

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

МАТЕРИЈАЛИ У ИНЖЕЊЕРСТВУ

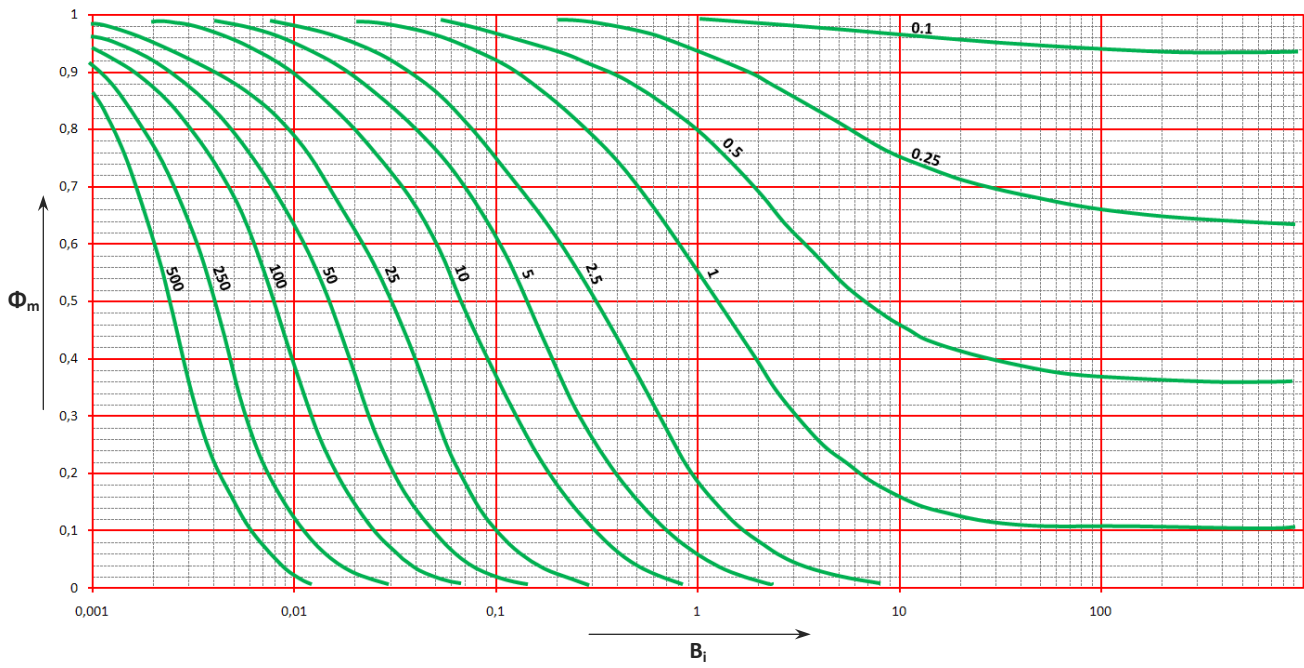
ТЕРМИЧКА ОБРАДА

ДИЈАГРАМИ И ТАБЛИЦЕ

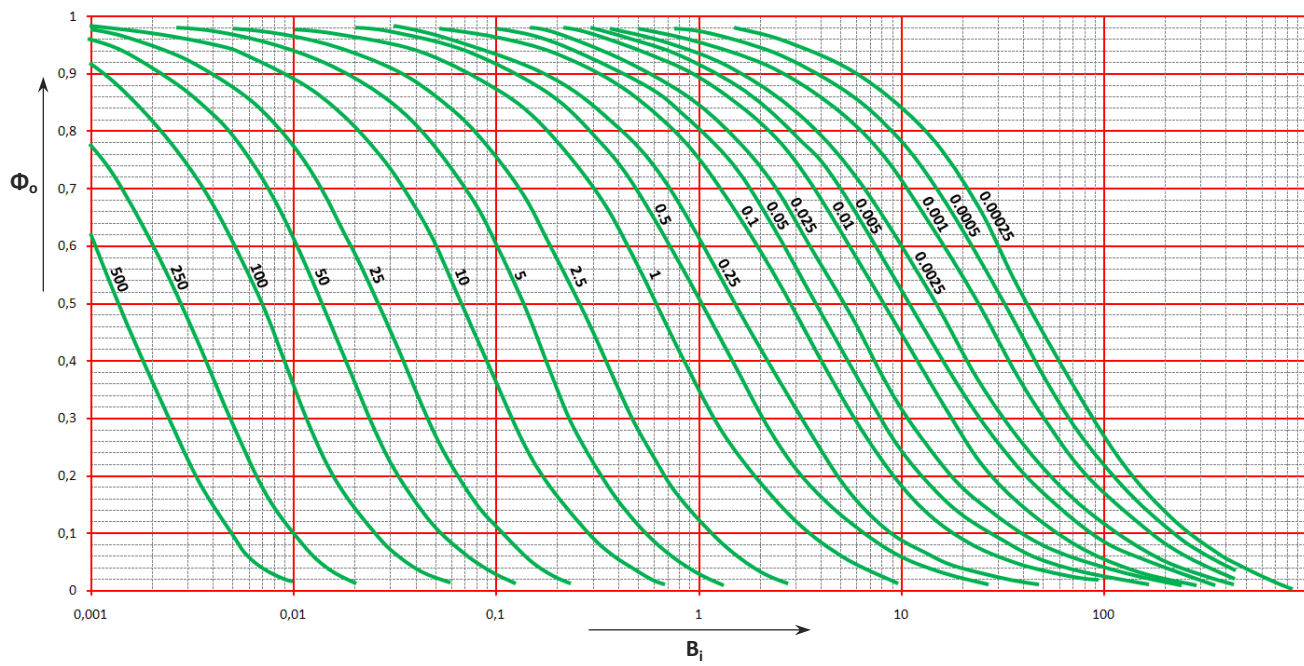
САДРЖАЈ

Дијаграм Ф.1: Дијаграм стања Fe - Fe ₃ C	4
Дијаграм П.Т.01: Температурна функција за центар неограничене плоче	5
Дијаграм П.Т.02: Температурна функција за површину неограничене плоче	5
Дијаграм П.Т.03: Температурна функција за центар бесконачног цилиндра	6
Дијаграм П.Т.04: Температурна функција за површину бесконачног цилиндра.....	6
Дијаграм П.Т.05: Температурна функција за центар лопте	7
Дијаграм П.Т.06: Температурна функција за површину лопте	7
Дијаграм П.Т.07: Температурна функција за бесконачну плочу - дужински критеријум	8
Дијаграм П.Т.08: Температурна функција за бесконачан цилиндар - дужински критеријум	8
Дијаграм П.Т.09: Температурна функција за лопту - дужински критеријум	8
Табела П.Т.1: Проводљивост појединих челика	9
Табела П.Т.2: Проводљивост брзорезних челика.....	9
Табела П.Т.1: Специфична топлота појединих челика	9
Дијаграм Ж.1: Стабилизационо жарење одливака од сивог лива.....	10
Дијаграм Ж.2: Стабилизационо жарење заварених конструкција	10
Дијаграм Ж.3: Хомогенизационо жарење	10
Дијаграм Ж.4: Високо жарење.....	10
Дијаграм Ж.5: Нормализација челичних одливака.....	11
Дијаграм Ж.6: Нормализација заварених склопова	11
Дијаграм Ж.7: Меко жарење	11
Дијаграм П.Л.1: Однос величине странице квадратне шипке и прокаљивости за разне услове хлађења.....	12
Дијаграм П.Л.2: Однос дебљине правоугаоног пресека (1:2) и прокаљивости за разне услове хлађења	12
Дијаграм П.Л.3: Однос дебљине плоче и прокаљивости за разне услове хлађења	12
Дијаграм К.1: Зависност тврдоће након каљења од садржаја угљеника.....	12
Дијаграм П.Г.1: Зависност идеалног пречника од удела угљеника.....	12
Дијаграм П.Г.2: Утицај легирајућих елемената на величину идеалног пречника - множитељи.....	12
Табела К.1: Фактор расхладне способности	13
Дијаграм П.Г.3: Однос идеалне дебљине, критичне дебљине и услова хлађења за плоче мале дебљине.....	13
Дијаграм П.Г.4: Однос идеалне дебљине, критичне дебљине и услова хлађења за плоче велике дебљине	13
Дијаграм П.Г.5: Однос идеалног пречника, критичног пречника и услова хлађења за мале цилиндри	14
Дијаграм П.Г.6: Однос идеалног пречника, критичног пречника и услова хлађења за велике цилиндри	14
Дијаграм П.Л.4: Однос пречника комада и прокаљивости за различите односе r/R	15
Дијаграм П.Л.4: Однос пречника комада и прокаљивости за различите односе r/R - наставак.....	16
Табела П.Ч.1: Хемијски састав појединих угљеничних челика.....	17
Табела П.Ч.2: Температуре нормализације, каљења и отпуштања појединих угљеничних челика.....	17

