

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука

Драган Р. Николић
Алатни 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: 147/2009

Драган Р. Николић

Алатни 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 алатних челичних материјала. На почетку дати историјски развој челичних материјала и тенденције данашње производње. Затим описати захтеве и главна својства алатних челика и дати преглед главних врста ових материјала. У даљем делу рада описати све карактеристичне врсте алатних челика и дати примере њихове примене.

Препоручена литература:

- [1]. Владислав Ђукић, Богдан Недић, „Алатни челици“, Београд 1990.
- [2]. Владислав Ђукић, „Метални материјали“, 1987, Машински факултет у Крагујевцу
- [3]. М. Јовановић, Д. Адамовић и др.: Машински материјали, Крагујевац 2003.
- [4]. Девеџић, Б.: Машински материјали, Машински факултет у Крагујевцу, 1980.
- [5]. Ђорђевић, В.: Машински материјали, Машински факултет, Београд, 1999.
- [6]. Ђукић, В.: Машински материјали, Крагујевац, 1994.
- [7]. Лучић, Р.: Машински материјали, Научно инжењерство, "Вук Караџић", Параћин, 1995.

Крагујевац,

24.04.2012

ментор:

Др Драган Адамовић, ванр. проф.

Резиме:

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 челици се деле на: угљеничне алатне челике, легиране алатне челике и брзорезне алатне челике.

Кључне речи: алатни челик, угљенични алатни челик, легирани алатни челик, брзорезни алатни челик

Abstract:

Tool steel refers to a variety of carbon and alloy steels that are particularly suitable for making tools. Their suitability for this purpose comes from their explicit hardness, resistance to abrasion, their ability to hold the blade and blade their resistance to deformation at elevated temperatures. Tool steels are classified as tool steel, alloy tool steel and high speed steel tools.

Key words: tool steel, carbon tool steel, alloy tool steel, speed tool steel

Садржај

1. УВОД.....	1
1.1. Челик	1
1.2. Историја производње челика	1
1.3. Подела челика.....	4
1.4. Угљенични челици	6
1.4.1. Утицај угљеника на структуру и својства угљеничних челика.....	6
1.4.2. Утицај примеса на структуру и својства угљеничних челика	7
1.5. Утицај пратећих и легирајућих елемената на особине челика	8
1.6. Легирани челици	10
1.6.1. Нисколегирани челици.....	11
1.6.2. Високолегирани челици	11
1.7. Означавање челика.....	12
1.7.1. Означавање челика по старим стандардима	12
1.7.2. Означавање челика према EN 10027-1:	13
2. АЛАТНИ ЧЕЛИЦИ.....	16
2.1. Основна својства алатних челика	18
2.1.1. Механичка својства алатних челика	19
2.2. Технолошка својства алатних челика.....	22
2.2.1. Закаљивост.....	22
2.2.2. Разугљеничење	22
2.2.3. Оксидација.....	22
2.2.4. Постојаност према прегревању	22
2.2.5. Обрадивост у топлом стању.....	22
2.2.6. Обрадивост у хладном стању	23
2.2.7. Обрадивост резањем и брушењем.....	23
2.2.8. Деформација алата	23
2.2.9. Постојаност против образовања прслина	23
2.3. Структурна својства алатних челика.....	24
2.3.1. Структурна стања испоруке	25
2.3.2. Величина зрна	25
2.3.3. Карбидне фазе.....	25
2.3.4. Распоред, величина и облик карбидних фаза.....	26
2.3.5. Интерметалне фазе	26
2.3.6. Заостали аустенит	27
3. УГЉЕНИЧНИ АЛАТНИ ЧЕЛИЦИ	28

3.1.	Основни захтеви угљеничних алатних челика.....	28
3.2.	Подела угљеничних алатних челика	28
3.3.	Топла и термичка обрада угљеничних алатних челика.....	29
3.4.	Примери примене угљеничних алатних челика.....	29
4.	ЛЕГИРАНИ АЛАТНИ ЧЕЛИЦИ.....	34
4.1.	Легирани алатни челици за хладан рад.....	34
4.1.1.	Утицај легирајућих елемената на својства алатних челика за хладан рад.....	35
4.1.2.	Преглед и избор алатних челика за хладан рад	36
4.1.3.	Топла и термичка обрада алатних челика за хладан рад.....	39
4.1.4.	. Примери примене алатних челика за хладан рад	40
4.2.	Алатни челици за топао рад	41
4.2.1.	Преглед и избор алатних челика за топао рад	42
4.2.2.	Примери примене алатних челика за топао рад	45
5.	БРЗОРЕЗНИ ЧЕЛИЦИ.....	46
5.1.	Утицај легирајућих елемената на својства брзорезних челика	46
5.2.	Преглед и избор брзорезних челика	47
5.2.1.	Брзорезни челици групе BRW.....	50
5.2.2.	Брзорезни челици групе BRC	50
5.2.3.	Брзорезни челици групе BRM.....	50
5.2.4.	Брзорезни челици групе BRU	50
5.3.	Примери примене брзорезних челика	50
5.4.	Топла и термичка обрада брзорезних челика	52
6.	ЗАКЉУЧАК.....	53
7.	ЛИТЕРАТУРА.....	54

1. УВОД

1.1. Челик

Челици су легуре железа са угљеником и другим елементима. Челици представљају најчешће коришћену групу машинских материјала. У новије време познато је неколико хиљада разних врста челика, које се користе у готово свим областима машинске технике. Железо у чистом облику није примењив за техничку употребу па углавном служи само за неке специјалне намене. Насупрот томе, челик има знатно боља механичка својства и шире подручје примене у индустрији и свакодневном животу. 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. Челик је легура која поред угљеника садржи и одређене примесе које могу бити корисне или штетне. Корисне примесе у челику су нпр. хром, никл, молибден итд., док су штетни углавном фосфор и сумпор. Основна својства челика зависе од хемијског састава, микроструктуре, облика и димензија готовог производа. Због економичног начина производње (у односу на друге металне материјале) и повољних својстава челик може послужити за разноврсну примену. Разне врсте челика највише се употребљавају у машинској индустрији, грађевинарству, пољопривредној механизацији, рударству, хемији и енергетици. Данас је у свету познато неколико хиљада разних врста челика добијених одговарајућом комбинацијом садржаја угљеника и легирајућих елемената најразличитијих особина.

1.2. Историја производње челика

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



Слика 1.1 Производња челика у плитком огњишту (Немачка - 15. век)

Производња челика има за циљ добијање легуре (гвожђа и угљеника) жељеног хемијског састава и механичких особина. Постизање жељених механичких особина зависи од три међусобно повезана фактора:

- хемијског састава (комбинација легирајућих елемената),
- пластичне прераде, и
- термичке обраде.

Производња челика се одвија у челичанама, које су део ширег постројења под именом железара. То постројење се најчешће састоји од: погона високе пећи, челичане и ваљаонице (топле и хладне). Погон високе пећи није неопходан у случају ако се челик добија из челичног отпада помоћу електро лучних пећи. Постоје генерално два типа железара:

- интегрална железара, она која поседује постројење високе пећи, конверторске челичане и
- топле и хладне ваљаонице, остали типови железара које немају производњу гвожђа (немају високу пећ).

Највећи извозници челика на свету у 2010. години	
У хиљадама евра	
1. Јапан	29.276.687
2. Немачка	22.122.818
3. Кина	21.787.617
4. Република Кореја	16.401.800
5. САД	14.930.810
6. Русија	14.372.966
7. Белгија	13.479.572
8. Француска	12.512.990
9. Украјина	11.014.873
10. Холандија	10.144.162
11. Италија	9.456.164
12. Кинески Тајпеј	7.556.821
13. Велика Британија	6.728.689
14. Шпанија	6.671.089
15. Турска	6.597.894
45. Србија	793.722

Слика 1.2 Највећи извозници челика

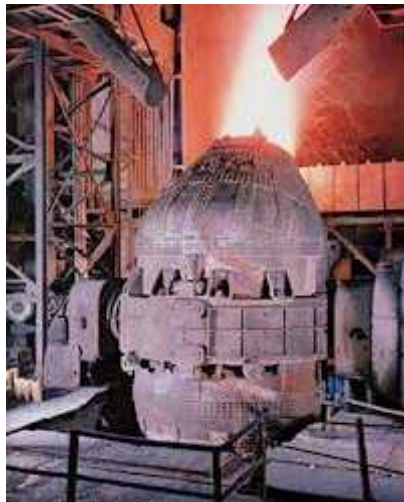
Према начину производње челике делимо сходно поступку добијања, а то су:

Сименс-Мартенов процес (слика 1.3) - 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.



Слика 1.3 Сименс-Мартенов процес

Бесемеров процес (слика 1.4) - 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.



Слика 1.4 Бесемеров процес

Кисеонички поступак (LD поступак, VOF поступак), (слика 1.5) - Поступак код кога се у растопљено бело ливено гвожђе удубава 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.



Слика 1.5 VOF поступак

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

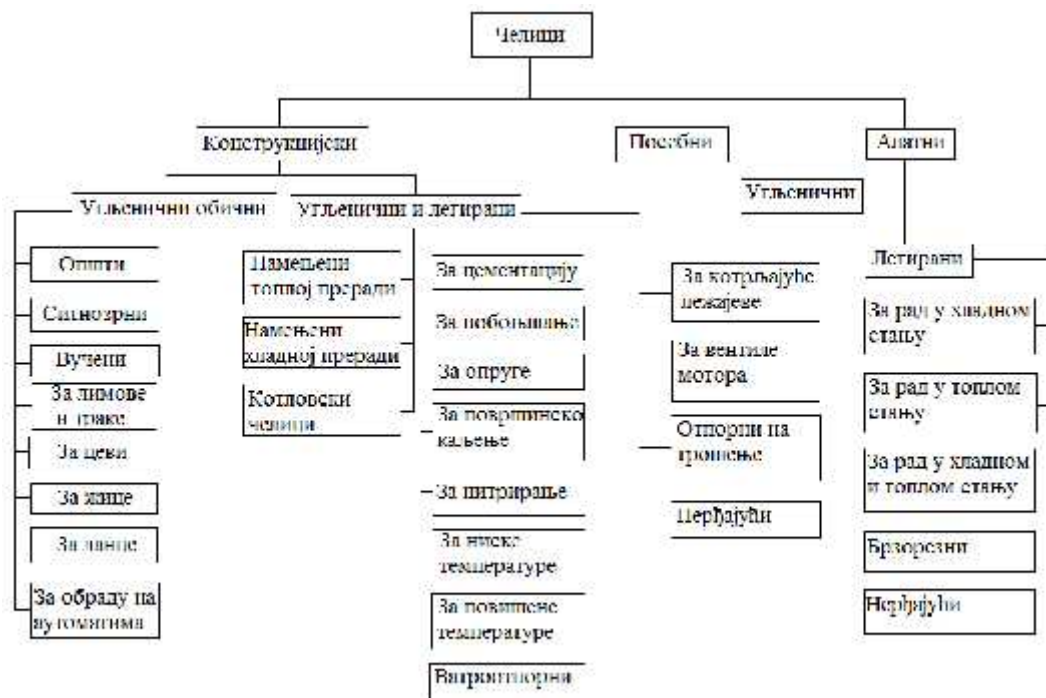


Слика 1.6 Електро процес

1.3. Подела челика

Подела челика може се извршити према:

- Хемијском саставу,
- Намени,
- Структури,
- Начину добијања,
- Квалитету и
- Облику и стању полупроизвода.



Слика 1.7 Подела челика према намени

Према намени челици се деле на (слика 1.7):

- Конструкционе челике. То су они челици који се примењују за израду делова машина, носеће конструкције и грађевине. Они могу бити како угљенични тако 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. Са садржајем угљеника између 0,7% и 1,4%, алатни челици се производе по пажљиво контролисаним условима како би се добио тражени квалитет.

- Челике са посебним својствима.

Према хемијском саставу челици се деле на:

- Угљеничне челике и
- Легиране челике.

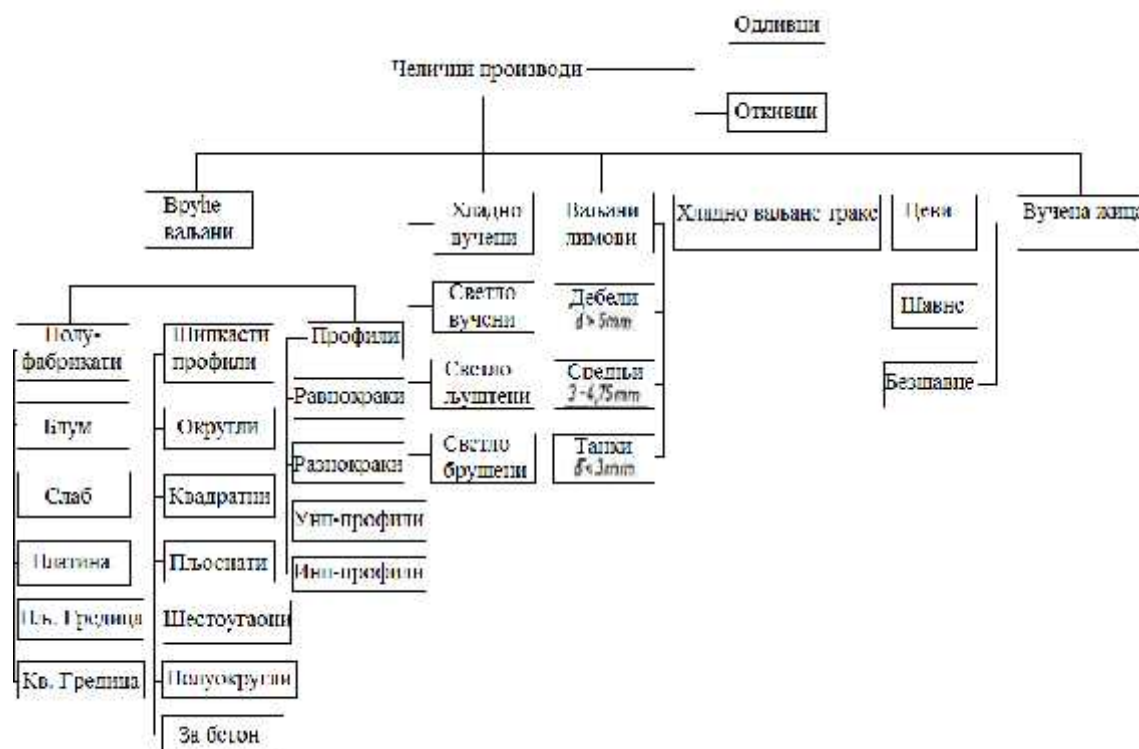
Према структури челици могу да буду:

- Феритни (садрже 13-17% Cr и $<0,1\%$ C те имају феритну микроструктуру без способности фазне трансформације и уситњена зрна).
- Перлитни.
- Аустенитне (садрже 0,02-0,15% C, 15-20% Cr, 7-20% Ni уз могуће додавање одређене количине молибдена, титана, ниобија, тантала. Сви додаци, доводе до појаве ферита у микроструктури).
- Мартензитне (имају повишени удео угљеника (0,20-1,0%), изнад 13% хрома (до 18%) па могу садржати, 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.
- Ледебуритне.
- Мешовите, нпр. феритно-перлитне челике, итд.

