

Nehrdzavejúce ocele

(antikorózne ocele, koróziivzdorné ocele)

Prof. Ing. Peter Palček, PhD.

Katedra materiálového inžinierstva

Charakteristika nehrdzavejúcich ocelí

Táto skupina zahŕňa legované ocele s chemickým zložením, ktoré zaručuje ich odolnosť voči korózii v rôznych pracovných prostrediach

Vzhľadom na to, že majú pomerne vysoký obsah drahých legujúcich prvkov a vyžadujú i energeticky náročný spôsob výroby, ich využitie musí byť racionálne a ekonomické

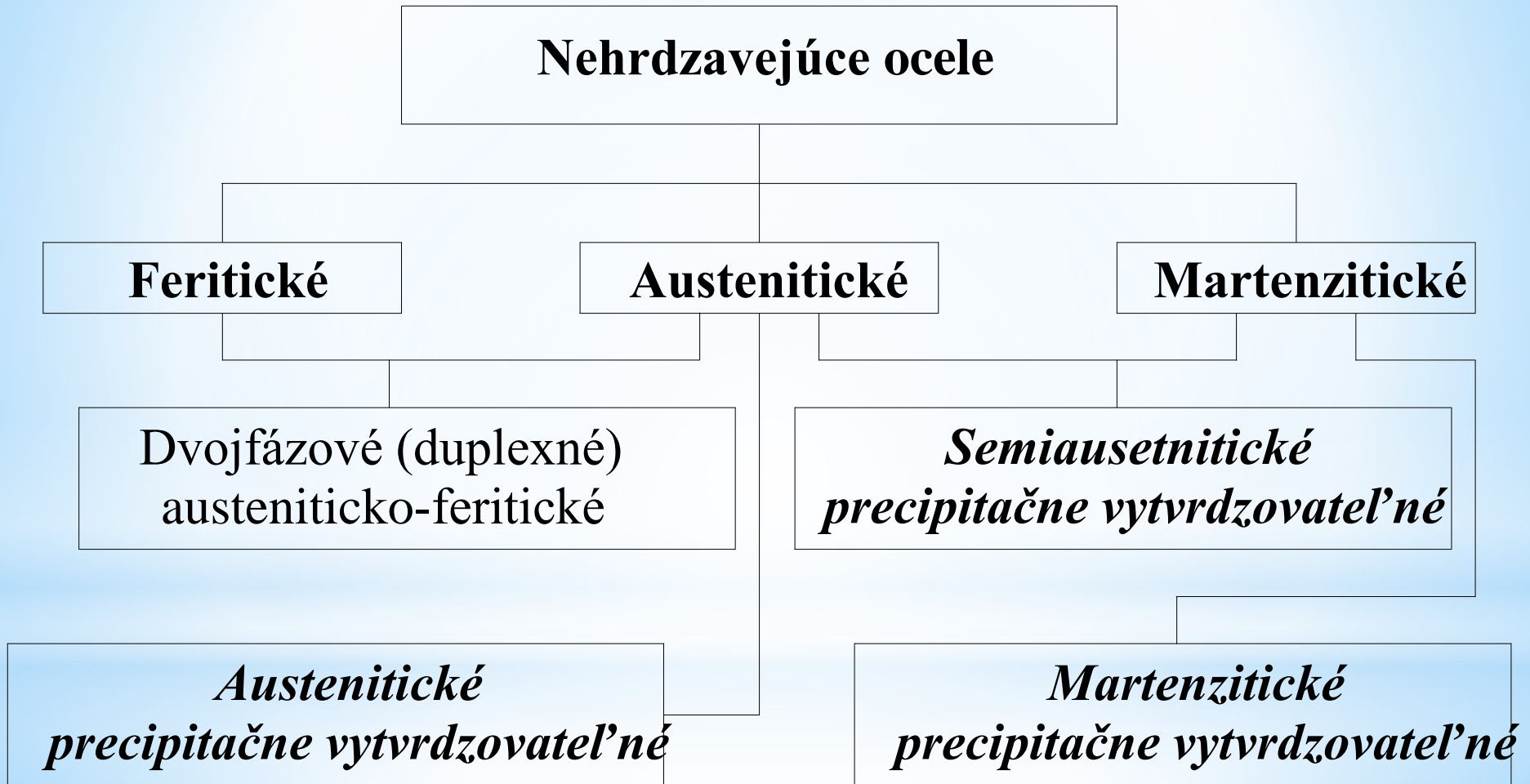
Pre správnu voľbu ocele je preto bezpodmienečne nutná dôkladná znalosť vlastností materiálu vo vzťahu k podmienkam ich použitia.

