4721, Ћ5420, Ћ7420). Користе се за израду делова већих димензија, јаче оптерећених и одговорних, код којих се захтева висока тврдоћа површинског слоја и довољно висока чврстоћа и жилавост језгра. Хромни челик у односу на угљеничне челике има повишену прокаљивост а код предмета обраде малих димензија и повећана својства чврстоће.

Челик Ћ4120 је једноструко легирани челик хромом са веома израженом отпорношћу на хабање. Најбоља обрадивост скидањем струготине је у жареном стању на ферлитно-перлитну структуру док меко жарено стање изазива појаву мазања посебно при провлачењу.

Челик Ћ4721 је хром-молибденски челик који се одликује високом ударном жилавошћу језгра после изведене термичке обраде. Челик је али се при заваривању топљењем морају применити одговарајуће технолошке мере. Могућа је примена поступка хладне деформације али само у меком жареном стању. Пример примене: радилица, зупчаници мењачких кутија, осовине, клинови и друго.

Челик Ћ5420 је хром-никл челик са веома великом прокаљивошћу и малом склоношћу за растом аустенитног зрна. Најбоља обрадивост скидањем струготине

постиже се у меком жареном стању. Нису предвиђене заваривањем али само уз врло оштре мере предострожности могуће је заваривање топљењем.

Челик Č7420 је молибден-хром челик који се користи за веома одговорне делове од којих се захтева повишена чврстоћа. Пример примене: зупчаници мењачких кутија.

3.2. Челици за побољшање

Машински елементи изложени јаким променљивим и ударним оптерећењима израђују се од угљеничних и нисколегираних челика који се термичким третманом доводе до потребних и жељених својстава.

Побољшање је процес термичке обраде који се састоји од каљења и високог отпуштања и њиме се постиже повећање својстава границе течења, уз знатно високе вредности ударне жилавости, чиме се конструктивним деловима обезбеђује сигуран и дуготрајан рад у експлоатацији. Што представља да челици за побољшање после термичке обраде имају високу вредност напона течења и затезне чврстоће, добру пластичност, малу осетљивост на концентрацију напона, високу вредност динамичке чврстоће и довољну жилавост. Према хемијском саставу челици за побољшање се деле на:

- угљенични и
- легиране.

3.2.1. Угљенични челици за побољшање

Угљенични челици за побољшање су челици са садржајем угљеника 0,3 – 0,5%. Ови челици се употребљавају за израду делова пресека до 100 mm. Имају малу склоност ка образовању прлина, али су осетљиви на зарезе. За израду конструкционих делова који су мање оптерећени употребљавају се челици Č1330, Č1430, а за оптерећеније делове Č1530, Č1531, Č1580, Č16301, Č16302, Č16303, Č1630, Č1631, Č1680, Č1730, Č1731, Č1780 (коленаста вратила (слика 3.1), брегасте осовине, осовинице клипова, завртњи, зупчаници).



Слика 3.1 Коленасто вратило

3.2.2. Легирани челици за побољшање

За израду делова већег попречног пресека до 250 mm, употребљавају се челици легирани хромом, никлом, молибденом и ванадијумом. Хром-челици Č41301, Č41302, Č4132 и Č41321 су погодни за израду делова релативно малих димензија (осовина ,

мањих вратила, клинова, полука и навртки), челици Č41331, Č4130, Č4180 имају повишене чврстоће и употребљавају се за одговорније делове (коленаста вратила, осовине – слика 3.3, зупчанике - слика 3.2, завртње), а челици Č4131, Č4181, Č4134, Č4184 се користе за делове изложене хабању, али без већих ударних оптерећења (велики зупчаници и вратила). Хром-никл-молибден челици (Č5430, Č5431, Č5432) имају високу вредност затезне чврстоће и напона течења, добру жилавост и високу вредност динамичке чврстоће, па се користе за израду делова који су јако оптерећени наизменично променљивим оптерећењима.