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

Према облику полупроизвода (слика 1.8) челици се деле на:

- вруће ваљане,
- хладно вучене,
- хладно ваљане и
- производе облика одливака и отковака.



Слика 1.8 Подела челика према облику полупроизвода

1.4. Угљенични челици

Угљенични челици у свом саставу имају поред угљеника и пратеће примесе које заостају у процесу производње челика, као што су манган, силицијум, алуминијум, фосфор и сумпор. Најзначајнији присутни елемент је угљеник и од његовог садржаја зависе механичка и друга својства челика. На угљеничне челике отпада 90% светске производње челика, па они представљају основни материјал у машинској индустрији. Угљеник је основни и најутицајнији елемент од којег зависе структура и особине челика.

Према садржају угљеника, ови челици се деле на:

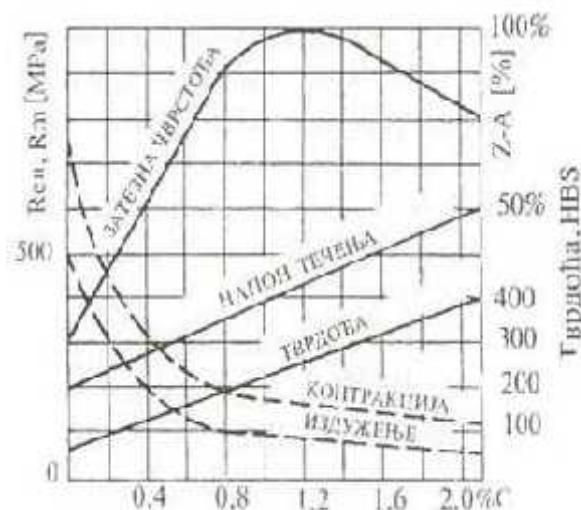
- нискоугљеничне до 0,25% C,
- средњеугљеничне од 0,25% до 0,6% C и
- високоугљеничне преко 0,6% C.

Према намени, угљенични челици се деле на:

- конструкционе до 0,6% C и
- алатне преко 0,6% C.

1.4.1. Утицај угљеника на структуру и својства угљеничних челика

Механичка својства угљеничних челика зависе од садржаја угљеника. Код подеутектоидних челика са порастом садржаја угљеника значајно расте затезна чврстоћа, R_m , у мањој мери напон течења, ReH , и тврдоћа, а смањује се издужење, A , и контракција, Z . Код надеутектоидних челика са порастом садржаја угљеника и даље расту напон течења и тврдоћа. Затезна чврстоћа расте до 1.2% C, када достиже максимум, а потом опада, што је приказано на (слици 1.9).



Слика 1.9 Утицај угљеника на структуру и својства угљеничних челика

1.4.2. Утицај примеса на структуру и својства угљеничних челика

Осим угљеника, у састав челика улазе и други елементи који се сматрају пратећим, скривеним или случајним примесима, што је шематски приказано на (слици 1.10).



Слика 1.10 Хемијски елементи 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) тако 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, па се она практично и не врши.

Случајне примесе (Cu, Co, Cr) су сви елементи који не спадају у пратеће или скривене примесе, а има их у челику у садржају мањем од минимално прописаног. 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.

Садржај примесе у челицима треба да се сведе на најмању меру, с обзиром на то да они граде непожељна једињења као што су сулфиди, оксиди и фосфиди.

1.5. Утицај пратећих и легирајућих елемената на особине челика

Манган - као пратећи елемент у челику креће се у садржају 0,2-0,8% а потиче из руде или дезоксидатора – феромангана који се додаје пред изливање челика. Има веома позитиван утицај на смањење штетног дејства сумпора и веома је добар дезоксидатор.

Манган за себе везује сумпор стварајући хемијско једињење MnS које се у највећој мери одстрањује из челика у виду шљаке која плива по површини растопљеног челика. Повећава чврстоћу и уопште побољшава заварљивост.

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 садржајима 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 $985^{\circ}C$, и при топлој пластичној обради, која се одвија нормално изнад $1000^{\circ}C$, долази до топљења сулфид жељеза FeS што изазива црвени лом, осетно смањење ударне жилавости. Ради тога челици са већим садржајем сумпора не могу се 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 таквог продирања кисеоника дуж границе зрна на повишеним температурама долази до прегоревања 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 предострожности у процесу производње. Присуство водоника у челику снижава жилавост и доводи до појаве кртости. Има неповољан утицај на способност заваривања.

Молибден се у конструкционим челицима налази у границама од 0.2-0.5%. Изазива уситњавање зрна и доводи до повећања жилавости (при високим температурама) и прокаљивости.

Волфрам даје челику ситнозрнасту грађу 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.

Никл 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. Никл је састојак отпоран према оксидацији, а легуре које садрже 30-40% Ni оксидишу се приближно истом брзином као и чисти елементи. Никл 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 (ReH и Rm), не погоршавајући битније особине пластичности и заварљивости. Повећава такође отпорност према атмосферској корозији.

Угљеник највише утиче на структуру и особине челика. Повећава јачину, тврдоћу, отпорност на хабање, прокаљивост, а снижава својства пластичности и жилавост, уз погоршање заварљивости. Угљенични и нисколегирани челици са C > (0.2-0.25)% сматрају се условно заварљивим. У легираним челицима угљеник гради карбиде који се издвајају по границама зрна, што у аустенитним Cr-Ni челицима ствара услове за међукристалну корозију. У циљу спречавања те неповољне појаве, додају се нерђајућим Cr-Ni челицима хемијски елементи Ti и Nb који делују као стабилизатори. У ствари, они везују угљеник градећи стабилне карбиде и тиме спречавају формирање карбида хрома, тј. онемогућавају осиромашење чврстог раствора хромом.

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 Fe_3C . Ако челик садржи више угљеника него што је потребно за образовање перлита, настају услови повољни за појаву слободних карбида хрома, који се издвајају по границама зрна, што може изазвати међукристалну корозију.

Критична температура издвајања карбида износи $500-800^\circ\text{C}$. Хром изазива повећање критичне температуре AC_1 , 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 Cr -челика потребна виша температура и дужи 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.

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.

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 заваара према прслинама на топло.

1.6. Легирани челици

Легирани челици осим угљеника (и примеса) садрже и друге легирајуће елементе, који се додају ради побољшања захтеваних својстава. Да би се дати елемент сматрао легирајућим, а не примесом потребно је да његов садржај у челику буде изнад одређене количине: нпр. више од 0.60% Si , 0.80% Mn , 0.30% Cr , што је дефинисано стандардом (табела 1.1).

Табела 1.1 Minimalni sadržaj legirajućih elemenata u čelicima

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

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

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 (табели 1.1), са циљем да изменом хемијског састава и структуре омогући добијање жељених својстава

Легирани челици се деле према броју, садржају и врсти легирајућих елемената. Према броју легирајућих елемената, челици се деле на једноструко и вишеструко легиране.

Према укупном садржају легирајућих елемената, челици се деле на:

- нисколегиране – до 5% легирајућих елемената и
- високолегиране – више од 5% легирајућих елемената.

1.6.1. Нисколегирани челици

Нисколегирани челици имају исту структуру и сличне особине као угљенични (нелегирани) челици. Неке њихове особине побољшавају легирајући елементи у зависности од врсте и количине. Главне предности нисколегираних челика у односу на угљеничне су већа жилавост при истој чврстоћи, виши напон течења, већа чврстоћа на повишеним температурама и мања склоност ка стварању прслина.

1.6.2. Високолегирани челици

Високолегирани челици имају, по правилу, специјална својства која немају угљенични и нисколегирани челици, као што су ватроотпорност, отпорност према хабању, способност резања при црвеном усијању и корозиона постојаност. Осим тога, неки високолегирани челици имају специфичне електричне и магнетне особине или мали коефицијент линеарног ширења.

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.

1.7. Означавање челика

1.7.1. Означавање челика по старим стандардима

Општа ознака челика може да се представи на следећи начин:

Ѓ XXXX(X).X(X...)-X(X...)

Ознака врсте неког челика састоји се из:

- а) словног симбола Ѓ или ЃL којим се означава материјал, тј. челик или челични лив.
- б) основне ознаке које се састоје од четири, односно пет бројчаних симбола, којима се означава врста челика.
- ц) допунске ознаке која се састоји од једног или више бројчаних или словних симбола и њихових комбинација, којима се по потреби означава стање челика, односно намена.
- д) остале допунске ознаке, састоје се из једног, два или више бројчаних или словних симбола и 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

1.7.1.1. Угљенични челици са гарантованим механичким својствима

У ову групу челика спадају угљенични челици трговачког квалитета и челици са прописаним механичким својствима, али се не прописује 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 предходило хладној деформацији.

Симбол на другом месту (II) : означава редни број челика према:

- трговачки квалитет,
- до 339 МПа,
- 340-369 МПа,
- 370-399 МПа,
- 400-499 МПа,
- 500-599 МПа,
- 600-699 МПа и
- 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 и
- 90-99 челици за аутомате.

1.7.1.2. 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 се 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.

1.7.2. Означавање челика према EN 10027-1:

Према EN 10027-1 ознаке челика су сврстане у две основне групе:

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

Ознаке *Групе 1.*

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

- S - Конструкциони челик,
- B - Челици за армирање бетона,
- Y - Челици за пренапрегнути бетон,
- E - Челици за машиноградњу,
- L - Челици за цевоводе,
- 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 и
- M - Челици за лимове и траке у електротехници (праћени додатним ознакама).

Уколико је челик назначен у облику челичног одливка његовој ознаци мора предходити 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:

4. Š355JO (S - општи конструкциони челик, 355 – мин. вредност Re у МПа, JO - утрошена енергија удара при лому је 27J),
5. P265NB (P - челик за посуде под притиском, 265 - мин. вредност Re у МПа, N - нормализован, B - за боце за гас),

6. L360Q (L - челик за цеви, 360 – мин. вредност Re у МПа, Q - каљење и отпуштање),
7. Када ознака почиње са Y, R, после првог симбола стоји најмања вредност затезне чврстоће Rm,
8. Y1770C (Y - челик за преднапрегнуте бетонске конструкције, 1770 – мин. вредност Rm, C - хладно вучена жица) и
9. R900Mn (P – челик за шине, 900 – мин. вредност Rm, Mn - са повећаним садржајем мангана).

Ознаке Групе 2.

За челике који се означавају на основу хемијског састава ознаке су подељене у четири подгрупе:

- Нелегирани челици са средњим садржајем Mn < 1% (изузев челика за обраду на аутоматима).

Ознака садржи словну ознаку угљеника C, а затим следи број који представља средњи утврђени садржај угљеника помножен са 100.

Пример:

C25E (C-угљенични челик, 25-челик садржи 0.25%C, E-прописан мах. садржај сумпора)

- Нелегирани челици са средњим садржајем Mn ≥ 1% нелегирани челици за обраду на аутоматима и легирани челици (осим брзорезних) код којих је садржај сваког легирајућег елемента < 5%.

Прва ознака је средњи садржај угљеника у % помножен са 100, а затим следе хемијски симболи легирајућих елемената, затим бројеви који означавају вредности садржаја легирајућих елемената у % помножен одговарајућим фактором и заокружен на најближи цео број.

Фактори:

4 – за Cr, Co, Mn, Ni, Si, W,

10 – за Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr,

100 – за B.

Пример:

28Mn6 (испред без слова - нисколегирани челик, 28-садржај C= 0.28%, Mn- челик легиран са Mn, 6- садржај Mn= 1.5% (6/4))

- Легирани челици (осим брзорезних) код којих је садржај бар једног од легирајућих елемената ≥ 5%.

Прва ознака је X, следи средњи садржај угљеника у % помножен са 100, а затим хемијски симболи легирајућих елемената и бројеви раздвојени цртом, који представљају садржај легирајућих елемената у %.

Пример:

X5CrNi18-10 (X-високолегирани челик, 5-садржај C = 0.05%, CrNi-челик је легиран са Cr и Ni, 18-10-садржај Cr = 18% Ni = 10%).

- Брзорезни челици

Прва ознака је HS затим следе бројеви садржаја легирајућих елемената у % према редоследу W, Mo, V, Co.

Пример:

HS 2-9-1-8 (HS-брзорезни челик 2-9-1-8 – садржај легирајућих елемената 2%W, 9%Mo, 1%V, 8%Co).

2. АЛАТНИ ЧЕЛИЦИ

Алатним челицима називају се угљенични и легирани челици, који имају високу тврдоћу и отпорност према хабању, а употребљавају се за израду различитог алата за обраду метала и других материјала. Поред добрих механичких својстава челици за алате морају да имају и друга важна својства, као што су:

- добра топлотна стабилност, да не би дошло до промене структуре и механичких својстава при загревању алата у току процеса рада,
- отпорност према разугљеничењу површинског слоја и оксидацији, јер ове појаве смањују чврстоћу, тврдоћу и отпорност према хабању,
- одговарајућа топлотна проводљивост, да би се спречило прегревање, а тиме и смањење тврдоће у површинском слоју, што је нарочито важно код алата за обраду деформацијом у топлом стању,
- мали коефицијент линеарног ширења на температурама којима је алат изложен у току рада, тј. димензиона постојаност и
- добра обрада брушењем, што је нарочито важно при изради алата за мерне инструменте.