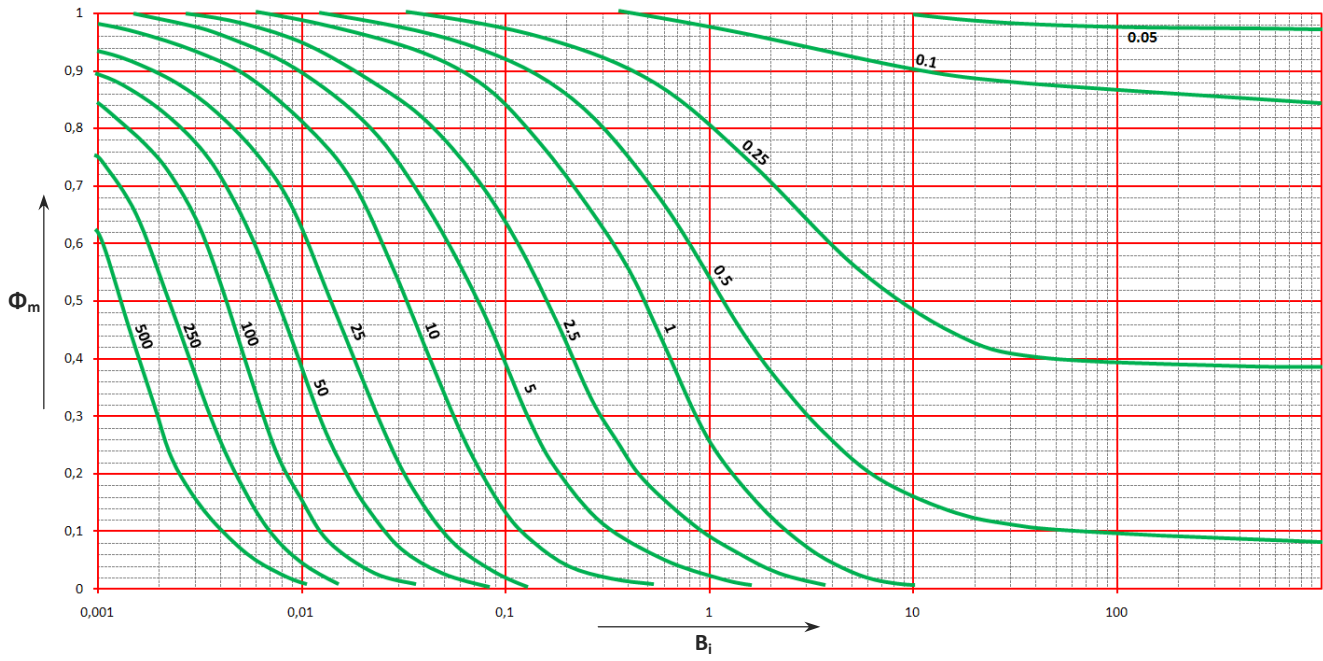
Табела П.Ч.3: Хемијски састав појединих манганских челика	17
Табела П.Ч.4: Температуре каљења и отпуштања појединих манганских челика	17
Табела П.Ч.5: Хемијски састав појединих хромних челика	18
Табела П.Ч.6: Температуре нормализације, каљења и отпуштања појединих хромних челика	18
Табела П.Ч.7: Хемијски састав појединих Cr - Mo челика.....	18
Табела П.Ч.8: Температуре нормализације, каљења и отпуштања појединих Cr - Mo челика.....	18
Табела П.Ч.9: Хемијски састав појединих Cr - Ni - Mo челика	18
Дијаграм Ц.П.1: Термичка обрада комада споро хлађених после цементације - двоструко каљење.....	19
Дијаграм Ц.П.2: Двоструко каљење после цементације - прво каљење са температуре цементације	19
Дијаграм Ц.П.3: Термичка обрада са једним каљењем након цементације - каљење које одговара језгру	19
Дијаграм Ц.П.4: Термичка обрада након цементације - једно директно каљење.....	20
Дијаграм Ц.П.5: Термичка обрада након цементације - једно директно каљење уз дубоко хлађење.....	20
Дијаграм Н.1: Дубина нитрираног слоја зависно од температуре и времена држања	21



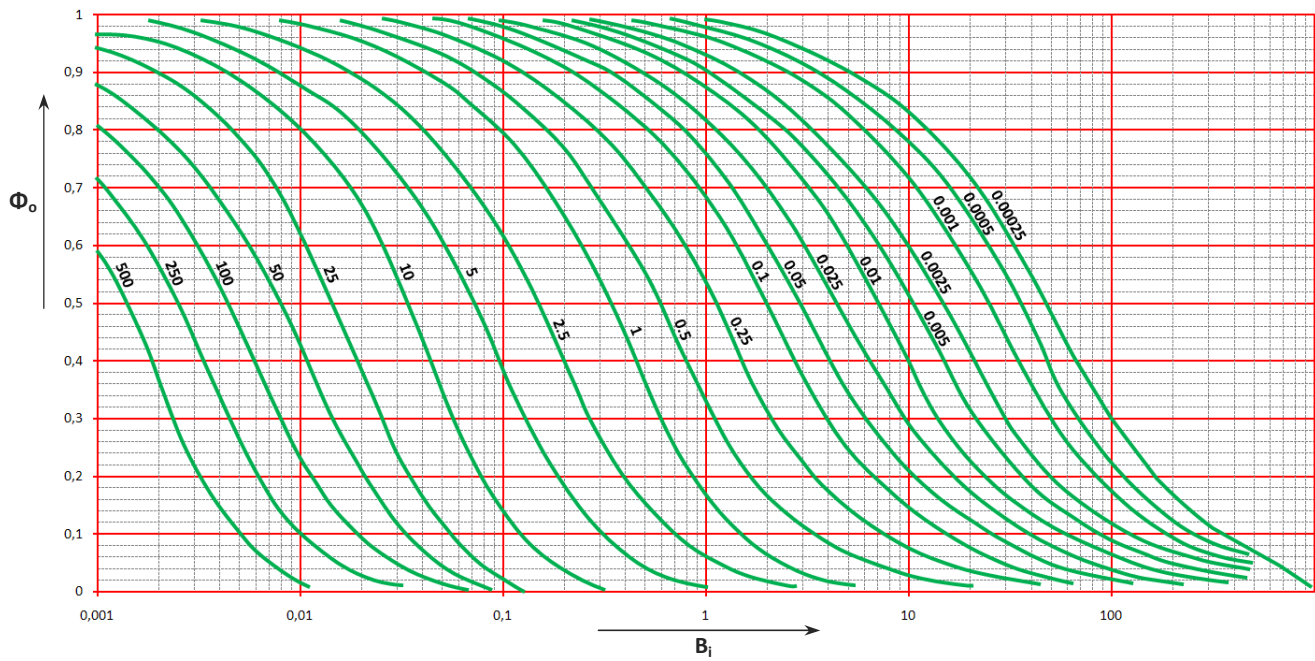
Дијаграм П.Т.01: Температурна функција за центар неограничене плоче



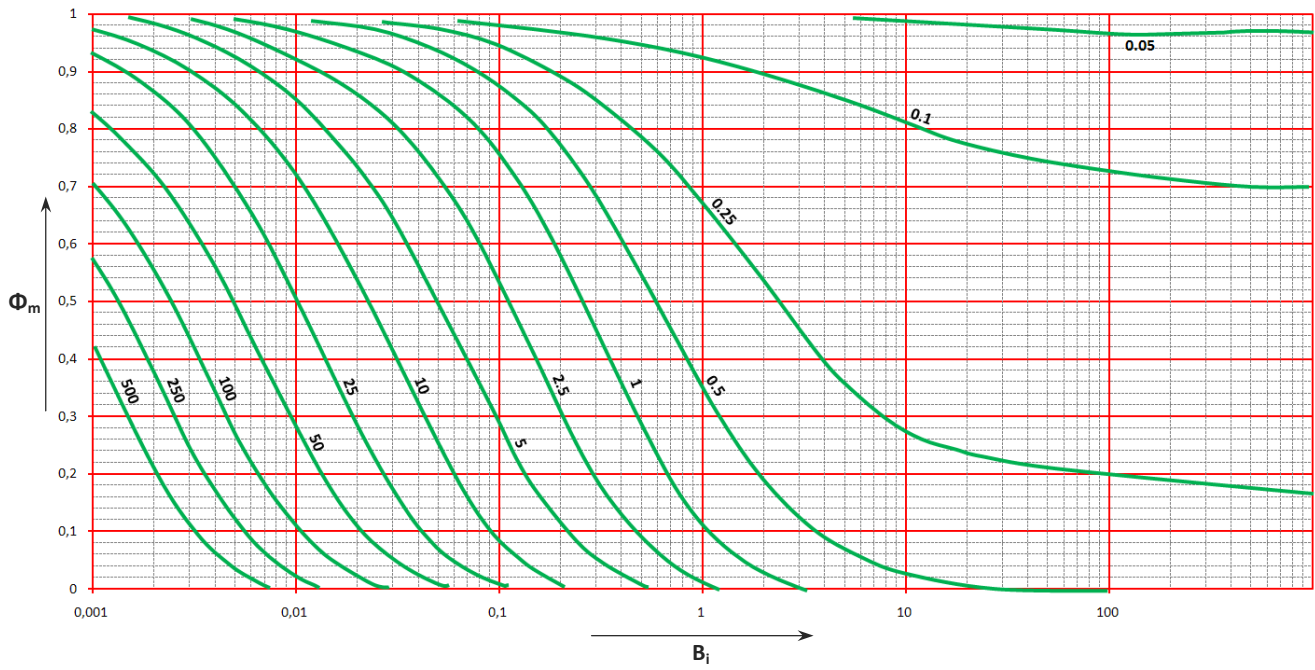
Дијаграм П.Т.02: Температурна функција за површину неограничене плоче



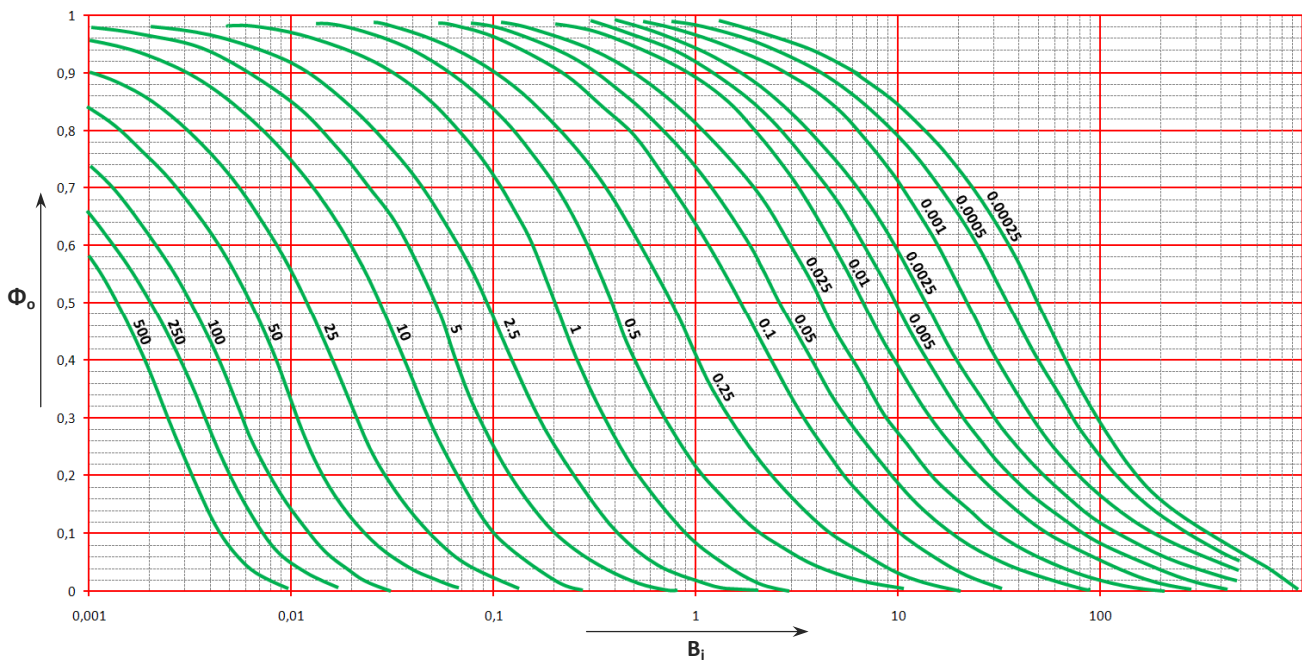
Дијаграм П.Т.03: Температурна функција за центар бесконачног цилиндра