Слика 3.2 Зупчаник израђен од легираних челика за побољшање



Слика 3.3 Осовина за циркулар израђена од легираних челика за побољшање

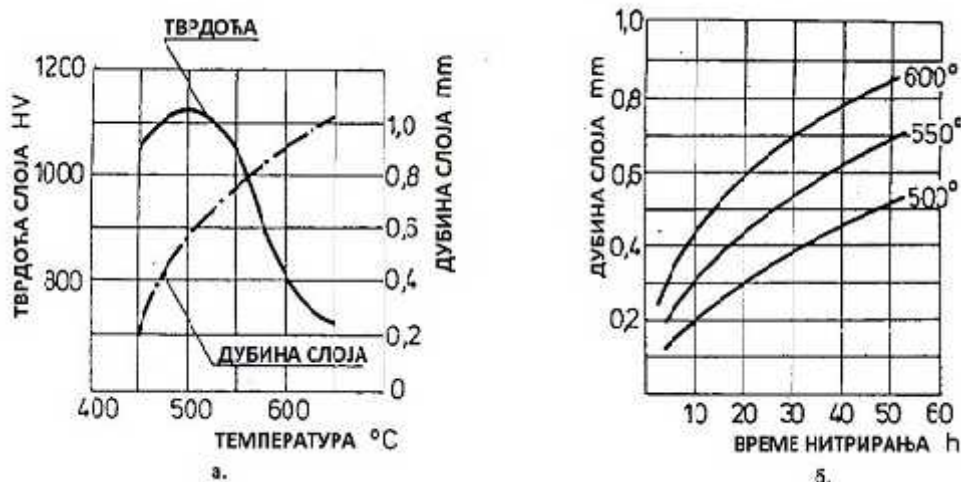
3.3. Челици за нитрирање

Нитрирање челика је процес отврдњавања површинског слоја који се постиже дуготрајним загревањем у срединама богатим елементарним азотом. Основна одлика овог процеса је да се он изводи на релативно ниским температурама после изведеног побољшања, тако да се не изазивају трајне деформације предмета обраде и нема заосталих напона услед каљења. Нитрирањем се постиже врло висока тврдоћа површинског слоја што обезбеђује велику отпорност на хабање уз истовремено веома добру постојаност на повишеним температурама. Такође је боља динамичка чврстоћа и мања осетљивост према кртом лому.

Челици за нитрирање у свом саставу имају повећан садржај елемената који стварају нитриде као што су хром, алуминијум, молибден и друго. У пракси се примењује гасно нитрирање, које се може у довољној мери аутоматизовати и меко нитрирање. Нитрирање се изводи после побољшања и представља задњу операцију у изради предмета обраде али при испоруци челика за нитрирање се испоручује у термичком необрађеном стању, побољшаном стању или меком жареном стању.

За процес нитрирања су карактеристичне две појаве и то:

а) за одабране параметре процеса нитрирања неће се добити највећа вредност тврдоће и дубине нитрираног слоја, што илуструје слика 3.4. под а).



Слика 3.4 Зависност дубине неприродног слоја тврдоће нитрираног слоја од температуре нитрирања.

Да би се добила највећа тврдоћа површинског слоја и највећа могућа дубина отврднутог слоја изводи се двоструко или троструко нитрирање, чиме се постиже скраћење процеса нитрирања.

Првим нитрирањем на нижим температурама нитрирања око 500-510°C постиже се највећа тврдоћа а при другом или трећем нитрирању на вишим температурама 550-570°C постиже се највећа дубина отврднутог-нитрираног слоја. При вишеструком нитрирању први ступањ нитрирања не утиче на други ступањ.

Дубина нитрираног слоја креће се највише до 0,8 mmа време постизања ове дубине, с обзиром на горе наведене особиности нитрирања, се може оријентационо утврдити према дијаграму слика 3.100 под б.

б) Нитрирање се може изводити на свим челицима, али пуни ефекти се само код челика који у себи имају и садржај елемената који граде нитриде.

Челик за нитрирање Š4735 има тврдоћу у меко жареном стању 248 HV док тврдоћа површинског слоја после нитрирања је око 950 HV.

3.4. Челици за опруге

Челици за опруге (слика 3.5) припадају групи најзначајнијих врста челика код којих се, у зависности од намене и услова експлоатације еластичних елемената захтевају веома разноврсна својства. У првом реду од опружних челика се захтевају врло висока механичка својства при статичким оптерећенима, променљивим и ударним оптерећенима, пластичности и ударна жилавост као и друга специјалних својстава као што су мала пластична деформација при краткотрајним и дуготрајним статичким оптерећењима или при променљивим оптерећењима при различитим температурама. Такође од челика за опруге се захтевају и друга својстава као што су отпорност према корозији, немагнетичност, ниска или висока електропроводност, задати коефицијент топлотног ширења.

Основни захтев од челика намењених за израду опруге је висока граница еластичности и висока отпорност према замору, јер опруге су у раду најчешће оптерећене променљивим и ударним оптерећењима.