Услови рада мерних алата у извесној мери се приближавају условима рада при лошим режимима рада резних алата са мањим специфичним притисцима на радним површинама. Посебно се код ових челика истиче захтев за димензионалну постојаност после изведене термичке обраде у дужем временском периоду.

Челици намењени за израду алата за обраду деформисањем, како у хладном тако и топлем стању, оптерећени су значајним топлотним и ударним оптерећењима расподељених по релативно великој радној површини. Основно својство ових челика је ударна жилавост, али свакако и одржавање тврдоће и ударне жилавости у радним условима ковања, пресовања, одсецања и др. Алатни челици, поред примене за израду алата, с обзиром на своја својства, могу се користити и за конструктивне сврхе у различитим областима технике.



Слика 2.1 Подела алатних челика

Подела алатних челика се може извести на основу хемијског састава, али најчешће се користи подела према намени.

Према хемијском саставу алатни челици могу бити:

- угљенични-нелегирани челици и
- легирани челици.

Подела алатних челика према намени може бити на:

- угљеничне алатне челике,
- легиране челике за хладан рад,
- легиране челике за топао рад и
- брзорезне челике.

Угљенични алатни челици, одликују се, због задовољавајуће тврдоће површинског слоја и довољно високе ударне жилавости језгра, врло прихватљивом групом челика за ручни алат.

Легирани челици за хладан рад одликују се знатно бољим својствима у односу на угљеничне алатне челике, што је постигнуто додавањем челику легирајућих елемената, односно побољшање:

- тврдоће,
- одржавања високе тврдоће на повишеним температурама,
- повећања прокаљивости,
- смањења критичне брзине хлађења,
- повећања отпорности према хабању,
- повећања ударне жилавости,
- повећања димензионалне постојаности и
- побољшања обрадивости брушењем.

У легиране алатне челике за рад у топлотном стању убрајају се челици намењени за израду алата за ковање и пресовање шипки и цеви, алата за ливење под притиском, алата за израду ваљака, матица, заковица и чепова. Основни легирајући елементи код ове врсте челика су Cr, Mo и V, а често се додаје и W.

Челици намењени за израду алата за топао рад, зависно од присутних легирајућих елемената деле се на групе челика типа: W-Cr-V, Co-Mo-Cr-V.

Брзорезни челици зависно од присутних легирајућих елемената деле се на групе челика типа BRW, BRC и BRM.



Слика 2.2 Алатни челик

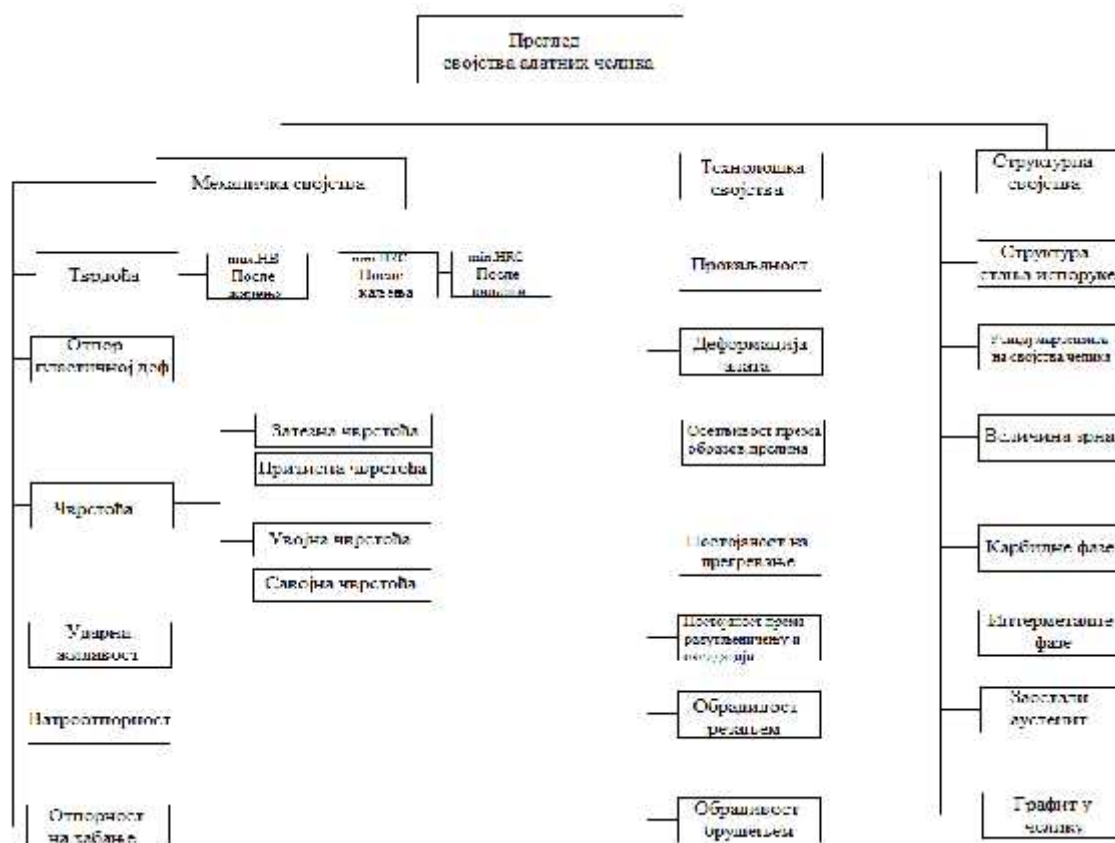
2.1. Основна својства алатних челика

Својства алатних челика (слика 2.3) треба проучавати како по основним експлоатацијским својствима тако и према технолошким својствима.

Експлоатациона својства алатних челика су она својства која челик има на израђеном алату, док технолошка својства су она својства која су везана за израду и обраду алата.

Резни алати као и алати за обраду деформисањем у експлоатацији изложени су деловању сложеног напонског стања у којима су у највећој мери изражени: контактна напрезања, напрезање савијањем, напрезање увијањем, ударна оптерећења, топлотна својства као што су термички замор и др.

Највећи утицај на експлоатациона својства свакако имају топлотна дејства. Радна температура, како оштрице резних алата тако и површинског слоја, алати за обраду деформисањем, креће се и до 600°C, што изазива не само измену неких основних својстава већ, и структурне промене. Наиме, далеко је већи утицај топлотног дејства на алатне челике у односу на конструктивне челике.



Слика 2.3 Преглед својства алатних челика

2.1.1. Механичка својства алатних челика

2.1.1.1. Тврдоћа

Тврдоћа према дефиницији, представља отпор кога пружа материјал ка продирању утискивача у његову површину и приближно одговара напонском стању неравномерног свестраног притиска. То је уједно, не само најзначајније својство алатних челика, већ и најлакше мерљива величина, због чега се врло често користи у контроли, како у процесу израде, тако и у експлоатацији.

Анализом утицаја тврдоће алата на друга значајна експлоатациона својства може се уочити да:

- тврдоћа у знатној мери одређује отпорност према хабању,
- обрадивост брушењем директно зависи од тврдоће, односно виша тврдоћа обезбеђује чистију обрађену површину после брушења и полирања,
- ниска тврдоћа алата за обраду резањем и алата за обраду деформисањем није погодна, јер алати услед хабања губе свој облик и димензије,
- оптимална тврдоћа, неопходна за добијање алата врхунског квалитета, се не поклапа са максималним вредностима тврдоће за дати челик,
- повећање тврдоће изазива пораст осетљивости према зарезу,
- за сложене алате треба бирати ниже вредности тврдоће, с обзиром да је мартензитна структура веома осетљива према зарезима и
- посебан утицај на тврдоћу алата имају примењени параметри термичке обраде.

Тврдоћа алатних челика зависна је од:

- садржаја угљеника у мартензитној структури,
- присутних дисперзних карбидних фаза,
- количинског односа мартензитне структуре према другим структурама, нпр. аустенита, ферита и
- примењене термичке обраде.

2.1.1.2. Својства чврстоће

Друго значајно механичко својство је својство чврстоће, али се оно ретко јавља као критеријум за оцену алата у експлоатацији.

Ниво чврстоће код алатних челика врло често и није висок, посебно код алата за обраду деформисањем, а начелно се може сматрати да повећање својства чврстоће повећава постојаност алата.

На ниво својства чврстоће алатних челика, који имају врло високу тврдоћу, највећи утицај има структурно стање што се карактерише:

- осетљивошћу на измену карактера напонског стања,
- осетљивошћу на микрогеометрију површина и
- осетљивошћу на зарез.

2.1.1.3. Ударна жилавост

Ударна жилавост алатних челика је веома значајно својство које показује отпор при настанку прслина, односно настанка лома под дејством ударних оптерећења.

Вредности ударне жилавости алатних челика су веома мале и крећу се 20-30 J.

На вредности ударне жилавости утичу бројни фактори међу којима су:

- величина зрна,
- количина и распоред карбидних фаза,
- стање границе зрна,
- тврдоћа металне основе,
- радна температура и
- облик епрувете.

Стварна величина зрна јако утиче на ударну жилавост, а уситњавањем металног зрна настаје повећање ударне жилавости.

Раст количине карбидних фаза као и њихов неподешен распоред негативно утичу на ниво ударне жилавости.

Тврдоћа металне основе је код свих алатних челика једна од најзначајнијих карактеристика, али њеним повећањем се смањује ниво ударне жилавости.

Радна температура испитивања алатних челика је веома значајан утицајни фактор с обзиром да се температура прага хладног лома одиграва нормално на собним температурама, а не ретко знатно изнад тога, чак и до 100°C и више.

Облик епрувете, односно облик зареза - има најзначајнији утицај на ниво ударне жилавости, а самим тим и на могућност поређења резултата испитивања.

2.1.1.4. Постојаност на високим температурама

Алатни челици поред високе тврдоће морају имати својства постојаности те тврдоће на високим температурама, с обзиром да код алата за резање, па и код алата за деформисање, у експлоатацији се одређене зоне загревају до температура када настају структурне измене, и губитак својстава, а у првом реду тврдоћа.

Постојаност на високим температурама у пракси има и друге називе као „постојаност према црвеном усијању” или „ватропостојаност” али основно је да се утицај радне температуре искључиво прати путем измене тврдоће.

Испитивање тврдоће ради утврђивања постојаности на високим температурама може се изводити:

- испитивањем тврдоће на одређеним повишеним температурама и
- испитивањем тврдоће на собним температурама.

2.1.1.5. Термички замор и отпор према стварању прслина

Поред тврдоће на вишим температурама легирани челици за рад на топло морају имати високу постојаност према стварању прслина при честим температурним променама.

Алати за обраду деформисањем на топло врло се интензивно загревају и хладе, тако да у танком слоју чија дебљина се креће до неколико милиметара, стварају се услови за настанак прслине.

На појаву стварања прслина у површинском слоју алата за обраду деформисањем на топло највише утицаја има:

- хемијски састав,
- микроструктура примењеног челика,
- тврдоћа,
- концентрација напона,
- облик алата за обраду деформисањем на топло и
- храпавост радне површине алата.

2.1.1.6. Физичка својства

Физичка својства алатних челика имају посебан значај у експлоатацији алата како при обради резањем, тако и при обради деформисањем, јер су зависне од радне температуре што изазива измену напона у радним зонама што може утицати на њихову постојаност.

Најзначајнија физичка својства су топлотна проводљивост, коефицијент топлотног ширења, коефицијент трења, адхезија и др.

Топлотна проводљивост карактерише се коефицијентом топлотне проводљивости. Топлотна проводљивост зависи само од хемијског састава и од стања термичке обраде.

Коефицијент топлотног ширења алатних челика значајан је утицајни фактор на експлоатациона својства, и креће се у широким границама.

Коефицијент трења је веома значајан фактор у експлоатацији алата јер највећи број алата су у директном додиру па самим тим што је овај коефицијент мањи то је и појава развијања топлоте у процесу резања и деформисања мањи, и већа је постојаност алата.

Адхезија - постојаност према налепљивању је врло значајна карактеристика алатних челика и представља дифузне процесе атома једног метала са другим што доводи до заваривања одређених контактних површина алата и обрађеног материјала.

2.1.1.7. Прокаљивост

Прокаљивост алатних челика представља распоред тврдоће по пресеку алата.

Најзначајнији утицај на прокаљивост челика, у подједнаким условима хлађења, има састав подхлађеног аустенита као и његова постојаност у области перлитне прокаљивости делимо на три групе.

Прва група алатних челика, коју сачињавају непостојани челици на повишеним температурама, који имају прокаљивост која је веома осетљиво својство односно оно је променљиво. То су угљенични и нисколегирани алатни челици и припадају групи челика са малом прокаљивошћу.

Друга група алатних челика, коју сачињавају полу - постојани и постојани челици на повишеним температурама, средње прокаљивости који после каљења попримају високу тврдоћу по целом пресеку или на већој дубини. То су високолегирани алатни челици који имају врло мале осцилације прокаљивости за један квалитет челика.

Трећа група алатних челика коју сачињавају веома постојани челици на повишеним температурама високе прокаљивости, који се кале на ваздуху и попримају високу тврдоћу па целом пресеку.

То су високолегирани алатни челици који немају значајне осцилације прокаљивости за један квалитет челика.

2.2. Технолошка својства алатних челика

2.2.1. Закаљивост

Закаљивост челика је способност добијања високе тврдоће при каљењу.

Основни утицајни фактори на закаљивост су садржај угљеника у аустениту, количине заосталог аустенита и брзина хлађења одређена са своје стране саставом расхладног средства и пресека алата.

Према закаљивости алатни челици се могу разврстати на: мало закаљиве челике, челике повишене закаљивости и челике високе закаљивости.

2.2.2. Разугљеничење

Разугљеничење је процес губитка угљеника у површинском слоју при загревању.

Код алатних надеутектоидних челика смањење садржаја угљеника при разугљеничењу до (0,6-0,8%), још увек нема тако велики утицај на смањење тврдоће.