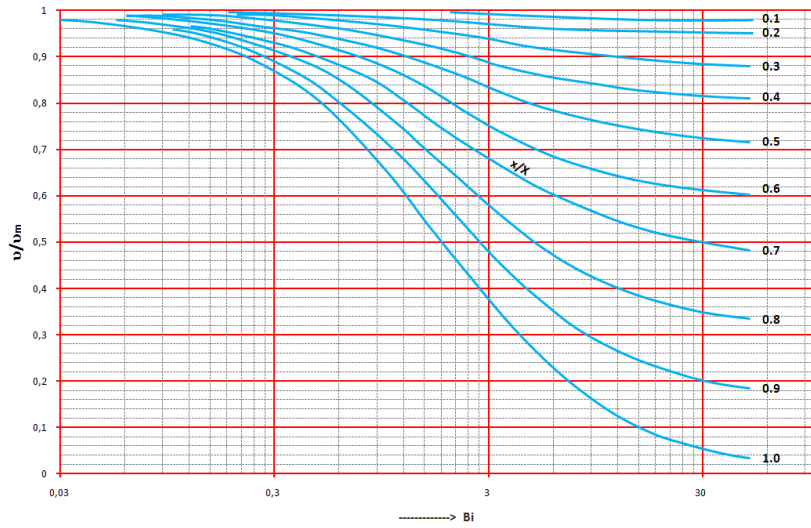
Дијаграм П.Т.04: Температурна функција за површину бесконачног цилиндра



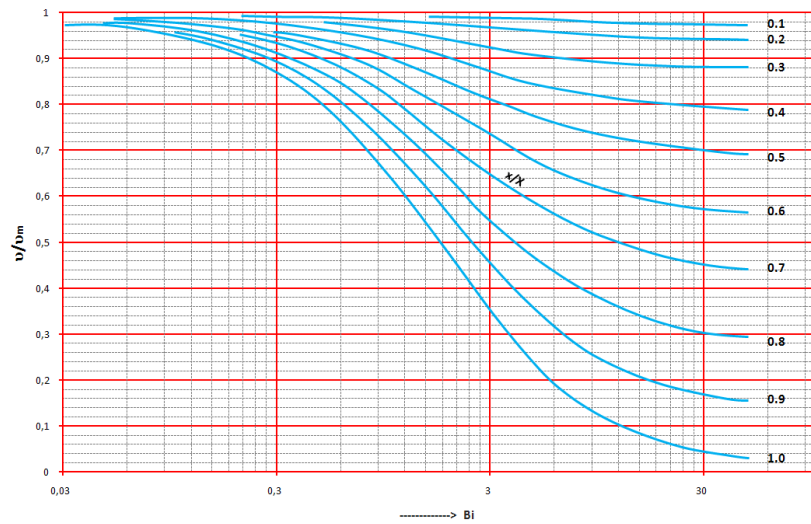
Дијаграм П.Т.05: Температурна функција за центар лопте



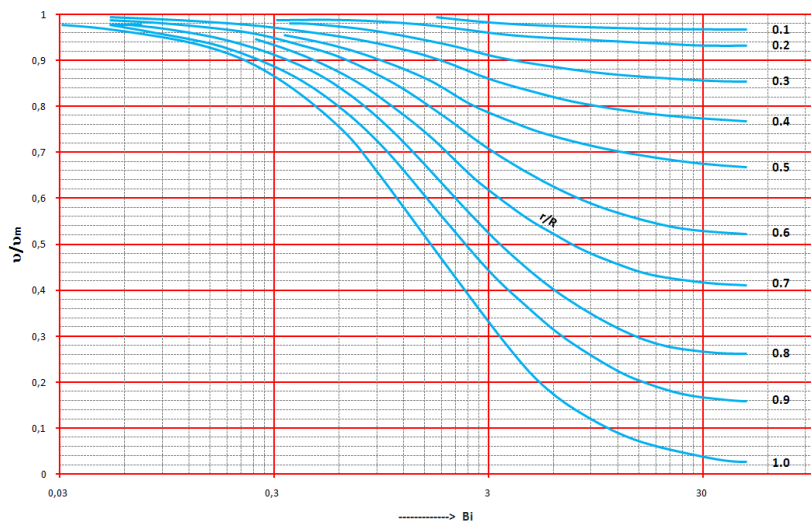
Дијаграм П.Т.06: Температурна функција за површину лопте



Дијаграм П.Т.07: Температурна функција за бесконачну плочу - дужински критеријум



Дијаграм П.Т.08: Температурна функција за бесконачан цилиндар - дужински критеријум



Дијаграм П.Т.09: Температурна функција за лопту - дужински критеријум

Табела П.Т.1: Проводљивост појединих челика

Oznaka po JUS	Gustina pri 20 °C (Kg/m ³)	Provodljivost λ (W/m°C), na temperaturi °C					
		20	200	400	600	800	1000
Č 1530	7850	65,13	55,82	45,36	34,89	25,59	25,59
Č 1730	7800	67,45	53,15	36,05	30,24		
Č 4131	7830	48,85	41,87	37,22	32,56	26,75	24,42
Č 4731	-	46,52	45,36	40,71	38,38	37,22	
Č 4146	7800	43,03	39,54	34,89	30,24	26,75	23,26
Č 4170	7750	23,84	25,82	26,40	26,40	26,75	
Č sa 12% Mn	7700	11,63	13,96	16,28	18,61	20,93	23,26

Табела П.Т.2: Проводљивост брзорезних челика

Vrsta čelika	Provodljivost λ (W/m°C), na temperaturi °C					
	20	100	300	500	700	900
Č 6880	24,42	25,82	27,91	28,96	30,01	30,59
Č 6883	25,59	27,33	28,84	29,19	30,24	29,42
Č sa C-0,9; W-6; Mo-3,8; Cr-4; V-2,2; Co-10	30,01	30,12	30,24	30,35	30,47	30,59
Č sa C-1; W-10; Mo-1, Cr-4; V-2,2; Co-10	29,08	31,75	35,70	37,22	38,38	39,19

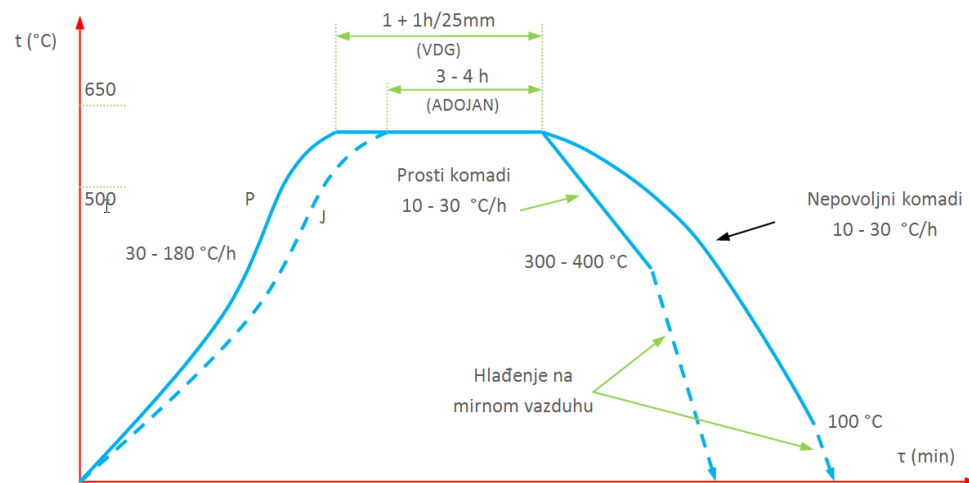
Табела П.Т.1: Специфична топлота појединих челика

Vrsta čelika	Specifična toplota c (J/Kg°C), na temperaturi °C						
	20	200	400	600	800	900	1000
Ugljenični i NL	460,35	502,20	585,90	669,60	669,60	669,60	669,60
Č 6880	418,50	418,50	460,35	502,20	544,05	544,05	544,05
Č 4172	460,35	502,20	544,05	585,90	627,75	669,60	669,60
Č sa 12% Mn	502,20	544,05	544,05	585,90	585,90	627,75	627,75

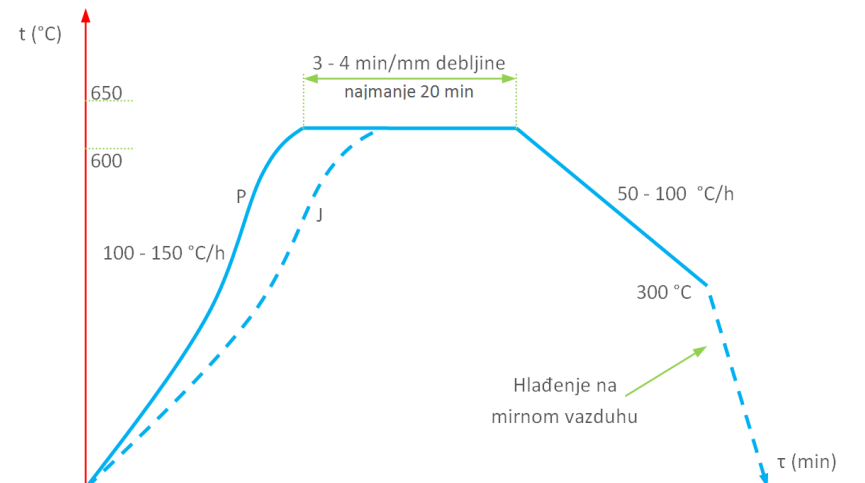
Код сивог лива са порастом чврстоће расте специфична тежина од 6800 до 7600 Kg/m³, а специфична топлота се креће између 502 и 586 J/Kg°C. Вредности топлотне проводљивости крећу се од 41,87 до 56,52 W/m°C.