У пракси за опруге и друге еластичне елементе користе се низ врста челика и они се према начину производње могу поделити:

- челици за опруге вруће ваљани за побољшање (Č2130, Č2131, Č2132, Č2133, Č2134, Č2330, Č2331),
- челици за железничке опруге,
- хладно ваљани челици за опруге,
- хладно вучени челици за опруге,
- нерђајући челици за опруге,
- ватроотпорни челици за опруге.

Челик Č2130 је каљив у води, намењен је за пружасте опруге шинских возила, лиснате опруге шинских возила као и за тањирасте опруге.

Челик Č2132 је каљив у води, а намењен је за лиснате опруге шинских возила и завојне опруге.

Челик Č2133 је каљив у уљу, а намењен је за лиснате опруге друмских возила, завојне опруге шинских возила, подложне подлошке за осигурање као и тањирасте опруге.

Челик Č2134 је каљив у уљу а намењен је за израду лиснатих и завојних опруга пречника до 40 mm.

Челик Č2330 је каљив у уљу а намењен је за израду лиснатих опруга као и завојних, тањирастих и прстенастих опруга друмских возила.

Челик Č2331 је каљив у уљу а намењен је за завојне и лиснате опруге шинских возила.



Слика 3.5 Различите врсте опруга

3.5. Челици за обраду на аутоматима

Челици за аутомате су хемијским саставом и структуром подешени за обрадљивост резањем на аутоматима. Карактеристично својства челика за аутомате је да се при обради резањем образује кратка и крта струготина, која се ломи на малом растојању испред сечива алата за резање. Образовање овакве струготине обезбеђује боље одвођење топлоте са обрађиване површине, што омогућава веће брзине резања, већу постојаност алата, као и добијање чисте и глатке површине обрађиваних делова. Ово значајно својство се постиже повећањем садржаја сумпора и фосфора. Челици за аутомате се легирају и са мањом количином олова. Због повећаног садржаја сумпора, фосфора и олова, пластичности и жилавости ових челика је смањена. Стога се користе за масовну производњу мало одговорних делова од којих се не захтевају висока механичка својства. У челику ове групе спадају Č3990, Č3190, Č1590.

3.6. Вучени угљенични челици

Под овим именом подразумевају се угљенични челици обликовани вучењем, љуштењем и брушењем од квалитета опште конструктивних челика. Под вучењем подразумева се поступак провлачења челика у хладном стању кроз отворе матрице, одређених облика и димензија, израђених од тврдих метала. На слици 3.6 приказан је пример светло вученог челика.

При вучењу ваљани челични производи се провлаче кроз матрице при чему се:

- смањује попречни пресек,
- добијају тачне димензије попречног пресека,
- добијају чисте и глатке, светле и тамне површине,
- повећава дужину шипке,
- изводи измене структуре челика,
- увећава својства чврстоће, затезне чврстоће и границе течења,
- умањује се издужење и контракција,
- увећава цена коштања.



Слика 3.6 Светло вучени челик

3.7. Угљенични челици за котловске лимове

Челици намењени за израду котлова (слика 3.7), судова под притиском цевовода већих димензија и других сличних производа припадају групи угљеничних челика са гарантованим саставом и нисколегираних челика за рад на повишеним температурама.

Угљенични и нисколегирани челици за котловске лимове у свом саставу имају врло ниски садржај угљеника због чега су сви они и подесни за заваривање топљењем.

Угљенични челици за котловске лимове користе се од 450°C а нисколегирани челици до температуре 500°C. Сви челици се испоручују у умиреном стању, изузев челика С1202 који се изузетно може испоручити и у неумиреном стању.



Слика 3.7 Котао израђен од квалитетног котловског челика

3.8. Челичне цеви

Цеви су шупљи профил округлог (слика 3.8), квадратног (слика 3.9) или другог пресека који имају танке зидове у односу на унутрашњи пречник, служе за пренос течности или гасова под мањим или већим притиском а у последње време веома много се користе за лаке носеће конструкције.



Слика 3.8 Цеви квадратног облика



Слика 3.9 Цеви округлог облика

Према начину производње цеви могу бити:

- цеви без шава,
- цеви са шавом.

3.8.1. Цеви без шава

Цеви без шава добијају се топлим ваљањем или пресовањем челичне масе разним поступцима тако да целокупан попречан пресек је од хомогеног материјала. Цеви са шавом добијају се из челичних трака које се савијају на одређени облик и димензије а у додирним тачкама се заварују. Челичне цеви без шава, с обзиром на трошкове у производњи, су знатно скупље у односу на цеви са шавом што се мора узимати у обзир при избору челика за цеви. Тако цеви без шава треба користити првенствено за рад под високим притиском и на вишим температурама (Ћ1214, Ћ1215).