Разугљеничени слој има знатног утицаја на појаву стварања прскотина при каљењу.

2.2.3. Оксидација

Оксидација представља процес стварања оксидног слоја у току загревања у оксидационој средини.

Створени оксидни слој представља губитак у материјалу и непожељан је, а може се избећи једино загревањем у неутралној атмосфери или растопљеним солима.

2.2.4. Постојаност према прегревању

Загревањем у циљу топле обраде деформисањем или термичке обраде изазива раст аустенитног зрна због чега опада ударна жилавост и чврстоћа челика.

Осетљивост према прегревању је знатно већа код еутектоидних угљеничних и нисколегираних челика.

2.2.5. Обрадивост у топлом стању

Пластичност алатних челика је врло важно технолошко својство које је, у поређењу са конструктивним челицима, знатно мање. То својство се погоршава повећањем количине излучених карбидних фаза и степеном легираности тј. за надеутектоидне и ледебуритне челике.

Обрадивост у топлом стању треба пратити кроз промену пластичности при наношењу оптерећења, а најповољније је то чинити код увијања.

2.2.6. Обрадивост у хладном стању

Обрадивост у хладном стању се утврђује не само помоћу пластичности већ и преко својства чврстоће, границе течења и тврдоће.

За разлику од конструктивних челика алатни челици који се углавном одликују присутним карбидним фазама имају највећу пластичност у жареном стању.

При обради у хладном стању и чврстоћа површине, се такође јавља као карактеристика обрадивости у хладном стању, а што је обрадивост боља то је чистоћа површине лошија.

2.2.7. Обрадивост резањем и брушењем

Обрадивост резањем алатних челика зависи како од отпора смицања тако и од улоге карбидних фаза.

Еутектоидни и надеутектоидни алатни челици, код којих нема веће количине карбидних фаза, обрадивост резањем се побољшава снижењем тврдоће за жарено стање са структуром перлита у феритној основи.

Код ледебуритних челика не постоји директна зависност између тврдоће и обрадивости резањем јер излучене карбидне фазе, чак и у металној основи отежавају обрадивост.

Обрадивост брушењем спада у важна технолошка својства. Не може се успоставити аналогија између обрадивости брушењем и обрадивости резањем. Међутим, као и код обрадивости резањем обрадивост брушењем јако много зависи од својства и количине карбидних фаза.

На обрадивост брушењем посебну улогу има и тврдоћа брусних материјала. Испитивање обрадивости брушењем најчешће се изводи механичким методама односно структурним методама.

2.2.8. Деформација алата

Под деформацијом алата подразумевају се линеарне и угаоне промене димензије настале услед термичке обраде, односно резања или хладне деформације.

Деформација алата је највећа код термичке обраде, а настаје како после каљења тако и после изведеног отпуштања.

Линеарне димензије нарастају при високотемпературном отпуштању (500-600°C) на рачун трансформације аустенита односно у топлопостојаним алатним челицима услед ојачања секундарним отврдњавањем.

На деформације при термичкој обради највећи утицај има полазна структура, добијена структура при каљењу, састав челика и др.

Најмање деформације алата при каљењу су у случају да је полазна структура једнообразна, облика перлита.

Знатан утицај на деформације при каљењу имају карбидне фазе.

2.2.9. Постојаност против образовања прслина

Алатни челици, с обзиром на малу пластичност, веома су осетљиви на образовању прслина које могу настати услед:

- топле пластичне деформације,
- термичке обраде и
- брушења.

Топла пластична деформација може изазвати:

- дубоке прслине,
- попречне прслине,
- површинске прслине и
- подужне дугачке прслине.

При термичкој обради прслине настају услед структурних трансформација као последица затежућих напона.

Прслине настају при каљењу у највећој мери при мартензитној трансформацији. Међутим, прслине услед термичке обраде могу настати и непосредно после хлађења, нпр. 5-7 секунди, или чак много касније 10-60 минута.

Да би се спречило настајање прслина услед брушења морају се узимати мале дубине брушења и мали притисак средства за брушење.

Као фактори који утичу на појаву прслина при брушењу су: растежући напони услед неравномерног загревања, отпуштања мартензитне структуре у структуре са мањом специфичном запремином и образовање кртих продуката осетљивих на стварање прслина.

2.3. Структурна својства алатних челика

Структура алатних челика зависи како од услова легирања тако и од стања термичке обраде, а веома је сложена, посебно у ливеном или слабо деформисаном стању.

Зависно од садржаја угљеника и легирајућих елемената разликују се следеће врсте алатних челика:

- надеутектоидне челике,
- еутектоидне челике,
- ледебуритне челике и
- челике са интерметалним ојачањем.

Надеутектоидним челицима припадају угљенични и нисколегирани алатни челици са умереном отпорношћу према хабању, и малом топлотном постојаношћу.

Еутектоидним челицима припадају како топлотно непостојани тако и високолегирани полупостојани, и постојани челици.

Ледебуритним челицима припадају високолегирани алатни челици легирани легирајућим елементима који граде карбидне фазе.

Челици са интерметалним ојачањем су високолегирани постојани челици са карбидним фазама.

2.3.1. Структурна стања испоруке

Структура алатних челика у стању испоруке је перлит чија тврдоћа није тако висока па је могућа обрада резањем, и обрадом деформацијом у хладном стању.

Основни утицајни фактор на својства перлита има угљеник, али присуством легирајућих елемената умањује концентрацију угљеника, тако да је садржај угљеника 0,6-0,8%.

На тај начин утицај перлита на каљену структуру алатних челика, с обзиром да при трансформацији перлита у аустенит долази до довољног засићења чврстим раствором, достиже се висока тврдоћа, прокаљивост, и закаљивост челика. Карбидне фазе, које се растварају на вишим температурама, немају улогу у засићењу аустенита при каљењу. Распоред карбидних фаза утиче на понашање челика при каљењу алатних челика.

2.3.2. Величина зрна

Структурна грађа челика, посебно граница зрна, има знатан утицај како на својства челика тако и на термичку обраду, посебно ако су високе тврдоће као што је случај са алатним челицима.

За термичку обраду алатних челика од посебног значаја је образовање аустенитне структуре, с обзиром да та структура својом величином, директно утиче на затезну чврстоћу, ударну жилавост и положај температуре прага хладног лома.

Фактори који утичу на процес образовања аустенита су:

- полазна структура челика,
- садржај угљеника у челику и
- концентрација легирајућих елемената.

Полазна структура челика утиче кроз распоред ламела цементита у феритној основи, а повећани садржај угљеника гради све већи број ламела цементита и тиме се ствара могућност стварања, и већег броја центара за кристализацију.

2.3.3. Карбидне фазе

Карбидне фазе представљају хемијска једињења чија тврдоћа превазилази тврдоћу мартензитне структуре, ради чега су неопходне карактеристичне компоненте структуре алатних челика.

Количина карбида одређена је садржајем угљеника и легирајућих елемената у челику као и од типа карбидне фазе.

У алатним челицима количина карбидних фаза је и да у челику створе потребну концентрацију угљеника и легирајућих елемената у аустениту, што обезбеђује неопходну прокаљивост, високу тврдоћу и отпорност према хабању.

Легирајући елементи који образују карбидне фазе су елементи који се налазе лево од жељеза у периодном систему елемената. То су елементи: Mn, Cr, Mo, W, V, Ti.

Елементи који граде карбидне фазе не јављају се у челику искључиво у облику карбидних фаза већ и у облику чврстог раствора.

2.3.4. Распоред, величина и облик карбидних фаза

Неравномерност излучених карбидних фаза, како према распореду тако и према облику и величини има знатног утицаја на својства алатних челика ради чега се томе посвећује посебна пажња.

Неједнородност карбидних фаза има највећи утицај састав челика, а она је већа за виши садржај угљеника а посебно и присуство волфрама изнад 1-1,5%.

Карбидна неједнородност има утицаја на својства чврстоће, ударну жилавост, појаву замора, посебно контактног замора, као и на обрадивост полирањем.

2.3.4.1. *Распоред карбидних фаза*

Распоред карбидних фаза најповољније се може утврдити путем поређења са скалама распореда карбида при повећању.

Испитивање се изводи на подужним металографским избруским који су термички обрађени. Нагризање се изводи са раствором азотне киселине.

Скале распореда карбидних фаза зависе од врсте алатних челика односно структуре.

2.3.4.2. *Величина карбидних фаза*

Величина карбидних фаза може се утврдити на основу познатих метода, пример метода средњег пречника и средње површине зрна.

Величина зрна се означава индексом I_k .

2.3.4.3. *Димензије карбидних фаза*

Карбидне фазе имају димензије које се крећу у ширим границама од (1-2) микрометара до (50-60) микрометара.

Димензије карбидних фаза се у току топле пластичне деформације умањују-дробе се. Измена димензија карбидних фаза као и распоред карбидних фаза немају утицаја на топлотну постојаност.

2.3.4.4. *Облик карбидних фаза*

Облик карбидних фаза најчешће су овална зрна мада у структури алатних челика постоје угласти карбиди, који веома неповољно делују на својства алатних челика.

2.3.5. Интерметалне фазе

Интерметалне фазе настају при ниским садржајем угљеника у брзорезним челицима и челицима за рад на топло са мартензитном трансформацијом а имају улогу ојачавајућих фаза. Слично као и код карбидних фаза интерметалне фазе се јављају као растворени у аустениту или као појединачно излучена зрна.

Основна својства интерметалних фаза су:

- настанак интерметалних фаза је у примарној кристализацији,
- интерметалне фазе, као и карбидне фазе задржавају раст зрна,
- излучивањем из презасићеног раствора и
- распоред интерметалних фаза је веома равномеран а димензије честица фаза су веома мале.

2.3.6. Заостали аустенит

Заостали аустенит присутан у окаљеној структури челика у количинама од 3% па чак и до 35%.

Количина заосталог аустенита зависи од састава челика при загревању у циљу каљења, услова хлађења а у мањем степену од величине зрна.

Заостали аустенит у алатним челицима није повољан, а одражава се на:

- смањење тврдоће окаљене структуре,
- смањење отпора пластичној деформацији,

- смањења чврстоће,
- смањења стабилности димензија и
- смањења обрадивости брушењем.

Појава заосталог аустенита повећава ударну жилавост и отпорност према хабању.

3. УГЉЕНИЧНИ АЛАТНИ ЧЕЛИЦИ

3.1. Основни захтеви угљеничних алатних челика

Угљенични алатни челици представљају нелегиране алатне челике који у свом саставу имају 0,5-1,35% угљеника, низак садржај силицијума и мангана, а припадају групи алатних челика за хладан рад где тврдоћа алата не опада при загревању до 200°C.

Оптимални садржај угљеника у угљеничним алатним челицима одређује се на основу захтева за одређено структурно стање које ће се остварити у готовом алату и услова његове експлоатације.

Челици са садржајем изнад 1,4% се практично не примењују јер имају веома изражену карбидну неравномерност и ниску ударну жилавост.

Присуство секундарног цементита у алатним челицима, зависно од облика, величине и распореда тих карбидних фаза, изазива бројне потешкоће. Тако постепеним хлађењем надеутектоидних челика из аустенитног подручја настаје структура перлита са присутним секундарним цементитом која се нагомилава на границама перлитних зрна, што изазива слабење везе перлитних зрна, а као резултат тога је умањење ударне жилавости.

У току провере квалитета угљеничних алатних челика изводи се:

- утврђивање хемијског састава,
- проба каљења са разних температура,
- утврђивање неметалних укључака,
- испитивање прокаљивости и
- испитивање структуре.

3.2. Подела угљеничних алатних челика

Подела угљеничних алатних челика може се извести према:

- садржају угљеника, односно тврдоћи,
- осетљивости при каљењу и прокаљивости и
- склоности према расту аустенитног зрна.

Према садржају угљеника, односно тврдоћи угљеничних алатних челика могуће их је поделити на шест група и то:

Тврдоћа 1. веома тврди челик са садржајем око 1.5% угљеника, који се кали у води са температуром до 760°C. Прокаљивост се може повећати каљењем са температуром до 820°C. Уопштено овај челик се због негативних последица избегава.

Тврдоћа 2. тврди челик са садржајем око 1.3% угљеника, који се кали у води. У структури има знатно мање карбидних фаза у односу на претходни челик.

Тврдоћа 3. средње тврди челик са садржајем 1.1% угљеника. Повећана ударна жилавост омогућује њихову примену за алате који раде у условима ударних оптерећења.

Тврдоћа 4. Жилаво-тврди челик са садржајем 0.9% угљеника. У каљеном стању овај челик даје највећу тврдоћу мартензита и практично нема карбидне мреже у структури.

Структура и тврдоћа овог челика је веома равномерна. Примењује се највише од свих угљеничних алатних челика. Може се применити за ударна оптерећења. Веома је осетљив на термичку обраду јер изазива највећа унутрашња напрезања у окаљеном стању као последица највеће измене запремине при трансформацији у мартензиту.

Тврдоћа 5. жилав челик са садржајем 0.75% угљеника. Примењује се за алате код којих се не тражи висока тврдоћа већ већа ударна жилавост.

Тврдоћа 6. веома жилав челик са садржајем око 0.6% угљеника, низак садржај угљеника чини да је образовање мартензита са знатно мањим изменама запремине од других група челика због чега је мање осетљив према каљењу.

Према *осетљивости при каљену*, прокаљивости и намени, алатне угљеничне челике делимо на три групе, и то:

- У *прву групу* угљеничних алатних челика спадају Č1941 и Č1944, који се употребљавају за израду алата где је потребна тврда површина и повећана жилавост (клипови за пнеуматске чекиће). Ова група челика има најмању прокаљивост, која се креће 2-3 mm, али су зато најмање осетљиви на прегревање односно најмање су осетљиви према стварању прскотина при каљењу.

- У *другу групу* угљеничних алатних челика спадају Č1740, Č1840, Č1940 и Č1943, који су намењени за израду чекића и алата за ковање, резног алата и турпија за дрво, пробијача за папир, ножева пољопривредних машина, алата за сечење, бушење и обраду меког и средње тврдог камена. Друга група челика има средњу прокаљивост, 3-5 mm и веома је осетљива према прегревању и хлађењу.