Код нодуларног лива густина је од 7200 до 7300 Kg/m³, а топлотна проводљивост од 32,91 до 37,68 W/m°C.

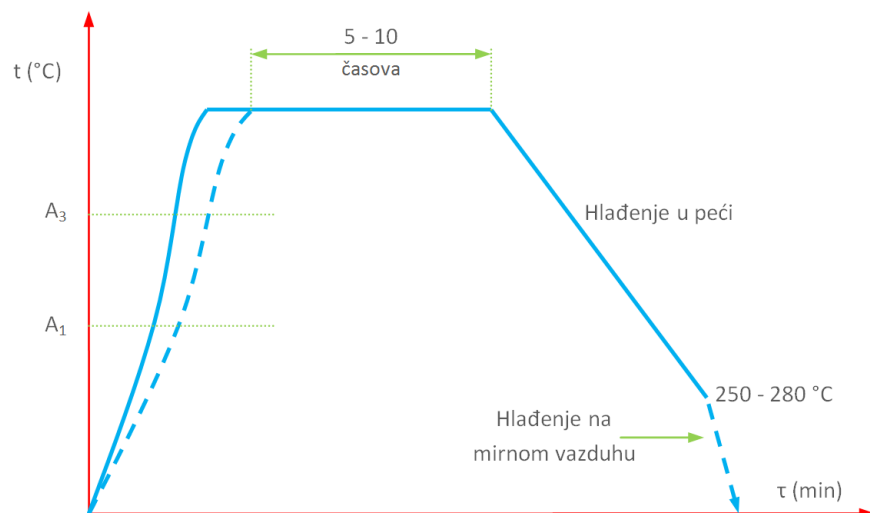
Код темпероватног лива са порастом чврстоће расту густина од 7200 до 7300 Kg/m³, топлотна проводљивост од 58,62 до 50,24 W/m°C и специфична топлота од 502 до 544 J/Kg°C.



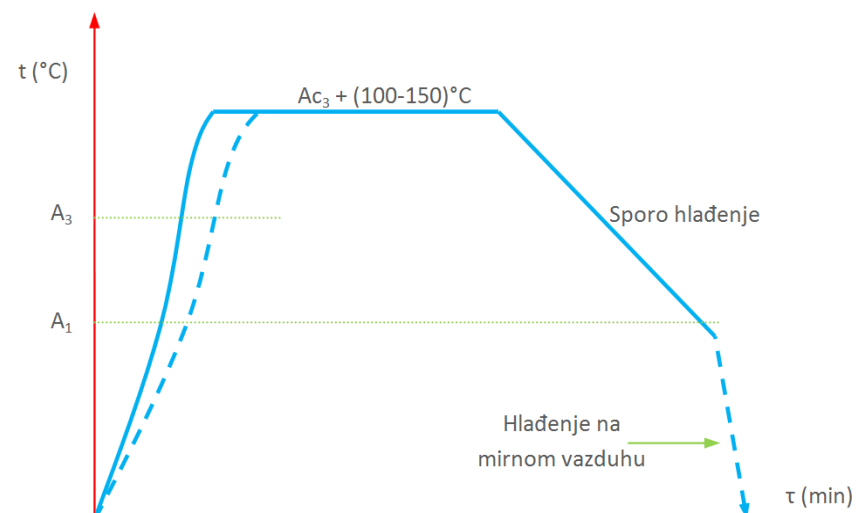
Дијаграм Ж.1: Стабилизационо жарење одливака од сивог лива



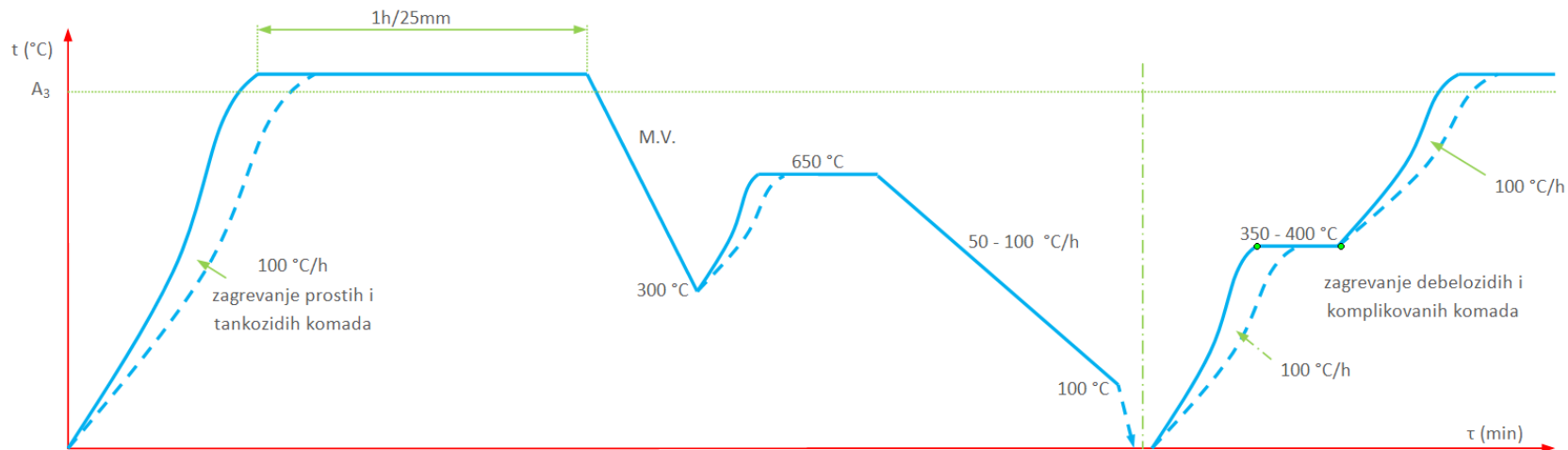
Дијаграм Ж.2: Стабилизационо жарење заварених конструкција



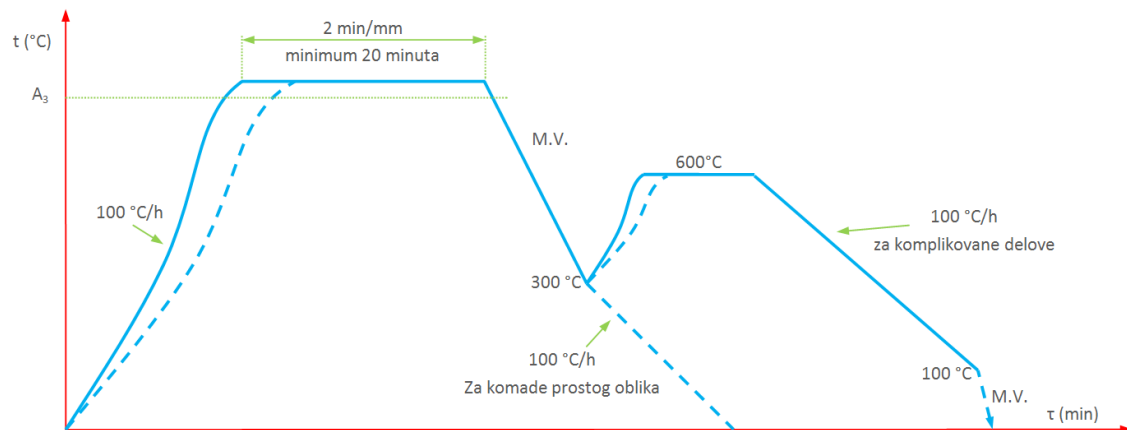
Дијаграм Ж.3: Хомогенизационо жарење



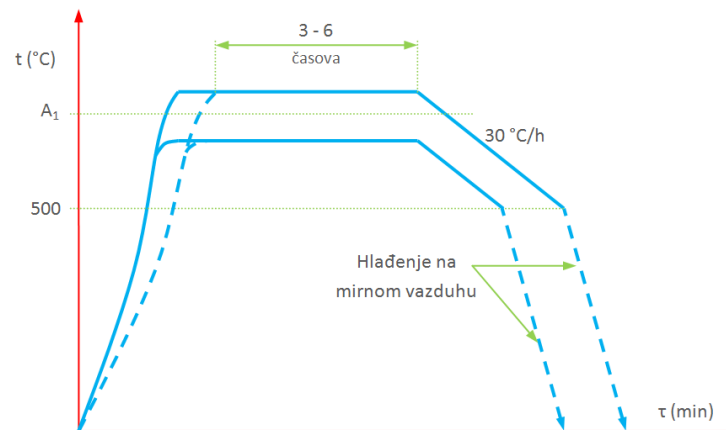
Дијаграм Ж.4: Високо жарење



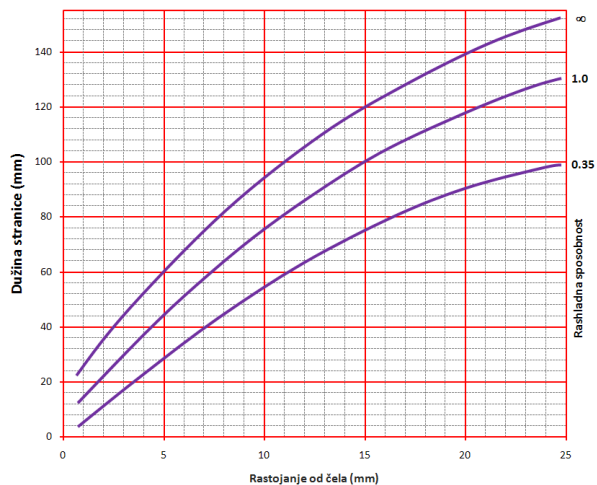
Дијаграм Ж.5: Нормализација челичних одливака