Optimálna voľba ocelí pre náročné podmienky v agresívnych prostrediach, vyžaduje hlbšie vedomosti, prípadne experimentálne overenie v modelových podmienkach blízkyh pracovnému zaťaženiu

Podstata koróznej odolnosti

- Korózna odolnosť koróziivzdorných materiálov je daná vytvorením ochrannej pasívnej vrstvy na ich povrchu.
- Pasívna vrstva oxidického charakteru je sústavne prostredím rozrušovaná, ale súčasne aj obnovovaná.
- Čím vyššiu odolnosť proti narušeniu má pasívna vrstva, tým vyššiu odolnosť proti koróznemu napadnutiu má daná oceľ.
- Intenzita korózneho napadnutia závisí od vlastnosti kovu a od vlastností prostredia.
- Vzhľadom na množstvo týchto kombinácií, stretávame sa s mnohými prejavmi korózneho napadnutia

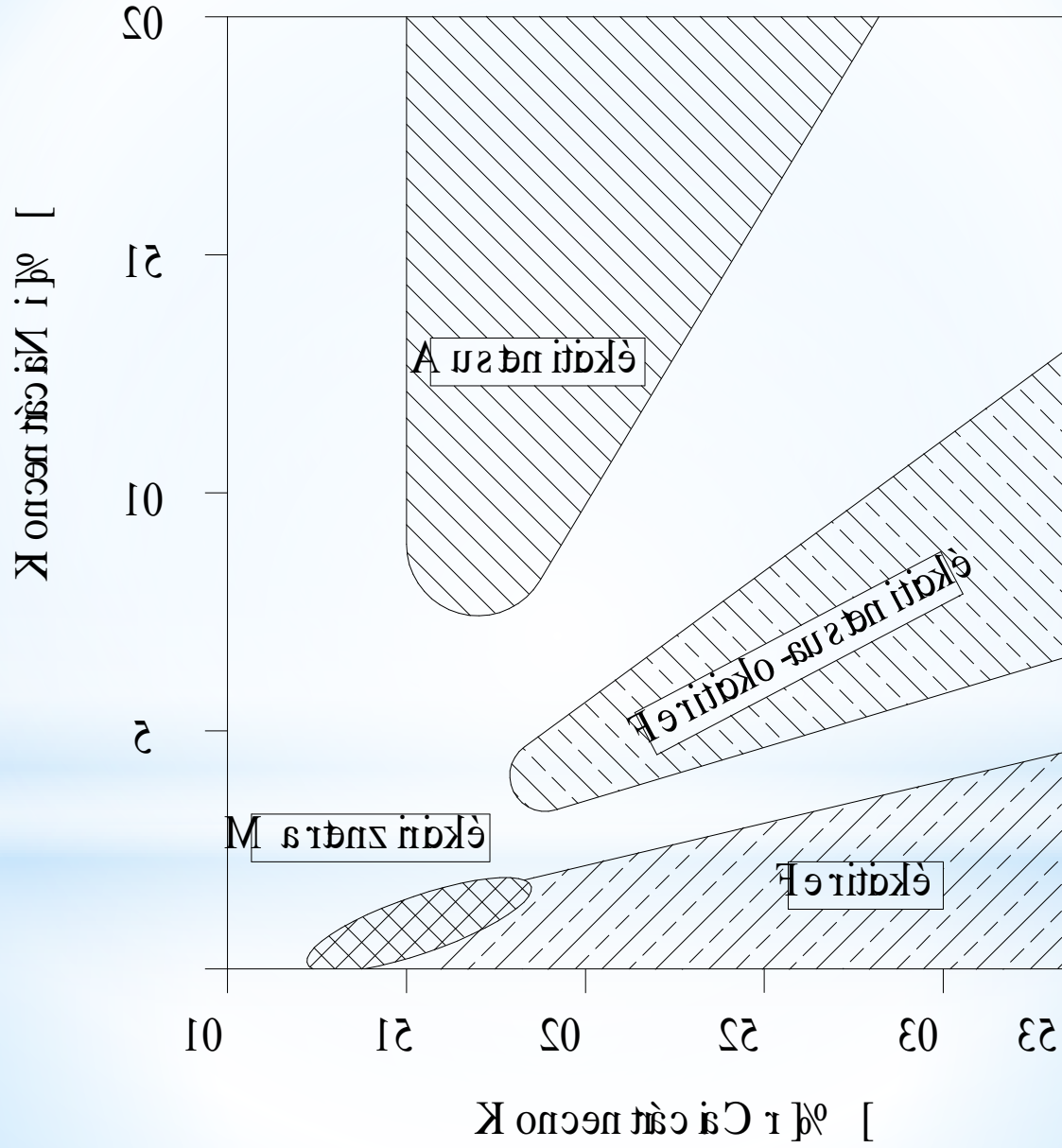
Rozdelenie nehrdzavejúcich ocelí



Rozhodujúce vlastnosti nehrdzavejúcich ocelí

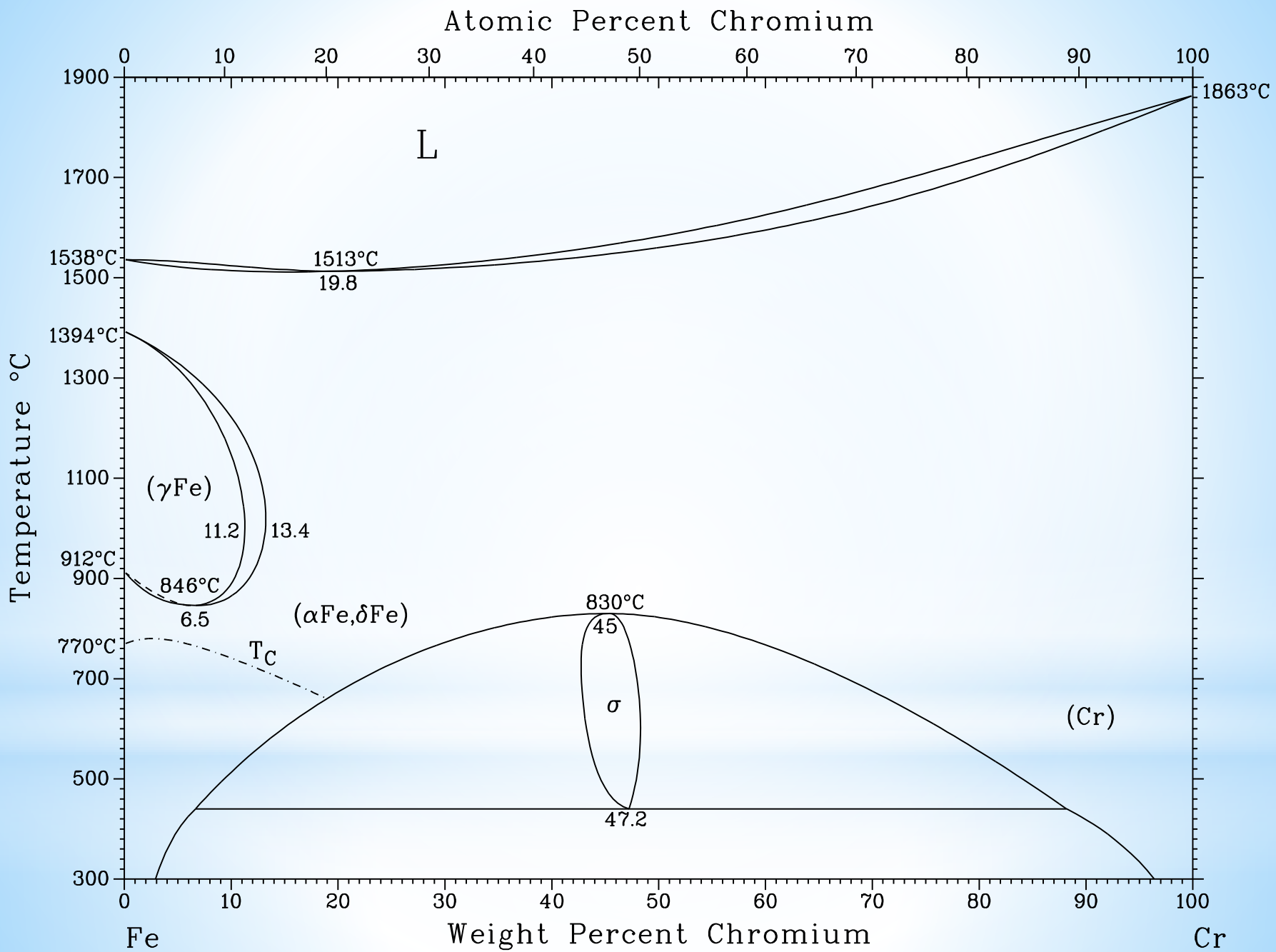
- mechanické vlastnosti pri normálnych a zvýšených teplotách,
- vrubová húževnatosť,
- hodnota prechodovej (tranzitnej) teploty,
- pevnostné vlastnosti pri dlhodobej expozícii pri prevádzkovej teplote,
- štruktúrna stabilita zaisťujúca odolnosť proti krehnutiu, vzniku trhlin a ich šíreniu
- odolnosť proti všetkým druhom korózie