- У *трећу групу* угљеничних алатних челика спада челик Č1540 који се због лошијих својстава користи за израду ситног алата: српова, секира, чекића, ножева, бургија за дрво и другог ручног алата. Трећа група има највећу прокаљивост.

Топла обрада ковањем изводи се на препорученим температурама. Више температуре загревања појачавају процес разугљеничења и оксидације, али то истовремено много не побољшава способност ка деформисању.

3.3. Топла и термичка обрада угљеничних алатних челика

Топла обрада ковањем врши се на одређеним температурама.

Меко жарење представља обавезну операцију термичке обраде код угљеничних алатних челика с обзиром да ламеларни перлит није погодан за каљење.

Нормализација представља изузетно ретко примењиву енергију термичке обраде, а иста се користи само у случајевима када је структура неравномерна.

Каљење угљеничних алатних челика изводи се у води, а евентуално за добијање максималне тврдоће, и вода са додатком (5-10%) соде или кухињске соли.

Отпуштање представља обавезну завршну операцију термичке обраде, а изводи се непосредно после каљења јер у супротном може доћи до пуцања алата.

3.4. Примери примене угљеничних алатних челика

Употреба ниско и средњеугљеничних челика за алате веома је ограничена, јер је у ствари реч о примени конструкционих челика за алате.

Меки челици користе се за мале цементиране калупе за бризгање пластике и гуме,

за мерне алате и контролнике ("калибре"), металне лењире, шаблоне и сл.

Средњеугљенични нелегирани челици служе за израду ручних алата и прибора, резних алата за обраду дрвета, јефтинијих ножева, ливачких калупа и др. (нпр. Č1540 за секире, чекиће, јефтине ножеве, српове).

Знатно је већа примена високоугљеничних челика са 0.6-1.4% C, од којих се праве алати за просецање, за прераду хладним деформисањем, за обраду дрвета и термопласта, стезни алати, мали и једноставни калупи за обликовање пластике и гуме као и за ручне алате и приборе. Тако се нпр. од еутектоидног челика Č1840 израђују алати за обраду дрвета (секире, турпије), ковачки чекићи, пробијачи за папир и кожу, ножеви пољопривредних машина, секачи, маказе за меке метале, пробојци, алати за обраду камена.

За угљеничне алатне челике карактеристична су следећа својства:

- висока тврдоћа (60 – 64 HRC),
- добра отпорност према хабању, која се задржава само до 150°C због тога се од угљеничних алатних челика не израђује резни алат за веће брзине резања,
- алат од угљеничних алатних челика има релативно добру жилавост, па је подобан за израду алата изложеног јачим ударним оптерећењима.

Од угљеничних алатних челика може се израђивати алат једноставног облика и мањих димензија.

Угљенични алатни челици са садржајем угљеника до 1,0% карактеришу се отпором на трење, па се користе за хладан рад, као што је случај код ручног алата и алата који раде са малим брзинама резања, као што су: секире, јефтини ножеви, бургије за дрво, ковачки алати, ручни чекићи, пробојци, маказе, ножеви пољопривредних машина, алати за обраду дрвета, алати за обраду камена итд.



Слика 3.1 Пример обичног ножса

Угљенични алатни челици са већим садржајем угљеника имају побољшана својства и ширу примену. Муђутим, и даље су то алати углавном за занатску и ручну обраду, као што су: алати за резање навоја, развртачи, матрице за пресовање, секачи, пробојци, чекићи, турпије, и слично.



Слика 3.2 Пример алата за резање навоја

Челици са садржајем изнад 1,4% се практично не примењују јер имају веома изражену карбидну неравномерност и ниску ударну жилавост.

Челик Š1540 - Угљенични алатни челик високе тврдоће површинског слоја и веома жилавог језгра. Неосетљив је према каљењу. Примењује се за ручне алате, нпр. српове, секире, чекиће, бургије за дрво - сврдла и др.



Слика 3.3 Бургије за дрво

Челик Š1740 - Угљенични врло жилави алатни челик мале прокаљивости, високе тврдоће површинског слоја. Примењује се за алате за ручно ковање, нпр. алате за обраду камена, тешке чекиће, мале чекиће итд.



Слика 3.4 Алат за брушење камена

Челик Š1741 - Угљенични алатни челик велике тврдоће површинског слоја и жилавог језгра. Примењује се за разне врсте турпија, за елементе стезних алата итд.



Слика 3.5 Турпије за дрво и метал

Челик Š1840 - Угљенични алатни жилав челик мале дубине прокаљивости и велике тврдоће површинског слоја. Примењује се за алате за обраду меких метала, нпр. секаче, алате за обраду дрвета, ножеве итд.



Слика 3.6 Секачи и пробојци

Челик Š1841 - Угљенични алатни челик који се специјално примењује за израду коса.



Слика 3.7 Косе

Челик Š1943 - Угљенични тврди алатни челик мале прокаљивости и велике тврдоће површинског слоја и жилавог језгра. Примењује се за једноставне алате за обраду метала, глодаче, развртаче, секаче итд.



Слика 3.8 Развртачи

4. ЛЕГИРАНИ АЛАТНИ ЧЕЛИЦИ

4.1. Легирани алатни челици за хладан рад

Употребљавају се када је неопходна постојаност на повишеним температурама и већа прокаљивост. Готово сви легирани алатни челици, како за рад на хладно тако и за рад на топло, садрже хром. Али, само неколико челика за рад на хладно садрже једино Cr, док је већина легирана са W, V, Mo, односно за рад на топло, и са никлом.

Даље се легирани алатни челици деле на нисколегиране (укупан садржај легирајућих елемената не прелази 5%) и високолегиране.

Нисколегирани челици за рад на хладно користе се за разне врсте алата за обраду челика, обојених метала, дрвета, пластике, папира. Обрада се одвија на собној температури (на хладно), с тим што температура алата услед трења не сме за дуже време прећи температуру од 300°C. Као пример може се навести Š6840 (за спиралне бургије, глодала, урезнице и нарезнице, хирушке инструменте), Š6441 (за ножеве за обраду дрвета и папира), Š4140 (за пресерске алате, ексцентре), Š4830 (алати за јака динамичка оптерећења).

Нисколегирани алатни челици за рад на топло намењени су за радне услове при температурама изнад 300°C, реч је о ковачким калупима мале или средње величине, алатима за топло пресовање и екструзију (истискивање) нежелезних метала, калупима за ливење под притиском (Al и легура Al, Zn, Mg), алатима за опсецање на топло. У ову групу спадају челик Š5742 намењен за ковачке алате и Š5741 за ливачке калупе.

Високолегирани алатни челици за рад на хладно углавном садрже висок % Cr и C. Типичан је представник челика са 12% Cr и 2% C, ознаке Š4150. Висок садржај угљеника омогућује стварање довољно карбида, хрома који се одликују великом тврдоћом и отпорношћу на хабање. Горе наведени челик је погодан за алате сложенијег облика. Користи се за израду профилисаних глодала, бургија за лаке метале и месинг, тестере за метал, калупе за прераду пластике, пресовање порцелана и керамике као и за алате за просецање на пресама.

Високолегирани алатни челици за рад на топло садрже 5 до 10% W, 0.25-0.45% C и додатке Cr, V, Ni, Co, и на високим температурама задржавају потребну тврдоћу и нису склони ка прслинама на тим температурама. Од ових челика граде се алати највише оптерећени како механички тако и термички. То су Š6451 (за пресовање на топло у дубоким гравурама, за матрице, трнове алата за пробијање), Š6450 (матрице за топло пресовање, трнови алати за ваљање завртњева, алати за дубоко извлачење, калупи за ливење под притиском), Š4751, Š4753 (за топло пресовање лаких метала и њихових легура, за ливење под притиском).



Слика 4.1 Калупи за ливење пластике

4.1.1. Утицај легирајућих елемената на својства алатних челика за хладан рад

Алатни челици за хладан рад припадају легираним алатним челицима код којих је легирањем постигнуто побољшање бројних својстава, а у првом реду повећање отпорности према отпустању окаљеног стања, чиме се постиже одржавање тврдоће и ако долази до загревања алата у раду услед трења.

Испоручује се искључиво у меко жареном стању, а у облику откивака, топло ваљаних и кованих шипки, лимова и трака.

Садржај угљеника у овој групи челика је знатно изнад еутектоидног садржаја (0,8%), а везан је за укупни садржај легирајућих елемената. Оптимални садржај угљеника износи (1,1-1,2%), а код садржаја легирајућих елемената, нпр. за 1-2%, садржај угљеника опада на (1,0-1,1%).

Више тврдоће челика за хладан рад постиже се повећањем садржаја угљеника. Ипак се сматра да садржај угљеника изнад 1,5% се оправдава само за случај када алати у раду нису подвргнути значајнијој деформацији односно за алате простог облика и малих димензија.

Укупни садржај легирајућих елемената по правилу не треба да пређе 4%, да би се избегла неравномерност распореда карбидних фаза.

Најзначајнији легирајући елементи за алатне челике за хладан рад су: хром, волфрам, ванадијум и молибден, као и силицијум и манган.

Хром као легирајући елемент се јавља скоро код свих алатних челика за хладан рад, а креће се у садржајима од 0,2 до 14%.

Како је познато хром има највећи утицај на прокаљивост, посебно у присуству волфрама. Тај утицај је присутан и са врло малим количинама хрома, а при садржају 0,5-1,0% долази и до знатно већег утицаја.

Треба истаћи чињеницу да код надеутектоидних челика садржај хрома не треба бити већи од 1,5%, јер почев од тог садржаја престаје равномерност распореда карбидне фазе. Поред појаве неравномерности карбидних фаза јављају се и самостални карбиди, што се врло негативно одражава на сва својства алатних челика за хладан рад.

Волфрам припада групи легирајућих елемената која образују, већ при садржају изнад 0,5%, врло тешко растворљиве карбидне фазе. Он истовремено спречава раст аустенитног зрна али не тако као ванадијум.

Треба истаћи и чињеницу да волфрам као елемент који лако гради карбидне фазе не утиче много на побољшање прокаљивости, чак је и умањује.

Ванадијум као легирајући елемент присутан је у већем броју алатних челика за хладан рад али у врло малим количинама 0,1-0,2%, а и више. Гради врло тврде карбидне фазе, веома мало растворљиве у аустениту чак и при температури до 1000-1300°C.

Ванадијум уопштено не утиче на повећање прокаљивости челика, а не утиче ни на повећање тврдоће као и постојаности тврдоће на вишим температурама.

Молибден као легирајући елемент и већ при нижим садржајима, нпр. (0,2-0,4), утиче на уситњење карбидних фаза и спречава раст аустенитног зрна, а као и волфрам, повећава прокаљивост.

Силицијум као легирајући елемент, не гради карбидне фазе и веома је користан. Код надеутектоидних челика изазива појаву графитизације која се одстрањује присуством најмање 1% хрома.

Негативни утицај силицијума огледа се и на утицају на нека технолошка својства, с обзиром да својим присуством у фериту повећава тврдоћу у меко жареном стању.

Манган као легирајући елемент у челику присутан је у чврстом раствору као и у цементиту. Присуство мангана у цементиту није повољно јер не спречава раст аустенитног зрна што челике са манганом чине осетљиве на прегревању.

Позитиван утицај мангана се огледа у томе да његово присуство у челику не повећава тврдоћу меког жареног стања.

4.1.2. Преглед и избор алатних челика за хладан рад

Оптимални избор квалитета алатних челика за хладан рад представља врло сложен задатак који се може добро решити само под условом да се свестрано приђе његовом решењу.

Алатни челици за хладан рад се према намени деле на групе:

- препорукама произвођача,
- према подацима у литератури за све врсте резних и мерних алата као и алата за исецање и обликовање и
- анализом својстава која су потребна да би алат био довољно искоришћен,

Основна метода система везаних челика заснива се на формирању координантног система који указује на правац промене одређених својстава.

Легирани алатни челици за хладан рад могу се сврстати према:

- намени, (слика 4.2)
- према систему везаних алатних челика

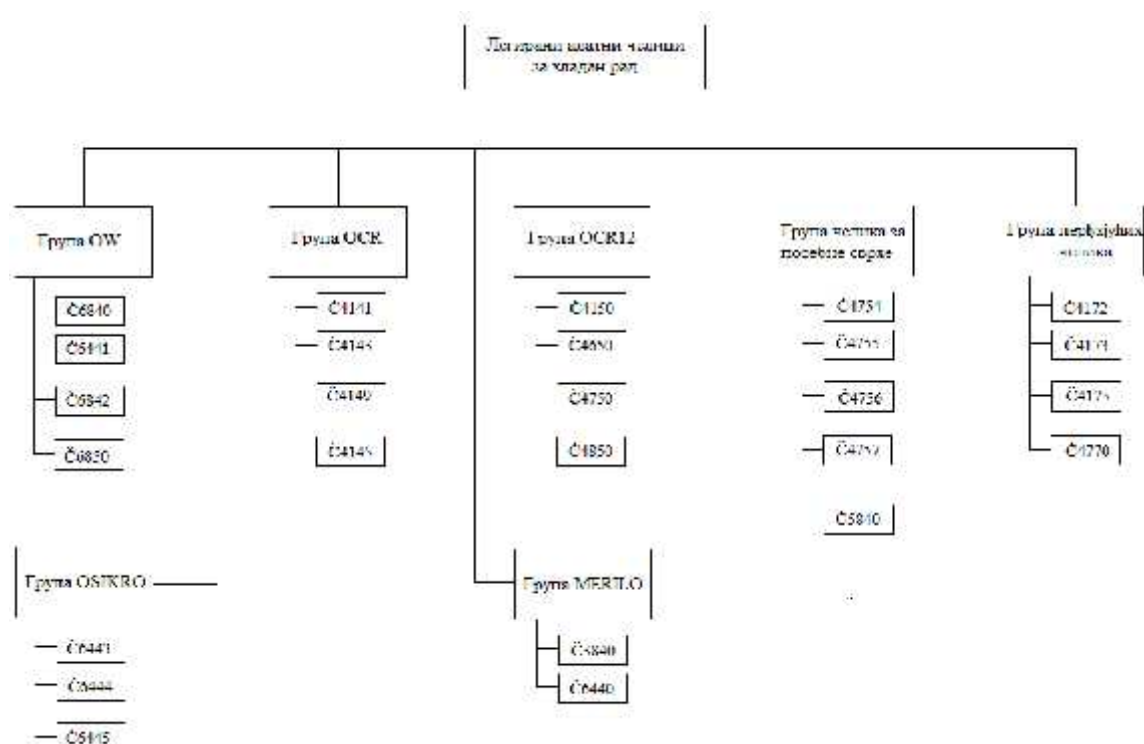
Према намени легирани алатни челици за хладан рад могу се поделити на челике намењене за израду:

- резних алата,
- алата за исецање и обликовање,
- мерне алате.