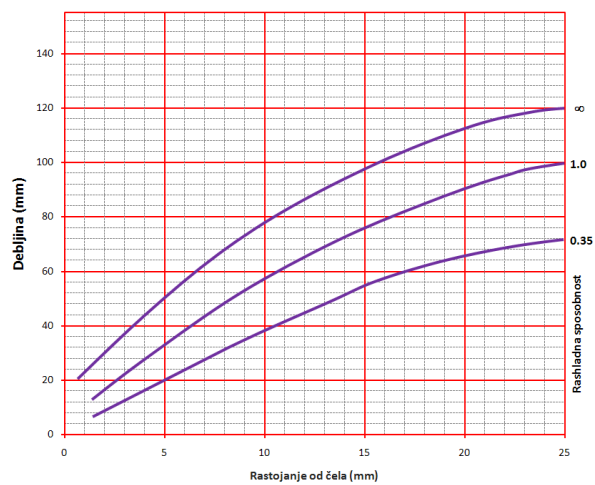
Дијаграм Ж.6: Нормализација заварених склопова



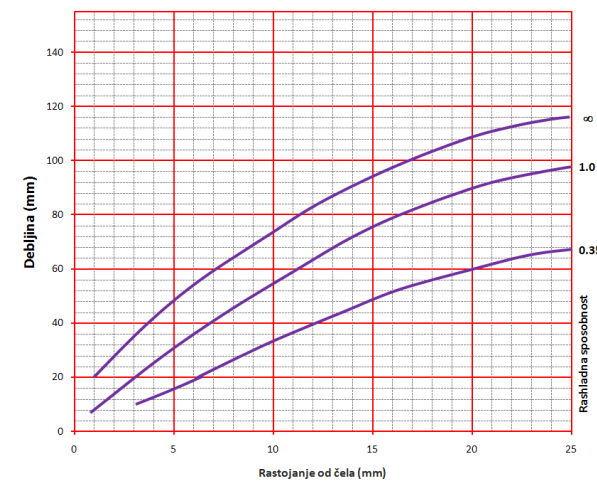
Дијаграм Ж.7: Меко жарчење



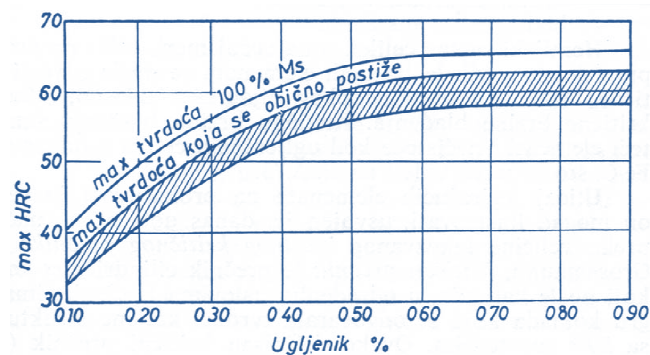
Дијаграм П.Л.1: Однос величине странице квадратне шипке и прокаљивости за разне услове хлађења



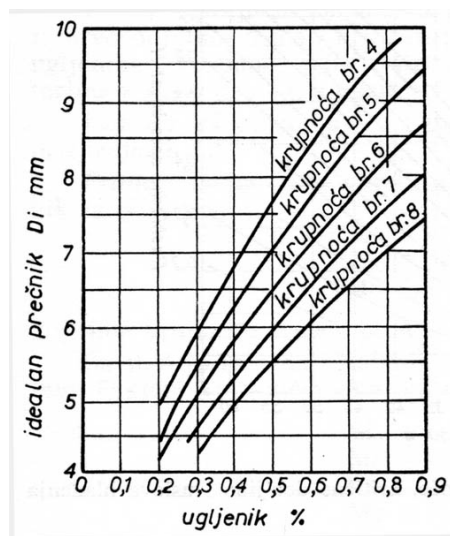
Дијаграм П.Л.2: Однос дебљине правоугаоног пресека (1:2) и прокаљивости за разне услове хлађења



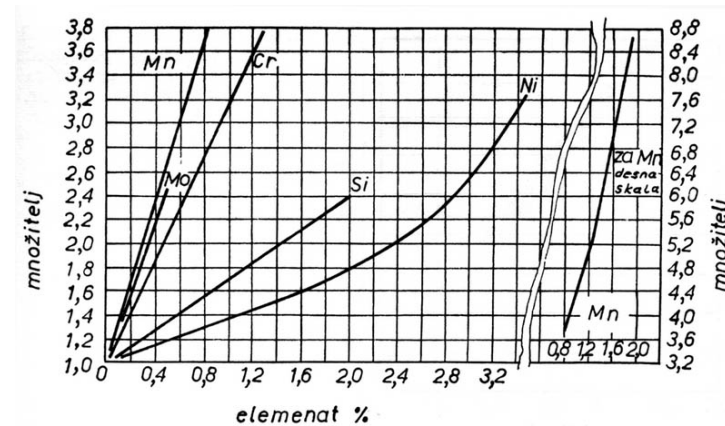
Дијаграм П.Л.3: Однос дебљине плоче и прокаљивости за разне услове хлађења



Дијаграм К.1: Зависност тврдоће након каљења од садржаја угљеника



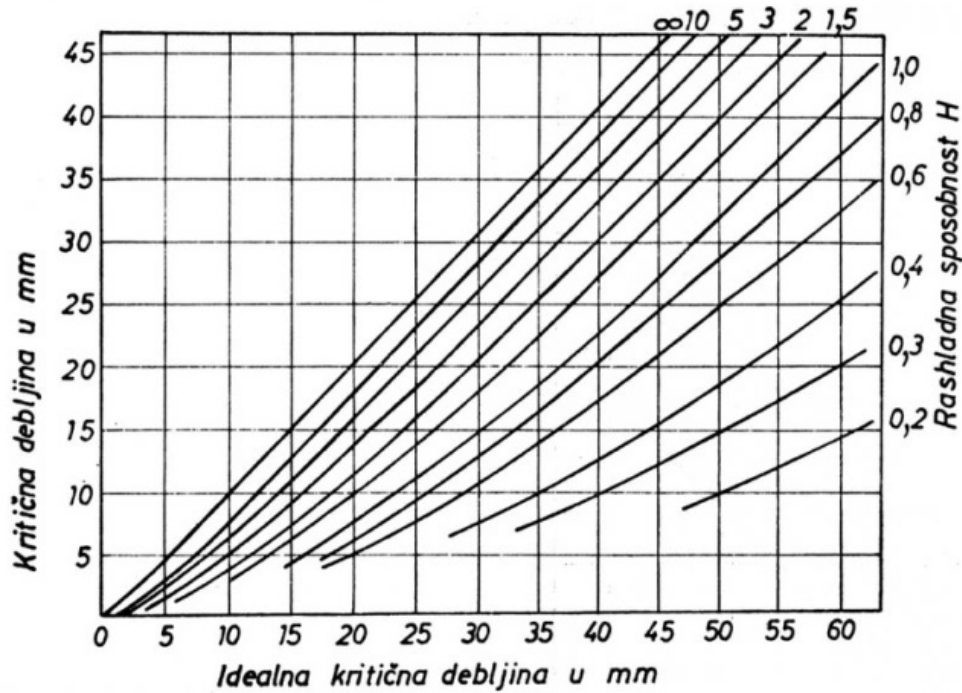
Дијаграм П.Г.1: Зависност идеалног пречника од удела угљеника



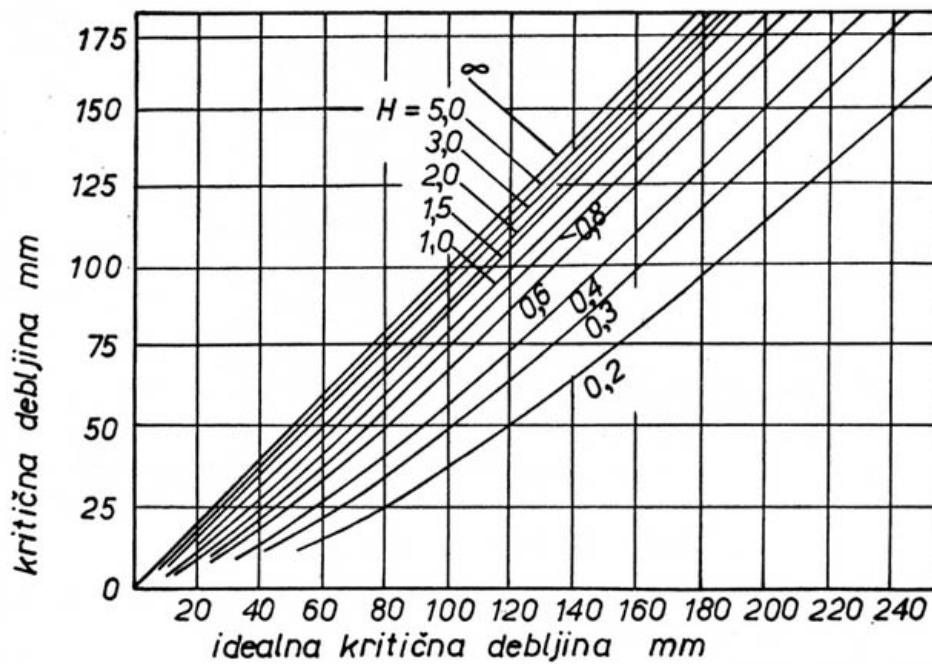
Дијаграм П.Г.2: Утицај легирајућих елемената на величину идеалног пречника - множитељи