Челици који се примењују за израду цеви без шава, зависно од услова експлоатације, могу се поделити на следеће групе:

1. челик без прописних механичких својстава,
2. челик са прописаном механичким својствима,
3. челик са гарантованим механичким својствима на повишеним температурама.

3.8.1.1. Челици без прописаних механичких својстава

Челик без прописаних механичких својстава је Ћ0000 од кога се израђују цеви које се користе за цевне водове, за пренос компримираног ваздуха и других гасова који нису штетни по организме и пренос водене паре.

3.8.1.2. Челици са прописаним механичким својствима

Челичне цеви израђују се од угљеничних и ниско легираних челика. Челичне цеви од челика се прописаним својствима испоручују се у вруће ваљаном или пресованом стању односно вруће вученом стању. Истовремено од челика са прописаним својствима путем хладне деформације израђују светло вучене тврде, светло вучене меке, жарене и нормализоване цеви.

3.8.1.3. Челици са гарантованим механичким својствима на повишеним температурама.

Челичне цеви без шава, за рад на повишеним температурама за спровођење флуида, за котлове и судове под притиском израђују се од угљеничних и нисколегираних челика.

Према условима рада и подручја примене разликујемо три групе квалитета:

- за пренос флуида до 320 МПа и температуре 400°C,
- за пренос флуида притиска 320-800 МПа и температуре 400°C,
- за пренос флуида притиска изнад 800 МПа и температуре изнад 450°C.

3.8.2. Челичне цеви са шавом

Основни материјал за израду челичних цеви са шавом су угљенични челици са гарантованим механичким својствима. Нашим стандардима прописан је квалитет челика $\check{C}0146$ за израду прецизних шавних цеви добијених једним хладним провлачењем односно хладним ваљањем. Челичне цеви са шавом израђују се од нискоугљеничких челика облика трака које се савијају и уздужно заварују, а затим термички обрађују.

Челичне цеви са шавом испоручују се у следећим стањима:

- светло вучене стање код кога се после последњег провлачења накнадно термички не обрађују због чега нису подесна за обликовање
- светло вучене меко се после провлачења меко жаре али после термичке обраде се изводи лако завршно провлачење на хладно због чега се могу хладно обликовати само до извесне мере.
- жарено се после хладне обраде врши жарење без присуства ваздуха односно код кога је после жарења цеви са површине уклоњена огоретина механичким или хемијским путем.
- нормализовано код кога се после извлачења цеви нормализују, односно код кога се после нормализације одстрањује огоретина механичким или хемијским путем.
- челици од кога су израђене челичне цеви са шавом су добро заварљиве топљењем.

3.9. Угљенични челици намењени топлој обради

Челици намењени топлој обради припадају групи угљеничних челика са гарантованим саставом а исти се користе као основни материјал у топлој преради. Челици ове групе испоручују се у облику челичних полуфабриката, а најзначајнији су:

- Блум, са правоугаоним или квадратним пресеком и заобљеним ивицама са страницама почев од 125 mm;
- Слаб, са правоугаоним попречним пресеком и заобљеним ивицама, најмање дебљине 40 mm;
- Платина, са правоугаоним попречним пресеком и заобљеним ивицама, најмање дебљине 40 mm и ширине 150 mm.

Челици намењени топлој преради су специфична група конструктивних челика која није предвиђена другим националним стандардима па ради тога нема упоредног прегледа челика.

Челици ове групе испоручују се нормално у нежареном стању, али могу се по захтеву купца испоручити у нормализованом стању.

Извесне грешке, скривене мане, као што су гасни мехурови, неметални укључци могу се дозволити.

3.10. Челици намењени хладној преради

Угљенични челици намењени за хладну обраду припадају групи угљеничних челика са гарантованим механичким својствима. Обични угљенични челици намењени хладној обради, одликују се не само ниским садржајем угљеника већ врло високом пластичношћу. Стање испоруке ове групе челика је топло ваљано стање (симбол “U”), љуштено (симбол “SH”), хладно вучено (симбол “K”).