Основна својства челика који се примењују за резне алате су висока тврдоћа односно веома добра отпорност према хабању, висока притисна чврстоћа као и задовољавајућа ударна жилавост.

Основна својства челика који се примењују за алате за хладну обраду исецањем, утискивањем, хладним обликовањем.

Основна својства челика који се примењују за мерне алате су поред тврдоће и повећања димензионална постојаност после извесне термичке обраде у дужем временском периоду.



Слика 4.2 Подела легираних алатних челика за хладан рад према намени

4.1.2.1. Група челика OW

Челици који припадају групи OW према хемијском саставу су волфрам челици са додатком ванадијума, и знатним садржајем угљеника.

Основна одлика челика групе OW је висока отпорност према хабању и веома висока тврдоћа површинског слоја.

Висок садржај волфрама омогућује да се добије врло висока тврдоћа алата, али не и особине брзорезних челика тј. да се температуром отпуштања долази до секундарног пораста тврдоће при температури отпуштања од 600°C.

Челици групе OW су веома осетљиви на меко жарење и оно се не сме обављати на ниским температурама.

4.1.2.2. Група челика OSIKRO

Побољшање својстава тврдоће и ударне жилавости волфрамових челика може се постићи додавањем хрома што омогућује примену ових челика за рад у хладном и топлом стању (група OSIKRO). Садржај волфрама износи 2%, хрома 1% уз додатак ванадијума.

Челици са средњим садржајем волфрама и хрома, са нижим садржајем угљеника, имају веома добру прокаљивост и одговарајућу ударну жилавост. Повећањем садржаја угљеника постиже се не само повећање тврдоће односно отпорност према хабању, већ и постојаност према отпуштању.

4.1.2.3. Група челика OCR

Легирани алатни челици групе OCR припадају челицима легираним хромом уз евентуалан додатак ванадијума. Челици групе OCR имају високу ударну жилавост и при каљењу не долази до пуцања алата.

Садржај хрома није висок и креће се од 0,5%-1,5%, али и са тим садржајима он утиче на повећање прокаљивости челика, чиме се постижу знатно боља својства чврстоће, нпр. притисна чврстоћа, а затим динамичка чврстоћа.

Група челика OCR примењује се не само за алате већ и за конструктивне сврхе. После каљења веома се добро полирају, а дуго задржавају сјај.

4.1.2.4. Група челика OCR 12

Група OCR 12 представља најпознатију и најмасовнију групу алатних челика која се одликује високим садржајем хрома и угљеника што обезбеђује веома карактеристична својства и примену за резне, мерне и друге алате. Припадају групи ледебуритних алатних челика.

Висок садржај хрома, 12-13%, поред високих својстава чврстоће и тврдоће обезбеђује отпорност према корозији.

Прокаљивост ове групе челика је јако добра, а висока тврдоћа се постиже по целокупном пресеку.

4.1.2.5. Група челика за посебне сврхе

Групи челика за посебне сврхе припадају високолегирани алатни челици легирани хромом, ванадијумом, молибденом и волфрамом.

Примена ове групе челика је слична групи челика OCR 12, према захтевима у погледу отпорности према хабању, и групи челика OSIKRO према захтевима у погледу жилавости и отпорности према ударним оптерећењима.

4.1.2.6. Група нерђајућих челика

Постојаност према корозији, при врло ниском садржају угљеника, постиже се додавањем (14-15)% Cr што за конструктивне потребе обезбеђује практично потпуну отпорност према корозији.

Алатни челици захтевају повећан садржај угљеника услед чега својство постојаности према корозији зависи од односа садржаја угљеника, хрома и других легирајућих елемената.

Стандардни нерђајући алатни челици за хладан рад у свом саставу имају око 0,4% C и (13-14%) Cr.

Наведени алатни нерђајући челици су потпуно отпорни према корозији, ваздуху и води под условом да је површина добро полирана.

Према структури разликујемо три врсте нерђајућих челика:

- феритне, са 0,2% C,
- аустенитне, са 12% Cr и 8% Ni и
- мартензитне, са најмање 0,4% C.

4.1.2.7. Група челика MERILO

Алатни челици групе MERILO одликују се добром постојаношћу према деформацијама тј. променама облика и димензија при каљењу. Поред тога ови челици каљиви у уљу имају високу тврдоћу и отпорност према хабању због чега се користе и за резне алате.

Стандардни алатни челици групе MERILO припадају нисколегираним алатним челицима.

Каљење челика групе MERILO изводи се у уљу, али могуће је каљење у термалним купкама, али само за алате до пречника 20 mm.



Слика 4.3 Пример мерног алата

4.1.3. Топла и термичка обрада алатних челика за хладан рад

Режими топле и термичке обраде су:

- режими топле обраде деформацијом,
- меко жарење,
- хомогенизација,
- високо отпуштање,
- каљење алатних челика за хладан рад и
- отпуштање челика.

У топлој обради деформацијом алатних челика за хладан рад уочавају се следеће особине:

- темпо загревања мора бити лаган са задржавањем 3-4h на температури 780-800°C,
- више температуре топле обраде деформацијом од препоручених нису повољне јер се повећава опасност од појаве оксидације и разутљеничења,

- препоручује се нижа температура топле деформације 40-80°C за мале степене прераде како би се завршетак деформације завршио на високим температурама,
- препоручује се виша температура топле деформације за 50-100°C у случају енергичног обликовања и
- челици који се кале на ваздуху морају се врло опрезно пластично деформисати а посебно при хлађењу.

Меко жарење

Задатак меког жарења алатних челика за хладан рад је добијање ситнозрне структуре облика зрнастог перлита и снижење тврдоће све у циљу побољшања обрадивости резањем.

Основни параметри меког жарења су температура загревања, време држања и услови хлађења.

Каљење алатних челика за хладан рад

Каљењем се постиже највећа тврдоћа ове групе челика, а интервал температуре каљења је веома узак и износи 15-20°C.

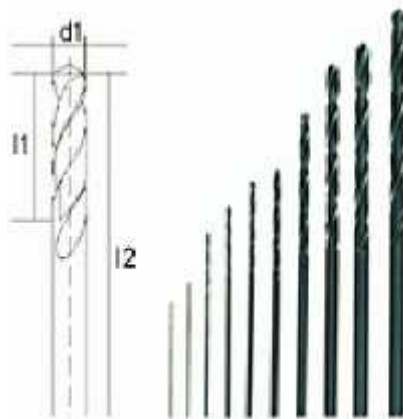
Добијање високе тврдоће после каљења изазива и смањење чврстоће и ударне жилавости, што се мора узети у обзир при пројектовању алата.

Отпуштање челика

Основни задатак отпуштања челика има за циљ умањење унутрашњих напона насталих при каљењу а такође повећање чврстоће и ударне жилавости.

4.1.4. . Примери примене алатних челика за хладан рад

Челик Š3840, је манган-ванадијум алатни челик са највећом постојаношћу диманзија. Има добру тврдоћу и постојаност резне оштрице као и отпорност на хабање. Користе се за израду мерних алата, спиралних бургија, алата за пресовање гуме и вештачке смоле и др.



Слика 4.4 Пример спиралне бургије

Челик Š4143, хром алатни челик са веома високом тврдоћом и отпорношћу на хабање али знатном осетљивошћу на каљење. Користе се за израду алата за обраду сивог лива, бакра, месинга, тврдог дрвета, специјалне турпије и др.

Челик Š4750, високолегирани хром-молибден-волфрамов алатни челик са релативно ниским садржајем угљеника што обезбеђује добру ударну жилавост.

Котисти се за израду кружних ножева за сечење лима, глодаче за дрво и др.



Слика 4.5 Пример глодала за дрво

Челик Š4755, високолегирани хром-молибден-волфрам-ванадијум алатни челик са знатном ударном жилавошћу и отпорношћу према динамичким оптерећењима. Примењује се за алате од којих се захтева отпорност на хабање као код групе челика OCR 12, а у погледу ударне жилавости као код челика групе OSIKRO.

Челик Š6443, волфрам-хром-силицијум алатни челик веома издржљив према динамичким оптерећењима и добром отпорношћу према хабању. Примењује се за врло квалитетне алате, секаче за обраду тврдог челика и челичног лива, алате за обраду дрвета сложеног облика, радне елементе алата за савијање и пресовање.

Челик Š6840, волфрамов алатни челик добре обрадивости у меко жареном стању. Примењује се за спиралне бургије, развртаче, ножеве за ваљање навоја, зубарске бургије, ножеве свих врста за резање навоја.



Слика 4.6 Пример развртача

4.2. Алатни челици за топао рад

Алати који раде на топлој преради челика (ковању и пресовању, ваљању, одсецању и др.) изложени су наглим температурним променама и високим механичким и ударним оптерећењима, што захтева изузетно добра својства алатних челика, за топао рад, а посебно:

- високу тврдоћу на повишеним температурама,
- високу ударну жилавост,
- добру постојаност облика и димензија,
- високу отпорност на хабање,
- добру постојаност према отпуштању и

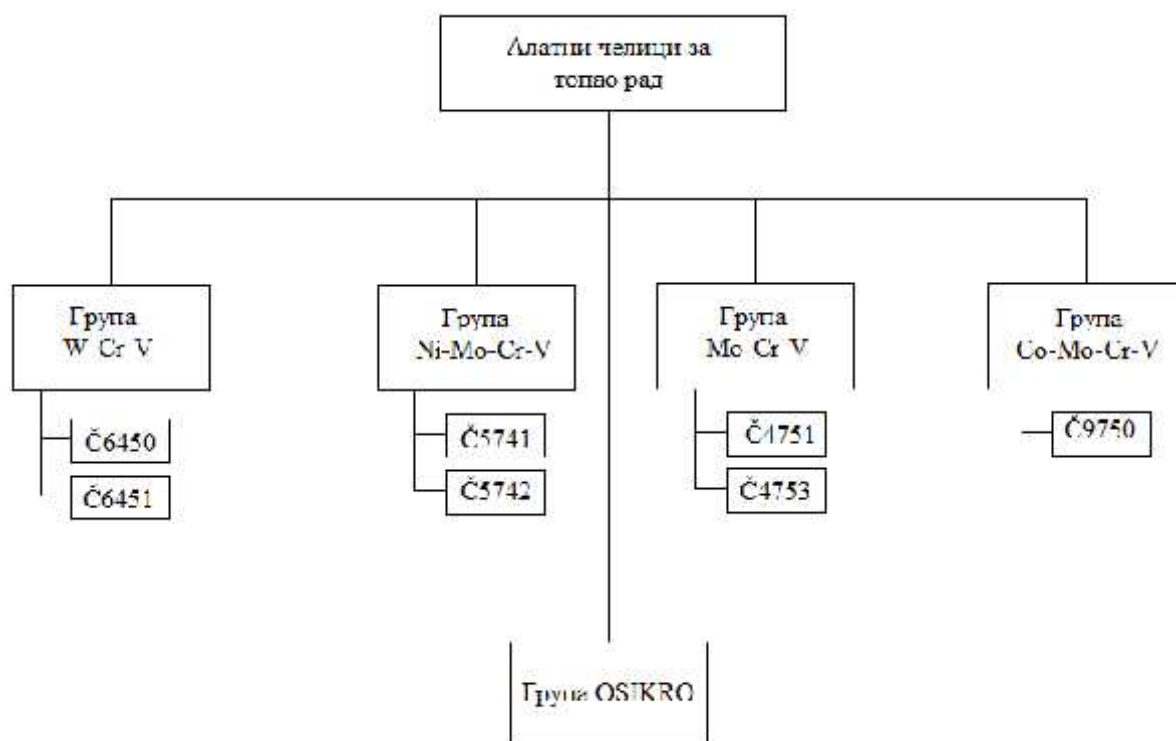
- високу отпорност према термичком замору.

Високи захтеви за бројним својствима алатних челика за топли рад постижу се легирањем алатних челика елемената који граде карбидне фазе као што су волфрам, молибден и ванадијум, а хром ради постизања добре отпорности на хабање и велике постојаности према отпуштању. Ради повећања ударне жилавости и прокаљивости челику се додаје никл, а за побољшање динамичке чврстоће силицијум.

Повећан садржај легирајућих елемената у челику условљава смањење топлотне проводљивости и повећање осетљивости на нагле температурне промене, због чега се, ако радна температура није висока, примењују челици са не нарочито високим садржајем легирајућих елемената.

4.2.1. Преглед и избор алатних челика за топао рад

Одлична својства која се захтевају од ове врсте челика остварују се легирањем елемената који образују карбиде. Преглед основних група дат је на (слици 4.7).



Слика 4.7 Преглед основних група алатних челика за топао рад

Материјали који се користе за ковачке алате морају имати повољне одређене комплексе својстава као што су:

а) Ватроотпорност

Материјали који се користе за ковачке алате морају имати високу границу течења и велики отпор према хабању у топлотном стању.

Овим својствима се постиже:

- успорење процеса хабања,
- смањење деформације облика калупа и
- повећан отпор према сагоревању.

Тако, веома је значајно да се граница течења зависно од радне температуре што мање мења.

б) Постојаност у жареном стању

Висока ватроотпорна својства морају у току рада, деловања повишених температура, остати на одговарајућем нивоу што се постиже повећаном отпорношћу према отпуштању односно легирањем са елементима као што су волфрам, молибден, ванадијум и хром.

в) Термопостојаност

У току рада ковачки калупи су изложени цикличном загревању и хлађењу површине која је у додиру са загрејаним металом па се у њима изазива појава затежућих и притисних напора што доводи до настанка такозваних мрежастих прслина.