Табела К.1: Фактор раскладне способности

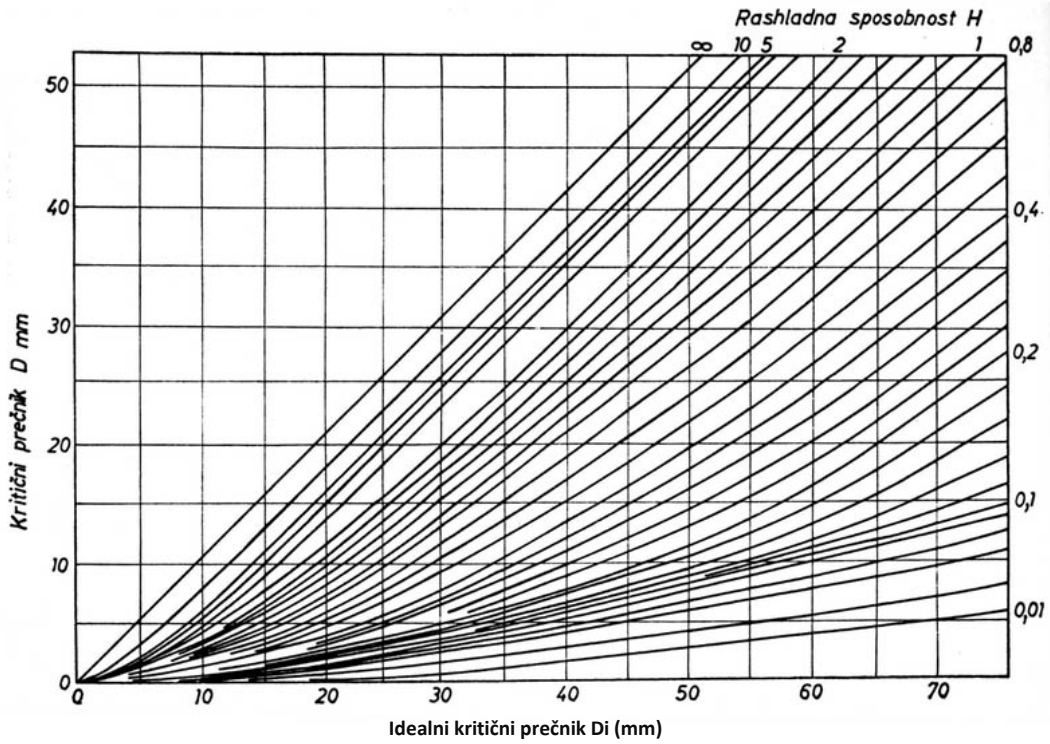
Релативно кретање		Фактор раскладне способности			
Средства за хлађење	Комада	Ваздух	Уље	Вода	Раствор соли
Нема	Нема	0.02	0.3	1.0	2.2
Нема	Средње		0.4 - 0.6	1.5 - 3	
Нема	Јако		0.6 - 0.8	3.0 - 6	7.5
Јако или млазом			1.0 - 1.7	6.0 - 12	



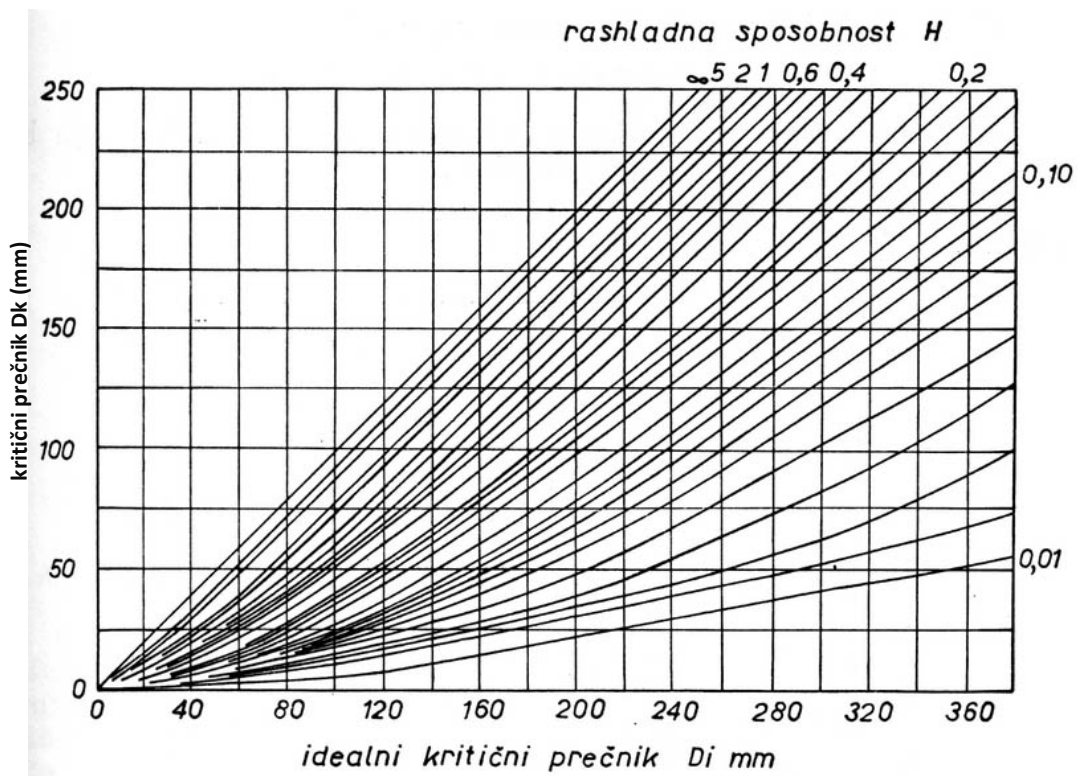
Дијаграм П.Г.3: Однос идеалне дебљине, критичне дебљине и услова хлађења за плоче мале дебљине



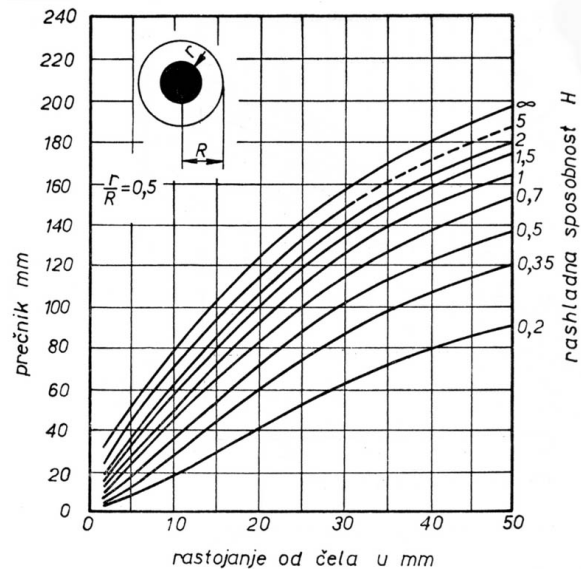
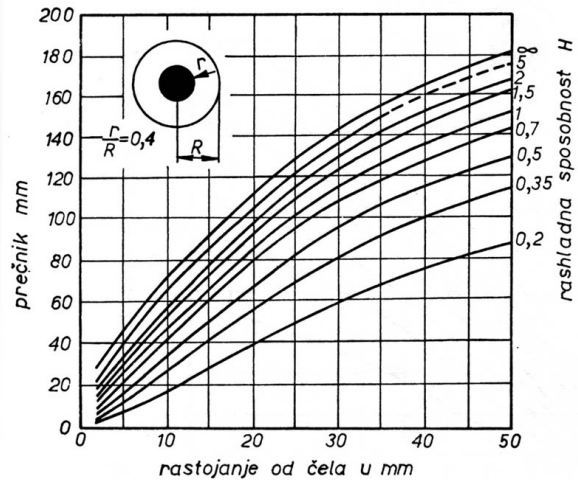
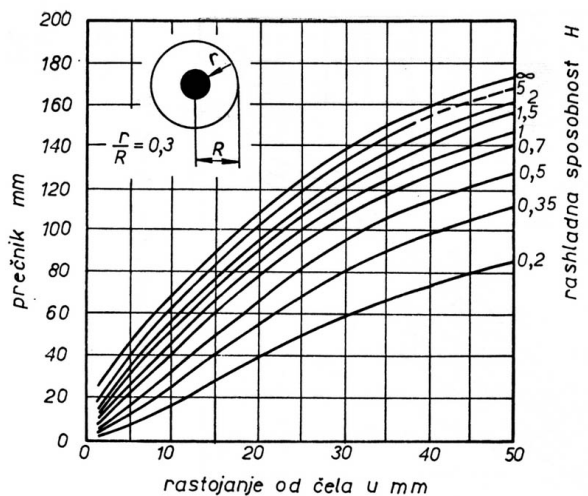
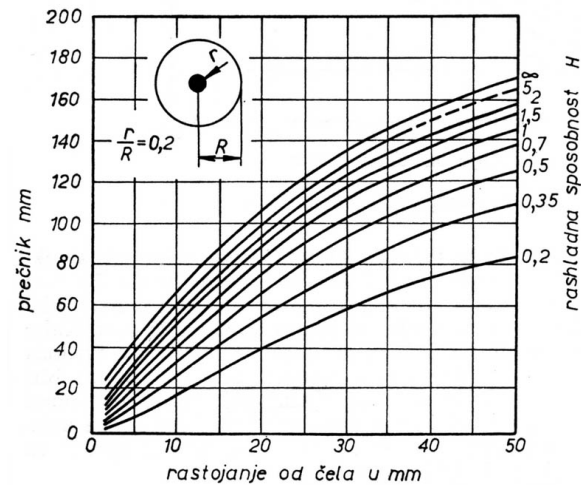
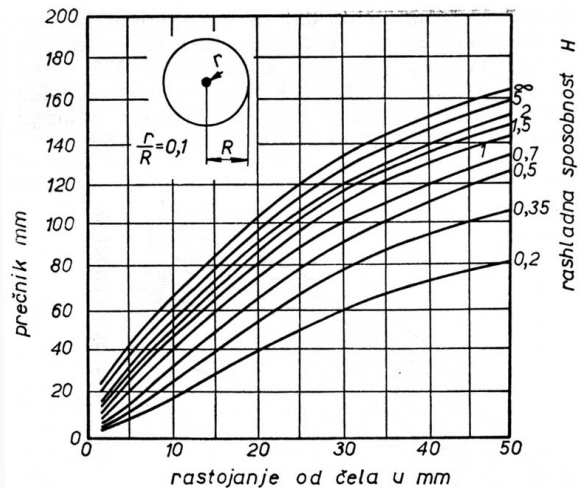
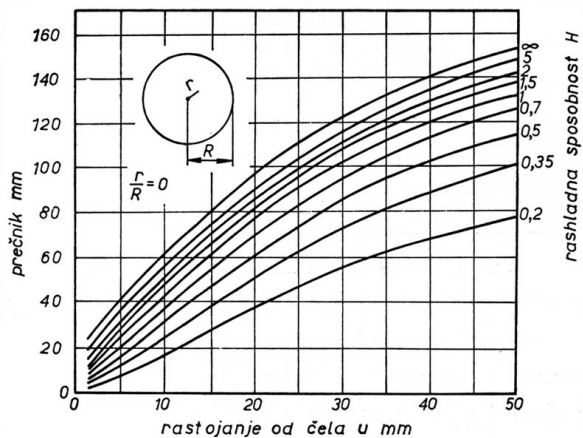
Дијаграм П.Г.4: Однос идеалне дебљине, критичне дебљине и услова хлађења за плоче велике дебљине