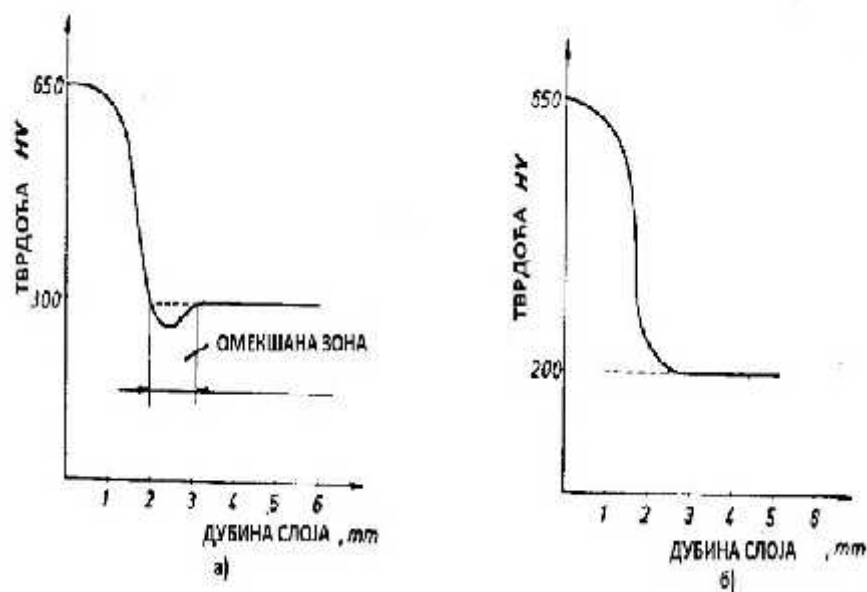
3.11. Челици за површинско каљење

Челици за површинско каљење припадају групи челика за побољшање. И ако се сваки челик може површински окалити, због самог процеса термичке обраде, они се издвајају у посебну групу челика за које сада не постоје наши стандарди.

Површинско каљење се изводи, зависно од жељеног стања језгра радног дела, у стању материјала које може бити:

- побољшано (каљено + отпуштање),
- нормализовано стање,
- меко жарено стање.

У вези избора вредности својстава чврстоће челика за површинско каљење треба истаћи особеност самог процеса површинског каљења. Наиме ако се изврши побољшање челика са највећим могућим вредностима чврстоће, у процесу површинског каљења испод жељеног врло тврдог површинског слоја, на некој дубини, услед недовољног степена загрејаности челика, неће доћи до процеса стварања мартезитне структуре високе тврдоће већ ће настати процес опуштања. Тако се температура отпуштања за процес побољшања знатно ниже од температуре зоне недовољно загрејаног слоја за мартензитну трансформацију, то тврдоћа ове зоне је нижа од тврдоће језгра што се одржава на пад тврдоће, слика 3.10.



Слика 3.10 Промена тврдоће по дубини: а) челик високог нивоа чврстоће, б) челик нижег нивоа чврстоће

У случају примене побољшаног стања са највишим могућим вредностима постигнуте чврстоће (случај а), слика 3.10) настаје пад тврдоће што се неповољно одржава на укупна својства челика а посебно на динамичку чврстоћу. Применом нижих вредности чврстоће (случај б), слика 3.10) промена тврдоће је равномерна, без падова, што је знатно повољније.

У пракси се користе следећи начини извођења површинског каљења, а то су:

- каљење потапањем,
- пламено каљење ,
- индукционо каљење.

Површинско каљење потапањем које се данас ретко користи, састоји се из краткотрајног потапања предмета обраде у растопљеном металу или сољу одређене температуре, а накнадним наглим хлађењем отврдњава површински слој.

Површинско пламено каљење (слика 3.11) изводи се управљањем предмета помоћу гасног пламена, што се дакле веома често користи. Горионици попримају облик површине која се жели окалити.



Слика 3.11 Пламено каљење

Површинско индукционо каљење (слика 3.12 и 3.13) представља најсавременији начин површинског отврђавања а изводи са загревањем предмета обраде заснована на чињеници да пролазак електричног тока високе учесталости кроз индуктор, који поприма облик предмета обраде, и услед појаве вихорних струја настаје загревање површине предмета обраде.

Индуктивно загревање за површинско каљење има:

- врло висок квалитет термичке обраде,
- кратко трајање процеса (0,5 - 2) s,
- нема опасности од прегревања,
- нема појаве разугљеничења површинског слоја,
- не настаје раст аустенитног зрна,
- веома тесно се може одредити дубина окаљеног слоја,
- нема деформације предмета обраде,
- могуће је декоративно површинско каљење,
- ниска цена коштања,
- могућ висок степен аутоматизације.