Челици за рад на топлоту имају по правилу високу постојаност према термичком замору, својству материјала које се испитује при загревању и хлађењу напрегнутих епрувета.

г) Ударна жилавост

Пластична деформација на топлоту, нпр. при ковању спроводи се ударним дејством метала на калуп због чега челик за калупе мора имати одређени ниво ударне жилавости, врло често чак и на рачун смањења ватроотпорности. Најповољније на вредност ударне жилавости утиче додатак никла.

д) Прокаљивост

Многи алати за топлоту прераду пластичном деформацијом имају веома велике димензије, нпр. реда 500x500x1000mm, и да би они имали добра својства по целокупном пресеку челици за калупе морају имати веома добру прокаљеност. Највећи утицај на дубину прокаљивости имају додаци хрома и никла.

ђ) Отпусна крутост

Челици који се користе за израду алата за топлоту прераду морају бити неосетљиви према појави да се при нижим температурама отпуштања јавља пад ударне жилавости тзв. отпусна крутост. Ова појава се умањује легирањем молибденом и кобалтом.

ж) Постојаност облика и димензија

Веома значајно својство челика за алате за топлоту прераду је постојаност димензија при самој термичкој обради као и промена облика и димензија у току рада, с обзиром да се алат у већој мери загрева у току рада.

з) Отпор према хабању

У процесу топле пластичне прераде метала долази до веома интензивног хабања додирних површина па чак и до ерозије на карактеристичним местима у калупима са сложенијим формама.

4.2.1.1. Алатни челици за топло рад – група W-Cr-V

Група челика W-Cr-V, коју сачињавају два челика Š6450 и Š6451, чији хемијски састав, топла и термичка обрада као и коефицијент ширења, припадају групи челика са високом чврстоћом и отпорности према хабању као и високом ударном жилавошћу на повишеним температурама.

Садржај угљеника је низак и износи свега 0,3%. Ради побољшања прокаљивости и топлотне постојаности челицима ове групе додаје се хром 1-2,5%.

Присуство волфрама у овим челицима је у облику карбида, што захтева врло високе температуре загревања у циљу каљења.

Челици ове групе имају врло добру отпорност према хабању на вишим температурама

4.2.1.2. Алатни челици за топао рад – група Ni-Mo-Cr-V

Основни захтеви од ове групе челика, с обзиром да ковачки алати имају велике димензије и сложене радне површине, су висока ударна жилавост, и веома добра прокаљивост уз умерену топлотну постојаност.

Остваривање ових задатака постиже се легирањем никлом, хромом и молибденом уз додатак ванадијума. Садржај угљеника у овој групи челика је 0,55%.

Поред одличне прокаљивости и ударне жилавости ова група челика има добру постојаност према попуштању, као и постојаност димензија.

Стање испоруке ове групе челика је меко жарено стање, али најчешће у облику блокова који су побољшани по посебном поступку што омогућава накнадну израду гравура на блоку.

4.2.1.3. Алатни челици за топао рад – група Mo-Cr-V

Група челика Mo-Cr-V, коју сачињавају два челика Č4751 и Č4753, припадају групи молибденских челика са веома добром комбинацијом ударне жилавости, тврдоће, отпорности према хабању, и постојаности према отпуштању.

Ова група челика предвиђена је за каљење на ваздуху чиме се постиже врло висока димензионална постојаност.

У процесу рада алата за рад у топлом стању се изводи хлађење компримираним ваздухом или уљем, а челик Č4751, и благим хлађењем водом.

4.2.1.4. Алатни челици за топао рад – група Co-Mo-Cr-V

Група челика Co-Mo-Cr-V, коју сачињавају челик Č9750, припада групи кобалтовим алатним челицима за топао рад.

Основна одлика овог челика су изузетно добра својства са вишим температурама као висока чврстоћа и висока тврдоћа што обезбеђује веома високу отпорност према хабању као и висок ниво ударне жилавости. Обрадивост је добра. При каљењу није склон деформацијама, склон разутљеничењу, а потребно је и предгревање.

4.2.2. Примери примене алатних челика за топао рад

Челик Č4571 примењује се за алате за вруће ваљање лаких метала и његових легура, за делове алата за ливење под притиском. Неосетљив је на нагле температурне промене. Има веома добру комбинацију својства тврдоће, ударне жилавости и отпорности на хабање. Каљење овог челика се изводи на ваздуху па се може користити и за најкомплицованије алате.

Челик Č5742 примењује се за израду најквалитетнијих ковачких алата, калупа и матрица свих врста са дубоким гравурама као и друге делове ковачких алата.

Челик Č6450 је високолегирани W-Cr-V челик и користи се за израду ковачких алата који се интензивно хладе водом. Користи се за алате за дубоко извлачење, чељусти за израду навоја у врућем стању, алате за топло пресовање лаких и тешких метала.



Слика 4.8 Пример алата за пресовање метала

Челик Č9750 је високолегирани Co-Mo-Cr-V алатни челик веома високе затезне чврстоће и отпорности према хабању и одличне ударне жилавости, посебно на високим радним температурама. Није склон термичком замору.

Примењује се за алате са врло дубоким гравурама које се тешко хладе у току рада, нпр. елементе алата који су директно у додиру са загрејаним металом, нпр. матрице, трнови, пробојни алати, елементе за ковање и пресовање.

5. БРЗОРЕЗНИ ЧЕЛИЦИ

Брзорезни челици представљају групу високо легираних алатних челика који се од алатних челика за хладан рад разликују по знатно повећаном постојаношћу својстава на вишим температурама, посебно тврдоће, што омогућује њихову примену за израду алата за рад са знатно већом брзином резања, а тиме и веће продуктивности у обради резањем.

Постојаност својстава при вишим температурама се обезбеђује каљењем са врло високих температура (1200-1300°C), при чему зависно од жељених својстава се примењује одговарајући термички третман.

Брзорезни челици у свом саставу имају у већим количинама легирајуће елементе који граде карбидне фазе, ради стварања већег броја издвојених карбида који се не растварају при загревању у циљу каљења, чиме се спречава раст аустенитног зрна и постижу жељена својства при повишеним радним температурама.

Велики садржај легирајућих елемената у брзорежном челику утиче да се у ливеном стању ствара ледебуритна структура.

Позната је чињеница да основни недостатак угљеничних алатних челика је нагли пад тврдоће алата при загревању већ на радним температурама око 180°C, док легирани алатни челици за хладан рад имају знатно бољу постојаност тврдоће на повишеним температурама, али не и довољну. Међутим, основна одлика брзорезних челика је постојаност тврдоће при повишеним температурама која се креће до 550-600°C. Постојаност тврдоће при врло високим температурама код брзорезних челика постиже се не само изабраним хемијским саставом већ примењеном топлим пластичном прерадом у циљу разбијања карбидних фаза као и одговарајућом термичком обрадом.

Према хемијском саставу брзорезни челици се базирају на елементима који граде карбидне фазе, а главни носиоци у појединим групама су волфрам (група BRW), кобалт (група BRC), и молибден (група BRM), као и универзални челик (група BRU).

Брзорезни челици се деле на групе челика типа BRW, BRC, BRM и BRU.

5.1. Утицај легирајућих елемената на својства брзорезних челика

Утицај легирајућих елемената се огледа у следећем (слика 5.1):

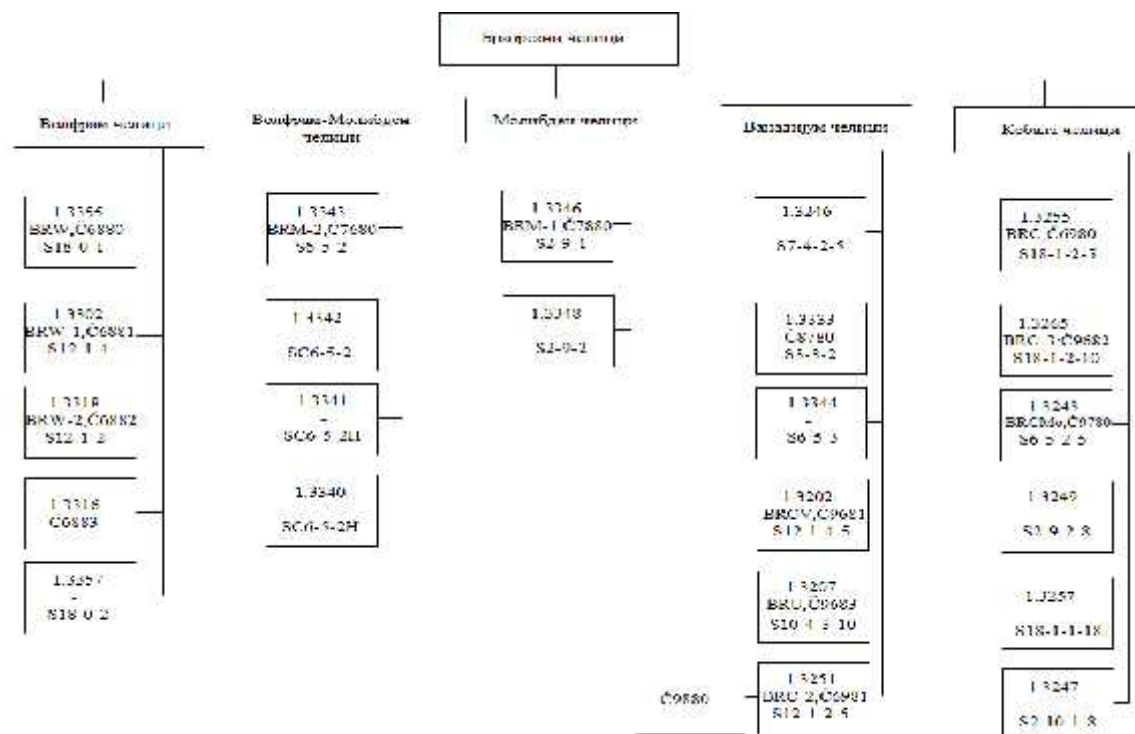
Волфрам је присутан у сваком брзорежном челику ради обезбеђења постојаности тврдоће оштрице алата, при црвеном усијању а креће се у садржајима 2-18%. У окаљеном и отпуштеном челику волфрам је присутан и у структури мартензита, и у облику карбидних фаза. Са порастом процента садржаја волфрама расте и број самостално издвојених карбида који су носиоци постојаности на повишеним температурама.

Ванадијум се у неким количинама раствара у аустениту а после каљења при отпуштању се издваја из мартензита, што изазива дисперзно отврдњавање. Садржај ванадијума у брзорежним челицима није мањи од 1%. При већим садржајима ствара карбидну фазу VC која има знатно већу тврдоћу од волфрамових карбида.

Хром као легирајући елемент је присутан у свим брзорежним челицима, налази се у фериту или гради сложени карбид, а креће се у садржају око 4%.

Кобалт као легирајући елемент креће се у садржају до 10%, а највише утиче на постојаност према црвеном жару и појави дисперзног отврђавања. Кобалт не гради карбиде па се у жареном стању углавном јавља у фериту.

Молибден као легирајући елемент има сличан утицај као и волфрам. Носиоц је повећане жилавости брзорезних челика због чега је пожељан код свих алата који су изложени удару. Основни легирајући елемент у брзорезним челицима су волфрам и молибден.



Слика 5.1 Преглед брзорезних челика разврстаних у групе према легирајућим елементима

5.2. Преглед и избор брзорезних челика

При избору брзорезног челика за одређену намену од значаја су како технички тако и економски захтеви. Правилан прилаз избору квалитета брзорезног челика је и добро познавање како основних захтева ове врсте челика тако и њихов међусобни ранг.

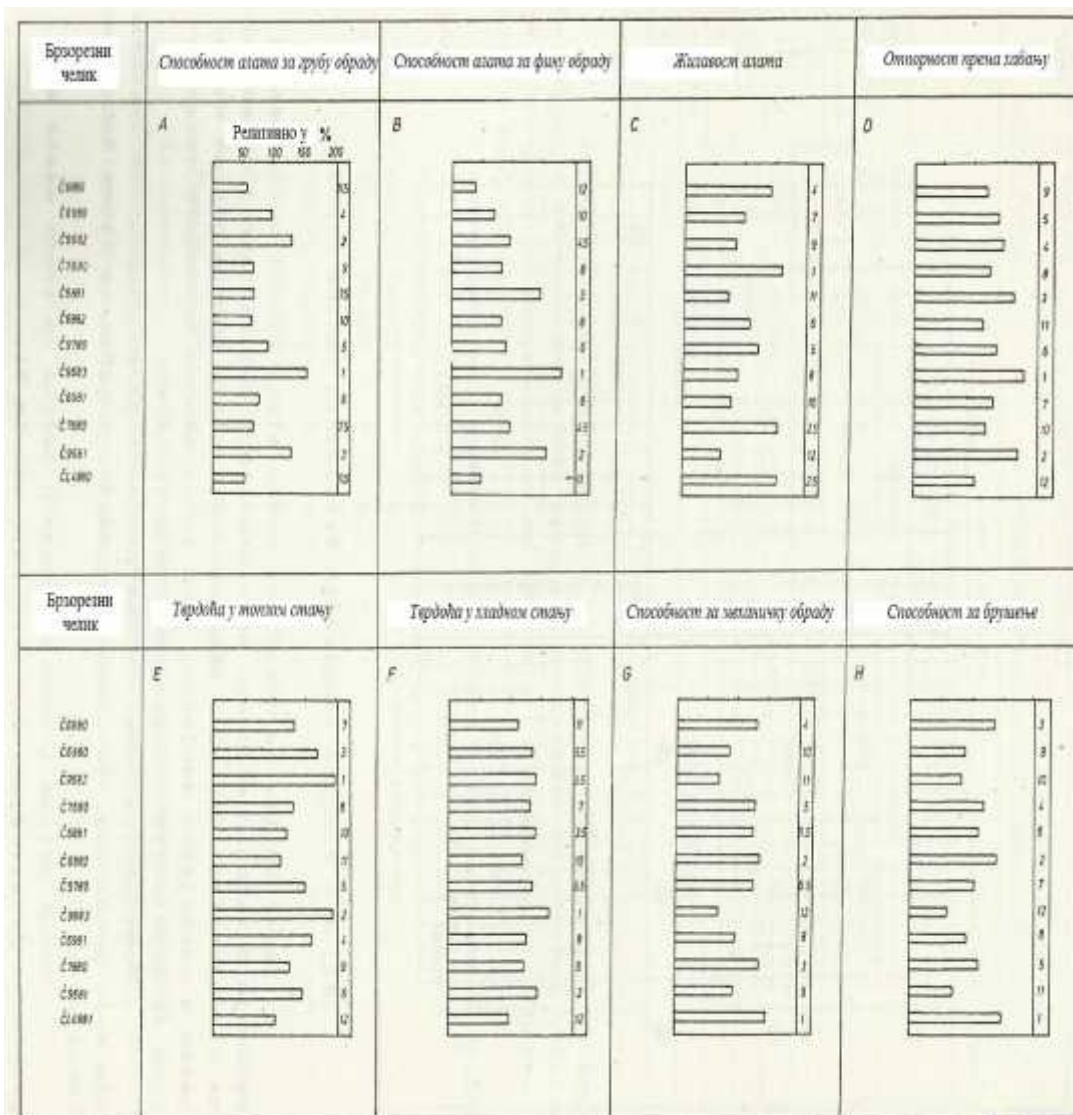
Основна својства брзорезних челика су:

- постојаност тврдоће на повишеним температурама,
- ниво тврдоће,
- својства чврстоће,
- ударна жилавост,
- отпор према хабању,
- коефицијент трења,
- условни праг хладног лома,
- динамичка чврстоћа,
- модул еластичности,

- граница течења при затезању,
- обрадивост резањем и
- обрадивост брушењем.