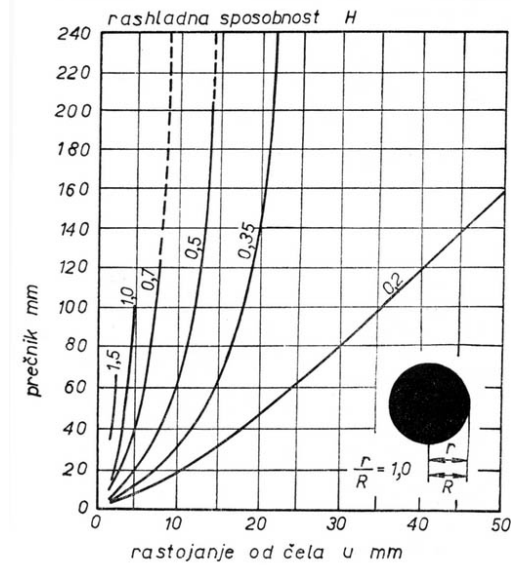
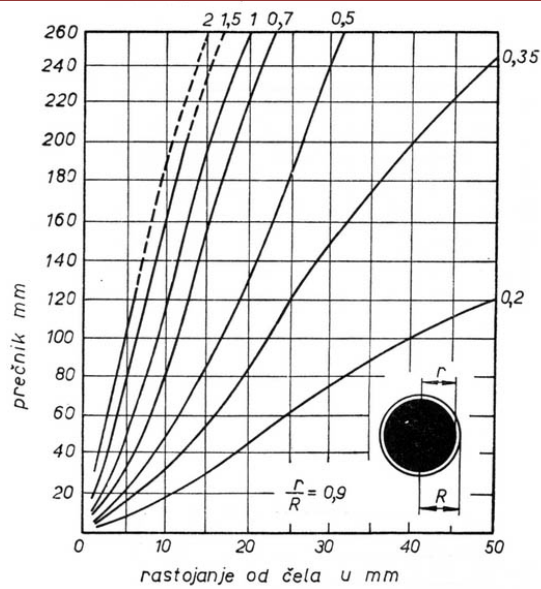
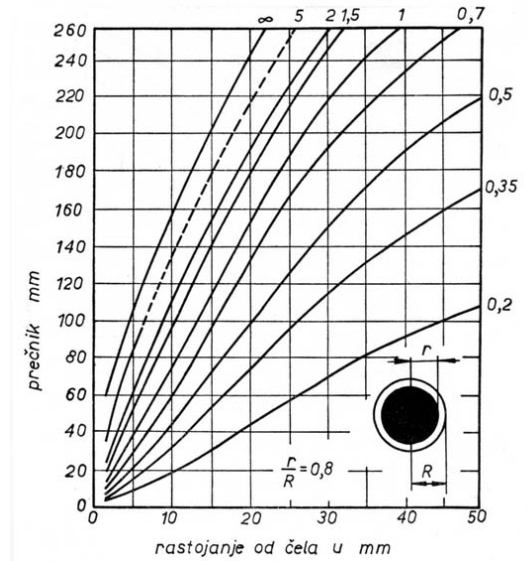
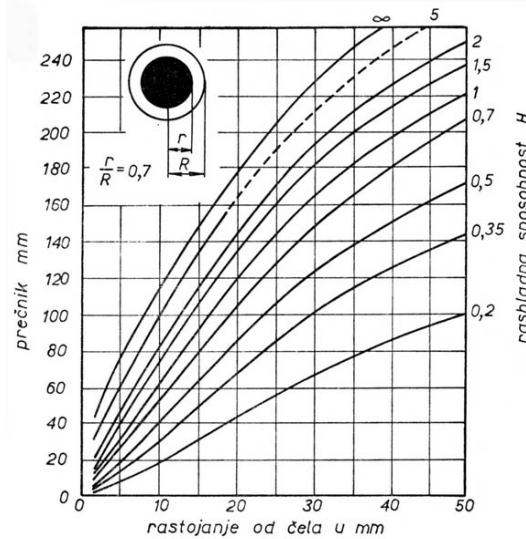
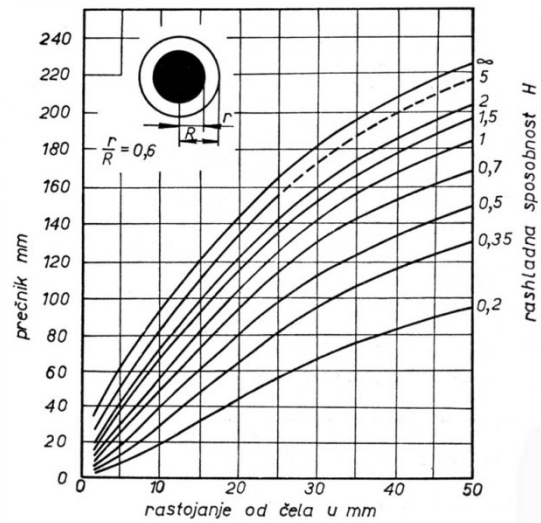
Дијаграм П.Г.5: Однос идеалног пречника, критичног пречника и услова хлађења за мале цилиндрице



Дијаграм П.Г.6: Однос идеалног пречника, критичног пречника и услова хлађења за велике цилиндрице



Дијаграм П.Л.4: Однос пречника комада и прокаљивости за различите односе r/R



Дијаграм П.Л.4: Однос пречника комада и прокаљивости за различите односе r/R - наставак

ЧЕЛИЦИ ЗА ПОБОЉШАВАЊЕ

УГЉЕНИЧНИ ЧЕЛИЦИ

Табела П.Ч.1: Хемијски састав појединих угљеничних челика

Ознака челика	Хемијски састав %				
	С	Si	Mn	највише P	највише S
Č 1330	0.18 - 0.25		0.3 - 0.6		
Č 1430	0.32 - 0.40		0.4 - 0.7	0.045	0.045
Č 1530	0.42 - 0.50	0.15	0.5 - 0.8		
Č 1730	0.57 - 0.65		0.5 - 0.8		
Č 1331	0.18 - 0.25	до	0.3 - 0.6		
Č 1431	0.32 - 0.40	0.35	0.4 - 0.7	0.035	0.035
Č 1531	0.42 - 0.50		0.5 - 0.8		
Č 1731	0.57 - 0.65		0.5 - 0.8		

Табела П.Ч.2: Температуре нормализације, каљења и отпуштања појединих угљеничних челика

Ознака челика	Температура (°C)				
	Нормализације	Каљења у води	Каљења у уљу	Отпуштања	Каљивост HRC
Č 1330	880 - 910	860 - 890	870 - 900		45
Č 1331				530	
Č 1430	860 - 890	840 - 870	850 - 880	до	51
Č 1431					
Č 1530	840 - 870	820 - 850	830 - 860		58
Č 1531				670	
Č 1730	820 - 850	800 - 830	810 - 840		62
Č 1731					

МАНГАНСКИ ЧЕЛИЦИ

Табела П.Ч.3: Хемијски састав појединих манганских челика

Ознака челика	Хемијски састав %					
	С	Si	Mn	V	највише P	највише S
Č 3130	0.36 - 0.44	0.25 - 0.5	0.8 - 1.1			
Č 3131	0.27 - 0.34	0.12 - 0.35	1.2 - 1.5		0.035	0.035
Č 3230	0.33 - 0.41	1.1 - 1.4	1.1 - 1.4			
Č 3830	0.38 - 0.45	0.15 - 0.35	1.6 - 1.9	0.07 - 0.12		

Табела П.Ч.4: Температуре каљења и отпуштања појединих манганских челика

Ознака челика	Температура (°C)					Начин хлађења после отпуштања	Каљивост HRC
	нормализације	меког жарења	каљења у води	каљења у уљу	отпуштања		
Č 3130	850 - 880	650 - 700	820 - 850	830 - 860		уље	56
Č 3131	850 - 880	650 - 700	820 - 840	830 - 850			51
Č 3230	860 - 890	680 - 720	830 - 850	840 - 860	530 - 670	или	54
Č 3830	860 - 890	640 - 680	840 - 860	850 - 870		вода	57

ХРОМНИ ЧЕЛИЦИ

Табела П.Ч.5: Хемијски састав појединих хромних челика

Ознака челика	Хемијски састав %					
	C	Si	Mn	Cr	највише P	највише S
Č 4130	0.3 - 0.37	0.15 - 0.35	0.5 - 0.8	0.9 - 1.2	0.035	0.035
Č 4131	0.38 - 0.44	0.15 - 0.35	0.5 - 0.8	0.9 - 1.2	0.035	0.035

Табела П.Ч.6: Температуре нормализације, каљења и отпуштања појединих хромних челика

Ознака челика	Температура (°C)				
	Нормализације	Каљења у води	Каљења у уљу	Отпуштања	Каљивост HRC
Č 4130	850 - 880	820 - 840	830 - 850	530	53
Č 4131	850 - 880	820 - 840	830 - 850	до 670	56

CR - MO ЧЕЛИЦИ

Табела П.Ч.7: Хемијски састав појединих Cr - Mo челика

Ознака челика	Хемијски састав %						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	max P	max S
Č 4730	0.22 - 0.29						
Č 4731	0.30 - 0.37	0.15 - 0.35	0.5 - 0.8	0.9 - 1.2	0.15 - 0.25	0.035	0.035
Č 4732	0.38 - 0.45						
Č 4733	0.46 - 0.54						

Табела П.Ч.8: Температуре нормализације, каљења и отпуштања појединих Cr - Mo челика