Слика 3.12 Индукционо површинско каљење



Слика 3.13 Индукционо каљење на ламели

3.12. Челици за смањену температуру

Смањењем радне температуре знатно испод 0°C челика прелази из жилавог стања у крто стање, што се одржава на нагли пад ударне жилавости, чиме се конструкција излаже ризику од настанка лома. Тај пад ударне жилавости врло често се одиграва у врло уском температурном интервалу што још више усложњава проблем.

Критеријум за оцену преласка из жилавог стања у крто стање су бројни, али се у пракси најчешће користи праћење промене ударне жилавости зависно од радне температуре и утврђује:

- Температуре прага хладног лома
- Критична вредност ударне жилавости

Угљенични челици са 0,1% угљеника, имају температуру прага хладног лома око -40°C . Међутим, због повећаног садржаја азота и кисеоника у овим челицима настаје деформационо старење односно пораст тврдоће и чврстоће али пад ударне жилавости, а температура хладног лома настаје при температури око -10°C .

Треба истаћи чињеницу да промене радних услова, примена неких поступака технолошке обраде нпр. заваривање, може променити температуру прага хладног лома према вишим температурама.

4. КОНСТРУКТИВНИ ЧЕЛИЦИ ЗА ПОСЕБНЕ СВРХЕ

4.1. Челици за котрљајуће лежајеве

Челици за котрљајуће лежајеве морају одговарати врло високим захтевима с обзиром да су они у раду изложени веома интензивном хабању. Тако од челика за ове сврхе захтева се: висока и равномерна тврдоћа, висока својства чврстоће, добра прокраљивост, мала склоност на отпусној кртости, велика ударна жилавост, фина и равномерна структура, велика динамичка чврстоћа, отпорност према хабању као и одсуство неметалних укључака. Овако високим захтевима задовољавају нисколегирани челици са већим садржајем угљеника који се креће око 1% и садржајем хрома 0,5 – 1,5 %. На слици 4.1 приказан је пример котрљајућег лежаја.

Челик Č4142 је хром челика, као и хром челика Č4140, користи се за куглице и ваљке мањих димензија, до 17 mm. Отпоран је према хабању па се користи и као алатни челик.

Челик Č4340 је хром-мангански челик повећане прокраљивости који се користе за делове котрљајућих лежаја већих димензија.

Челици за котрљајуће лежајеве имају најбољу обрадивост у меко жареном стању када се добија структура глобуларног перлита с обзиром да је тврдоћа финог перлита добијена нормализацијом врло висока 250-340 НВ када је обрада стругањем веома отежана, посебно на аутоматским машинама.



Слика 4.1 Котрљајући лежај

4.2. Челици за вентиле и мотора

Челици од којих се израђују вентили мотора са унутрашњим сагоревањем, посебно издувних вентила, морају задовољити врло високим захтевима на пример:

- велика постојаност према корозији на повишеним температурама,
- добра динамичка чврстоћа на повишеним температурама,
- мали коефицијент ширења,
- велика отпорност према хабању,

- да се не кале на ваздуху,
- да је структура стабилна.

Радна температура излазних вентила мотора може се достићи и 700°C а у извесним случајевима и до 900°C а радна температура улазних вентила не прелази 500°C, због тога се не израђују од истих врста челика. На слици 4.2 приказан је пример вентила за моторе.

Мање оптерећени улазни вентил израђују се од челика за побољшање, Č1530, Č1730, Č4330 као и челика за опруге Č2331. Јако оптерећени улазни вентили односно мање оптерећени излазни вентили израђују се од челика Č4270.

Јако оптерећени улазни вентили мотора се израђују од високолегираних хром-молибдена и хром-никл челика. Конструкцији и изади ових вентила посвећује се посебна пажња, па се на пример код авионских мотора израђују шупљи вентили који се хладе натријумом, или се пак ради повећања отпорности на хабање седишта вентила навари тврди метал, слабо се нитрира или површински кали.

Челик Č2331 је силицијм-мангански челик за опруге али се користи и за слабо оптерећене излазне вентиле. Осетљив је на стварање прскотине због чега се мора отпуштати непосредно после каљења. Осетљив је према кртом лому, није заварљив и добро се топло обликује.



Слика 4.2 Вентили мотора

4.3. Нерђајући и хемијски постојани челици

Отпорност према корозији и према агресивним срединама код челика постиже се легирањем првенствено хромом у садржају преко 12,5%.

Легирајући елементи који се сусрећу код нерђајућих и хемијских постојаних челика поред хрома су никл, молибден као и додатак титана и нобијума, а њима се постиже отпорност према деловању киселина.

Према структури ови високолигирани челици се могу поделити на:

- феритне,
- мартензитне,
- аустенитне.