На основу наведених својстава брзорезних челика они су сврстани према намени у две основне групе челика, и то:

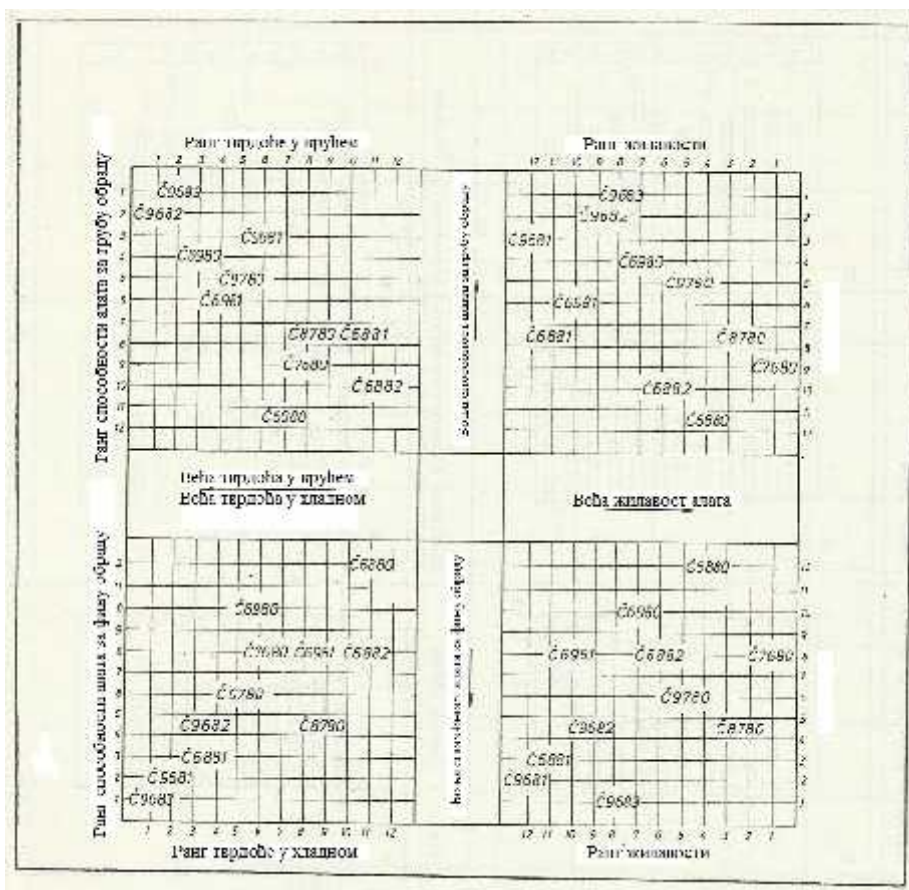
- на способност алата за грубу обраду и
- на способност алата за фину обраду.



Слика 5.2 Преглед рангирања брзорезних челика

Избор за одређену врсту алата изводи се на основу сазнања о сличним алатима, како квалитету челика тако и о захтевима о својствима. Ако се у експлоатацији алата уочава њихов недостатак у одређеном својству, тада се на основу наведеног ранга челика за дато својство бира квалитетнији челик.

Поступак за избор челика према рангу својстава, је сасвим природан и логичан уз веома добру селективност.



Слика 5.3 Преглед рангирања брзорезних челика

Други прилаз избору брзорезних челика за резне алате су препоруке произвођача што илуструје (табела 1.2).

Табела 1.2 Препоруке за избор врсте челика

ВРСТА ЧЕЛИКА			ПРЕПОРУЧУЈЕ СЕ ЗА ОБРАДУ ЧЕЛИКА				
ТИП	ВРСТ	ЖР	СА ЧВРСТОЋОМ			КОД НАЈТЕЖИХ УСЛОВА	
W-Mo-V-Co			до 850 МПа	до 850 МПа	преко 850 МПа	Груба обрада	Фина обрада
18-0-1	C5880	ВЛW	●	●	○		
18-1-2-5	C5880	ВНC			●	●	
18-1-2-10	C5882	ВРС-3				●	
12-1-4	C5881	ВРW-1					●
12-1-4-5	C5881	ВРСУ				●	●
2-9-1	C5880	ВРМ-1		●	○		
6-5-2	C5880	ВРМ-2	●	●	○		
6-5-2-5	C5880	ВРСМ			●	●	
10-4-3-10	C5883	ВРC			●	●	●
ЛЕГЕНДА:			● ПРЕПОРУЧУЈЕ СЕ ○ НЕ ПРЕПОРУЧУЈЕ СЕ				

Поред наведених чињеница о избору брзорезних челика не треба изгубити из вида и густину одређеног квалитета брзорезног челика с обзиром да је разлика између појединих квалитета знатна.

5.2.1. Брзорежни челици групе BRW

Брзорежни челици групе BRW легирани су волфрамом а намењени су углавном за грубу обраду.

Садржај волфрама је неопходно потребан за остварење секундарног отврдњавања и постојаности на повишеним температурама и износи 7-8% волфрама.

У групи брзорежних челика BRW су челици Š6880, где поред хрома и ванадијума исти имају 18 односно 12% волфрама.

5.2.2. Брзорежни челици групе BRC

Основни легирајући елемент ове групе челика је кобалт, као јединствен легирајући елемент у брзорежним челицима, којим се постиже повећана постојаност на вишим температурама до 650°C.

Кобалт, за разлику од других најчешће присутних елемената у брзорежном челику као што су волфрам, хром, молибден и ванадију, не гради карбиде.

5.2.3. Брзорежни челици групе BRM

Брзорежни челик групе BRM, челик Š7880, у свом саставу има око 1,5% молибдена, са основном одликом веома добре ударне жилавости и велике издржљивости код средњих оптерећења.

Овај челик је веома осетљив на разугљеничење као и ниво температуре загревања при каљењу због чега је веома отежана термичка обрада.

5.2.4. Брзорежни челици групе BRU

Брзорежни челик типа BRU, је супербрзорежни челик, универзалне примене и врхунског квалитета.

Врхунска својства овог челика, који при рангирању заузима висок положај у скоро свим значајним својствима, остварена су избором легирајућих елемената.

Главна одлика овог челика је:

- одлична топлотна издржљивост,
- висока постојаност према отпуштању,
- висока тврдоћа у топлом стању,
- релативно добре жилавости,
- велике отпорности према хабању и
- варедно добре резне способности и добре издржљивости оштрице алата.

Брзорежни челик типа BRU је веома погодан за ливење па се користи за нпр. чеона и ваљкаста глодала.

5.3. Примери примене брзорежних челика

Челик Š6880 (BRW) је најпознатији и најуниверзалнији брзорежни челик са веома широким могућностима примене. Примењује се за све врсте резних алата за обраду

материјала са нехомогеном структуром, нпр. сивог лива, челичног Š6881 лива, месинга и сл.

Пример примене: стругарске ножеве, глодала, машинске развртаче, провртаче, упуштаче, алате за просецање на хладно и сл.



Слика 5.4 Стругарски нож

Челик Š6881 је специјални брзорезни челик за фину обраду. Погодан је за ливење.

Пример примене: алати за завршну обраду нпр. фазонски ножеви и глодала, провртачи, алати за прецизно бушење, алати за резање навоја и сл.

Челик Š6980 (BRC) је брзорезни челик легиран кобалтом што обезбеђује довољну жилавост за примену, за алате, за грубу обраду тврдих и жилавих материјала.

Пример примене: алати за грубу обраду нпр. стругарски ножеви, глодала, завојна глодала и сл.



Слика 5.5 Пример глодала

Челик Š9682 је специјални брзорезни челик намењен за алате за грубу обраду на најмодернијим машинама. Слабо је осетљив на прегревање.

Примењује се за алате за грубу обраду који се у току рада не хладе.

Челик Š9683 (BRU) је супербрзорезан челик врхунског квалитета. Бројна својства којим располаже овај челик омогућује његову примену за све врсте алата посебно за алате намењене грубој обради.

Пример примене: стругарски ножеви за грубу и фину обраду, алате за обраду ватроотпорних челика, алате за аутомате, алате за озубљење, ливене алате и др.



Слика 5.6 Ливени ланчаник

5.4. Топла и термичка обрада брзоребрих челика

Стање испоруке брзоребрих челика

Брзоребри челици испоручују се у меко жареном стању са структуром зрнастог перлита и карбидних фаза.

Тврдоћа стања испоруке одређена је у одговарајућим табелама где је приказан хемијски састав.

Топла прерада

При остварењу топле механичке прераде треба обратити пажњу на следеће:

- топла механичка обрада, нпр. ковање,
- повећање температуре загревања изнад горњих препоручених температура није пожељно јер постоји опасност од раста аустенитног зрна,
- темпо топле прераде треба бити на почетку старији док се не разбије карбидна ледебуритна мрежа, а брзина удара се временом увећава и
- загревању брзоребрих челика за топлу механичку прераду треба посветити посебну пажњу, а исту остварити путем прегревања.

Хомогенизација

У случају када се не може остварити довољан степен прераде, или пак код ливених алата, уситњење еутектичке мреже изводи се загревањем на високим температурама у трајању од 2-4 часа.

Меко жарење

Основни циљ меког жарења је снижење тврдоће, чиме се обезбеђује најбоља обрадивост резањем, као и припрема структуре за накнадну операцију каљења ради спречавања лома.

Каљење

Постизање температуре каљења брзоребрих челика изводи се путем предгревања на температурама 400-600°C, 850°C и 1050°C.

Прво предгревање изводи се на температурама 400-600°C, и на алатима већим од 30 mm. Друго предгревање изводи се на температури 850°C. Треће предгревање изводи се на температури 1050°C.

Отпуштање

Основни задатак отпуштања брзоребрих челика је остваривање секундарне тврдоће као и отклањање унутрашњих напона услед каљења.

6. ЗАКЉУЧАК

Челици представљају најчешће коришћену групу машинских материјала. Добијање челика се своди на рафинацију гвожђа добијеног у високој пећи и додавање феролегура. Растопљено гвожђе прерађује се у челике у Сименс-Мартеновој пећи, у електропећи или у Бесемеровом или Томасовом конвертору. Челици се могу поделити према: хемијском саставу, намени, структури, начину добијања, квалитету, облику и стању полопроизвода.. Према намени угљенични челици се деле на конструкционе до 0,6% угљеника, и алатне преко 0,6% угљеника.

Алатним челицима називају се угљенични и легирани челици, који имају високу тврдоћу и отпорност према хабању, а употребљавају се за израду различитих алата за обраду метала и других материјала.

У ову групу челика спадају угљенични алатни челици, легирани алатни челици, алатни челици за рад на топло, алатни челици за рад на хладно, средњеугљенични алатни челици, нискоугљенични алатни челици, високоугљенични алатни челици и брзорезни алатни челици.

Угљенични алатни челици представљају нелегиране алатне челике који у свом саставу имају 0,5-1,35% угљеника, низак садржај силицијума и мангана, а припадају групи алатних челика за хладан рад.

Легирани алатни челици употребљавају се када је неопходна постојаност на повишеним температурама и већа прокаљивост. Легирани алатни челици деле се на нисколегиране и високолегиране.

Брзорезни челици спадају у високолегиране челике, што им омогућава рад са великим брзинама резања. Они имају високу тврдоћу, отпорност на хабање, издржљивост резне ивице и постојаност при раду издржавају температуре до 600°C.

7. ЛИТЕРАТУРА:

1. Владислав Ђукић, Богдан Недић, „Алатни челици”, Београд 1990.
2. Владислав Ђукић, „Метални материјали“, 1987, Машински факултет у Крагујевцу
3. Владислав Ђукић, Богдан Недић, „Алатни челици“, Београд 1990.
4. Владислав Ђукић, „Метални материјали“, 1987, Машински факултет у Крагујевцу
5. М. Јовановић, Д. Адамовић и др.: Машински материјали, Крагујевац 2003.
6. Девеџић, Б.: Машински материјали, Машински факултет у Крагујевцу, 1980.
7. Ђорђевић, В.: Машински материјали, Машински факултет, Београд, 1999.
8. Ђукић, В.: Машински материјали, Крагујевац, 1994.
9. Лучић, Р.: Машински материјали, Научно инжењерство, "Вук Караџић", Параћин, 1995.
10. en.wikipedia.org приступљено 10.08.2012
11. sr.wikipedia.org приступљено 14.08.2012
12. scribd.com приступљено 20.08.2012
13. tehnika.page.tl приступљено 28.08.2012