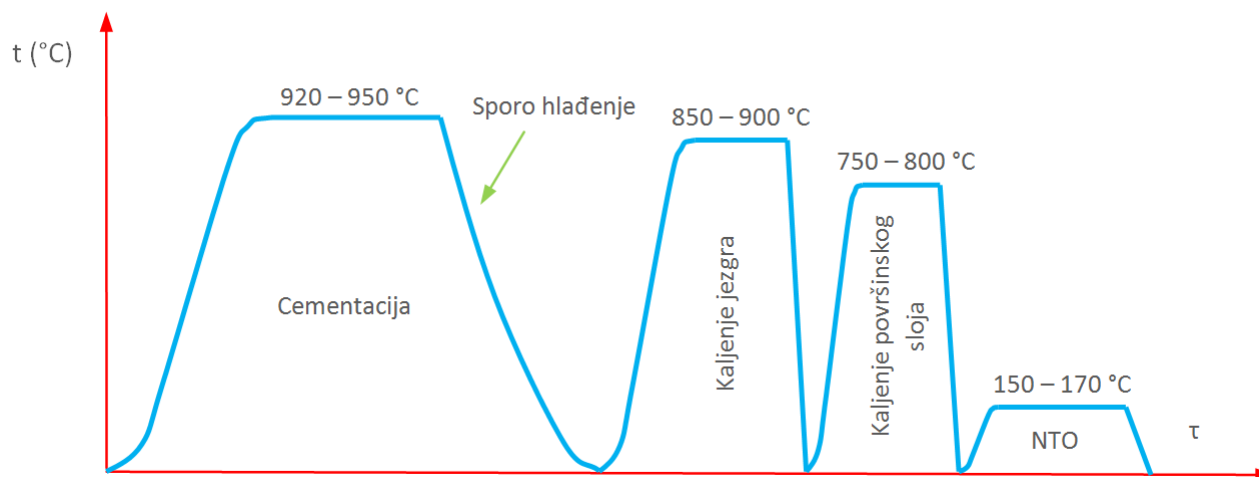
Ознака челика	Температура (°C)				
	Нормализације	Каљења у води	Каљења у уљу	Отпуштања	Каљивост HRC
Č 4730	860 - 890	830 - 850	840 - 860		48
Č 4731	850 - 880	820 - 840	830 - 850	530	53
Č 4732	850 - 880	820 - 840	830 - 850	до 670	57
Č 4733	850 - 880	820 - 840	830 - 850		60

CR - Ni - MO ЧЕЛИЦИ

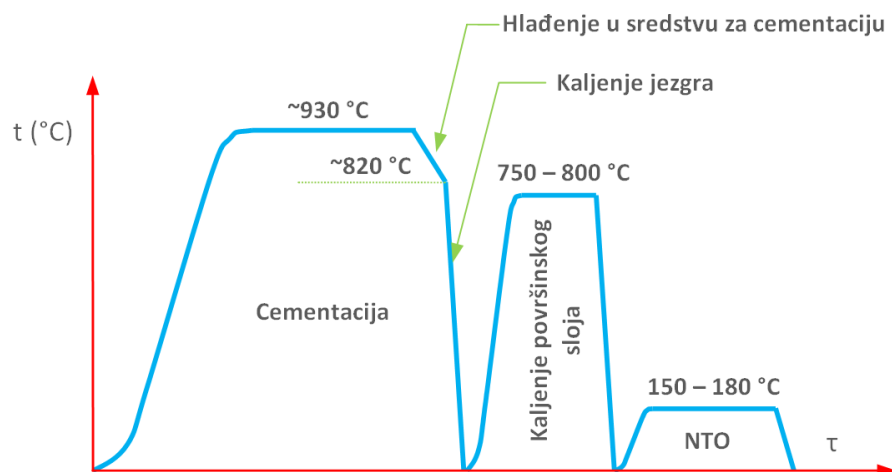
Табела П.Ч.9: Хемијски састав појединих Cr - Ni - Mo челика

Ознака челика	Хемијски састав %					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
Č 5430	0.32 - 0.40		0.5 - 0.8	0.9 - 1.2	0.9 - 0.12	0.15 - 0.25
Č 5431	0.30 - 0.38	0.15 - 0.35	0.4 - 0.7	1.4 - 1.7	1.4 - 1.7	0.15 - 0.25
Č 5432	0.26 - 0.34		0.3 - 0.6	1.8 - 2.1	1.8 - 2.1	0.25 - 0.35

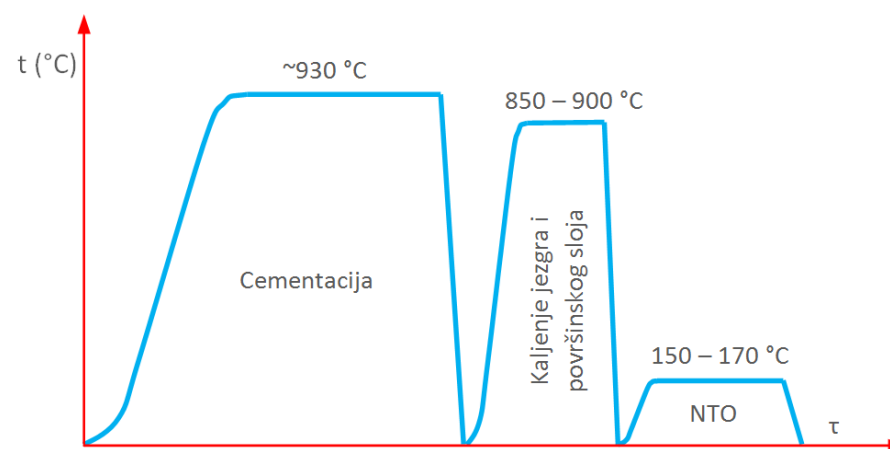
Меко жарење се обавља на 650 до 700 °C, стабилизационо жарење на 550 °C, до 620 °C под условом да је ова температура за 20 до 30 °C нижа од температуре отпуштања - ако се стабилизационо жарење изводи после побољшавања. Температуре нормализације су од 850 до 880 °C. Само се челик Č 5430 може калити у води са температуре од 820 до 840 °C, док се остали кале у уљу од 830 до 850 °C. Отпуштање се обавља на 530 до 670 °C, у зависности од захтеване чврстоће.



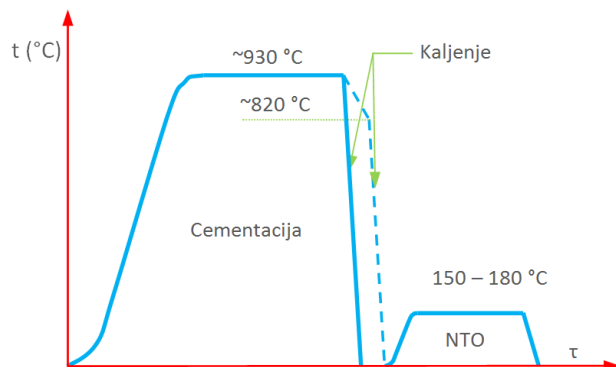
Дијаграм Ц.П.1: Термичка обрада комада споро хлађених после цементације - двоструко каљење



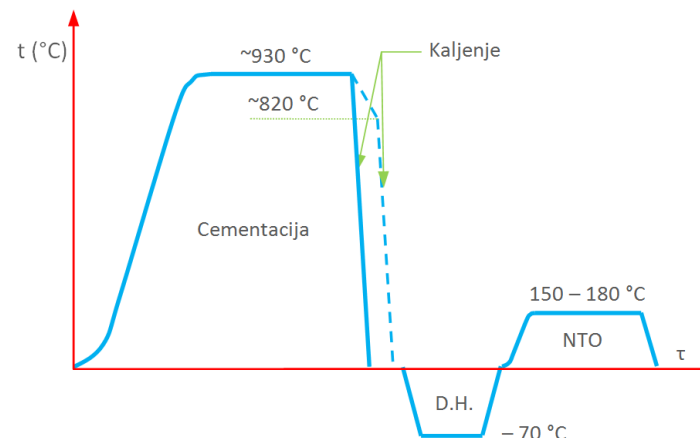
Дијаграм Ц.П.2: Двоструко каљење после цементације - прво каљење са температуре цементације



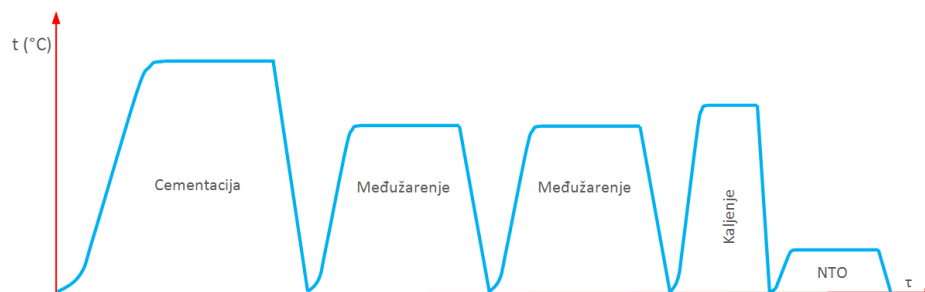
Дијаграм Ц.П.3: Термичка обрада са једним каљењем након цементације - каљење које одговара језгру



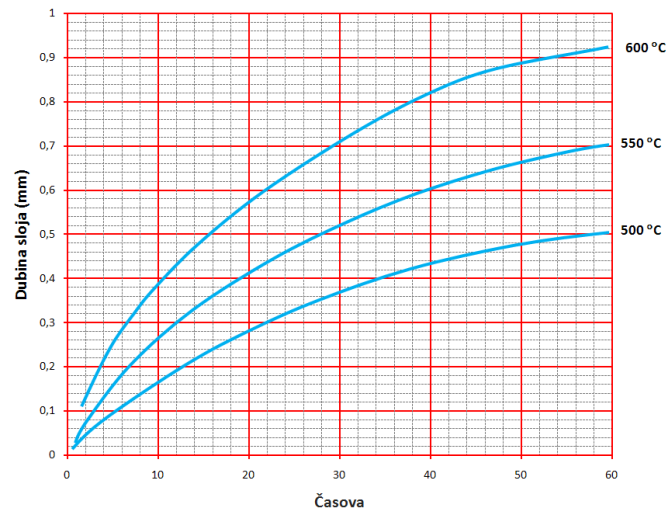
Дијаграм Ц.П.4: Термичка обрада након цементације - једно директно каљење



Дијаграм Ц.П.5: Термичка обрада након цементације - једно директно каљење уз дубоко хлађење



Дијаграм Ц.П.6: Варијанте термичке обраде цементираних делова са међужарењем



Дијаграм Н.1: Дубина нитрираног слоја зависно од температуре и времена држања