Феритни челици имају врло ниски садржај угљеника испод 0,1% и 13-18 хрома и с обзиром да на свим температурама је претежно феритна структура, то се они не могу термички обрађивати. Имају врло малу чврстоћу и примењују се у жареном стању.

Мартензитни челици садрже до 0,5% угљеника и 13-18 хрома па се могу калити односно побољшати.

Аустенитни челици поред хрома 13-18% имају додатак најмање 8% никла чиме ће се знатно побољшати хемијска постојаност и побољшати својства чврстоће. Осетљиви су на интеркристалну корозију, која може настати после гашења.

У механичким својствима жареног и побољшаног стања припадају челици (Ћ4170, Ћ4171, Ћ4570).

Челик Ћ4170 је високолегирани хром нерђајући челик који је отпоран према утицају воде, водене паре. Примењује се искључиво у финобрушеном или полираном стању. У меком жареном стању има врло ниска својства чврстоће. Обрадивост је добра а заварљивост је могућа. Пример примене: арматуре, делови пумпе и слично.

Челик Ћ4171 је високолегирани хром нерђајући челик веома отпоран према влази, води и воденој пари у фино брушеном или полираном стању као и према киселинама 150°C. Заварљивост је могућа али се морају применити одговарајуће технолошке мере. Пример примене: арматура, делови пумпи, тирбина и хирушки инструменти.

Челик Ћ4172 је високолегирани хром нерђајући челик који се користи како за нерђајуће конструкционе елементе, тако и за нерђајуће алате од којих се захтева висока тврдоћа и отпорност према хабању. Отпоран је према води, воденој пари и различитим киселинама у фино брушеном или полираном стању, као и према масним киселинама до 150°C. Испоручује се у побољшан, брушен и полиран. Примењујес се за рад на температурама до 500°C. Заварљив је или се морају применити одговарајуће технолошке мере. Пример примене турбинске лопатице (слика 4.3), делови пумпе, седишта вентила, калупи за алате за ливење под притиском, за нерђајуће алате, хирушке инструменте.



Слика 4.3 Турбинска лопатица

4.4. Ватроотпорни челици

Ватроотпорни челици су отпорни према хемијском разарању површина у атмосфери ваздуха или гасова на температурама вишим од 550°C, када су мало оптерећени или неоптерећени. При високим температурама у средини загрејаног ваздуха или продуката сагоревањем горива, долази до оксидације челика (гасна

корозија). Угљенични челици нису погодни за овакве радне услове, пошто њихова површина интензивно оксидише и разара се већ на температурама од око 300°C. Високу отпорност имају високолегирани челици са хромом (13 – 25%), силицијумом и алуминијумом. Ради поправљања механичких својстава и отпорности према оксидацији, ватроотпорним челицима се додаје никл (20 – 35%). Температура до које се могу употребљавати ватроотпорни челици зависи од садржаја легирајућих елемената и радне атмосфере.

Ватроотпорни челици, легирани хромом, никлом и алуминијумом употребљавају се за израду прегрејача ваздуха, вентилатора, горионика, када за термичку и термохемијску обраду, издувних система, гасних турбина и мотора СУС и других делова термоенергетских постројења. На слици 4.4 је приказан Биокамин изграђен од ватроотпорних челика.



Слика 4.4 Биокамин изграђен од ватроотпорних челика

4.5. Челици отпорни на хабање

Отпорност према хабању, процесу неконтролисаног трошења материјала у току експлоатације, код челика се постиже погодним хемијским саставом и структуром. Основин легирајући елемент који се користи у ове сврхе је манган, па се у пракси сусрећу два типа челика (Ћ3134, Ћ3160).

Челик Ћ3134 у свом саставу има 2% мангана и користи се искључиво за предмете обраде који у експлоатацији хладно очвршћавају. Заварљив је али се после спајања изводи његова нормализација. У нормализованом стању постиже се структура ламеларног перлита са тврдоћом око 280 НВ а у побољшаном стању тврдоћа 340-420 НВ. Дубина прокаљивости око 15 mm.

Челик Ћ3160 је аустенитни високолегирани мангански челик са садржајем до 12% мангана, а који се најчешће примењује за предмете обраде који су у експлоатацији изложени интензивном хабању, ударним и високим притисцима. У недостатку високих притисака челик се у експлоатацији панаша као сваки обичан челик. Веома се тешко обрађује резањем па се та обрада и избегава. Заварљив је, а може се и наварити. У гашеном стању челик је веома жилав па је могућа и пластична деформација.

4.6. Челици за повишену температуру

Челици за рад на повишеним температурама употребљавају се за израду делова који су у експлоатацији изложени високим оптерећењима и повишеним температурама у току дужег временског периода (лопатице, дискови, ротори и тела гасних парних турбина: цеви прегрејача паре, пароводи и арматуре парних котлова; вентили и други делови мотора са унутрашњим сагоревањем). Челици за рад на повишеним температурама могу да се разврстају према радној температури:

- до 350°C употребљавају се општи конструкциони, угљенични и нисколегирани челици у побољшаном стању,
- од 400 до 550°C употребљавају се нисколегирани челици који садрже хром, молибден и V. Хром-молибденски челици употребљавају се у енергетским постројењима за цеви прегрејача паре, пароводе, колекторе, за арматуру парних котлова и паровода. За одговорније делове парних и гасних турбина (лопатице, осовине, дискове, прирубнице, завртњи и навртке) и за делове парних котлова (котловске цеви, цеви прегрејача паре, пароводе), користе се Cr-Mo-V челик Č7432.
- од 500 до 600°C употребљавају се високолегирани челици. Ови челици се користе за лопатице, дискове и роторе турбине, као и вентиле аутомобилских и авионских мотора.

5. ЗАКЉУЧАК

Челици представљају најчешће коришћену групу машинских материјала. Добијање челика се своди на рафинацију гвожђа добијеног у високој пећи и додавање легирајућих елемената. Растопљено гвожђе прерађује се у челике у Сименс-Мартеновој пећи, у електропећи у Басемеровом или Томасовом конвертору. Челици се могу поделити према: хемијском саставу, намени, структури, начину добијања, квалитету, облику и стању полупроизвода. Према намени угљенични челици се деле на конструкционе, до 0,6% угљеника и алатне, преко 0,6% угљеника. Структура и механичка својства угљеничких челика зависе од садржаја угљеника. Поред угљеника, у састав челика улазе и други елементи који се сматрају пратећим, скривеним или случајним примесима. Легирани челици, поред угљеника, садрже и друге легирајуће елементе, који се додају ради побољшања захтевних својстава.

Од конструкционих челика се захтева да имају добра механичка својства, да се добро обрађују резањем, деформацијом (ковање, ваљање, извлачење, пресовање), да имају добру заварљивост и ниску цену. Конструкционе челике подели ли смо на: конструкционе челике са гарантованим својствима чврстоће, конструкциони челици са гарантованим хемијским својствима и конструкциони челици за посебне сврхе.

Конструкциони челици са гарантованим својствима чврстоће представљају већи део опште продукције челика и раде на врло широком обиму полуфабриката. Конструкциони челици са гарантованим својствима чврстоће се деле на: општи конструкциони челици, финозрни конструкциони челици, челици за траке, челици за лимове, челици за жицу, челици за израду завртња и навртки, челици за ланце.

Конструктивни челици са гарантованим хемијским саставом представљају квалитетан челик намењене термичкој обради. Конструктивни челици са гарантованим хемијским саставом се деле на: челици за цементацију, челици за побољшање, челици за нитрирање, челици за опруге, челици за обраду на аутоматима, вучени челици, челици за котловске лимове, челици за цеви, угљенични челици намењени топлој обради, челици намењени хладној преради, челици за површинско каљење, челици за смањену температуру.

Појам челик за посебне сврхе се подразумева железне легуре које се својим посебним својствима разликују од обичних челика. Таква посебна својства се могу постићи на два начина: утицајем хемијског састава и производњом тј. прерадом челика. Конструкциони челици за посебне сврхе се деле на: челици за котрљајуће лежајеве, челици за вентиле мотора, нерђајући и хемијски постојани челици, ватроотпорни челици, челици за рад на повишеним температурама, челици отпорни на хабање.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Владислав Ћукић и Раде Ћукић, „Приручник за челик“ I део, 1987, Машински факултет у Крагујевцу
2. Владислав Ћукић и Раде Ћукић, „Приручник за челик“ II део, 1990, Машински факултет у Крагујевцу
3. Владислав Ћукић, „Метални материјали“, 1987, Машински факултет у Крагујевцу
4. www.scribd.com, приступљено 01.09.2012.
5. www.tehnickaue.edu.rs, приступљено 24.08.2012.
6. tehnika.page.tl, приступљено 15.09.2012.
7. en.wikipedia.org, приступљено 14.08.2012.
8. sr.wikipedia.org, приступљено 14.08.2012.