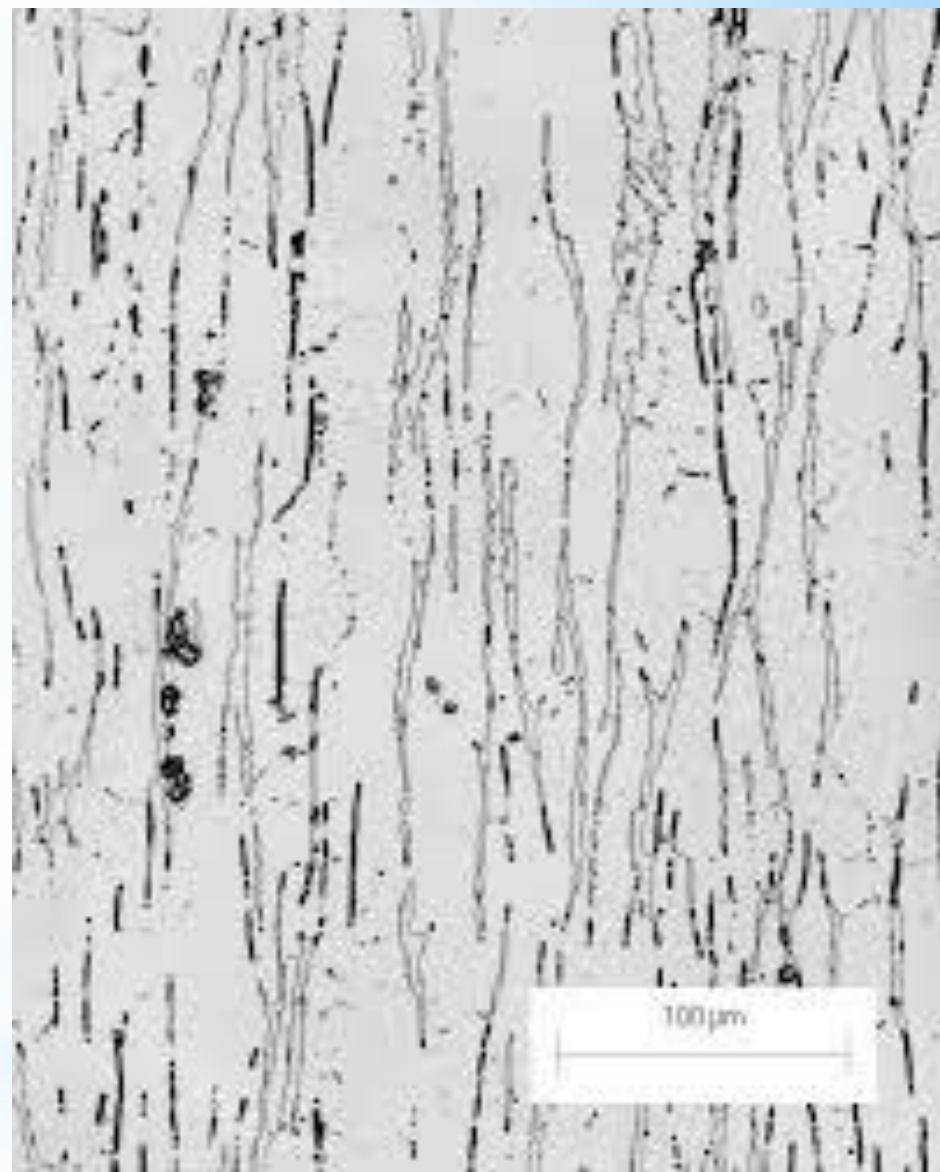
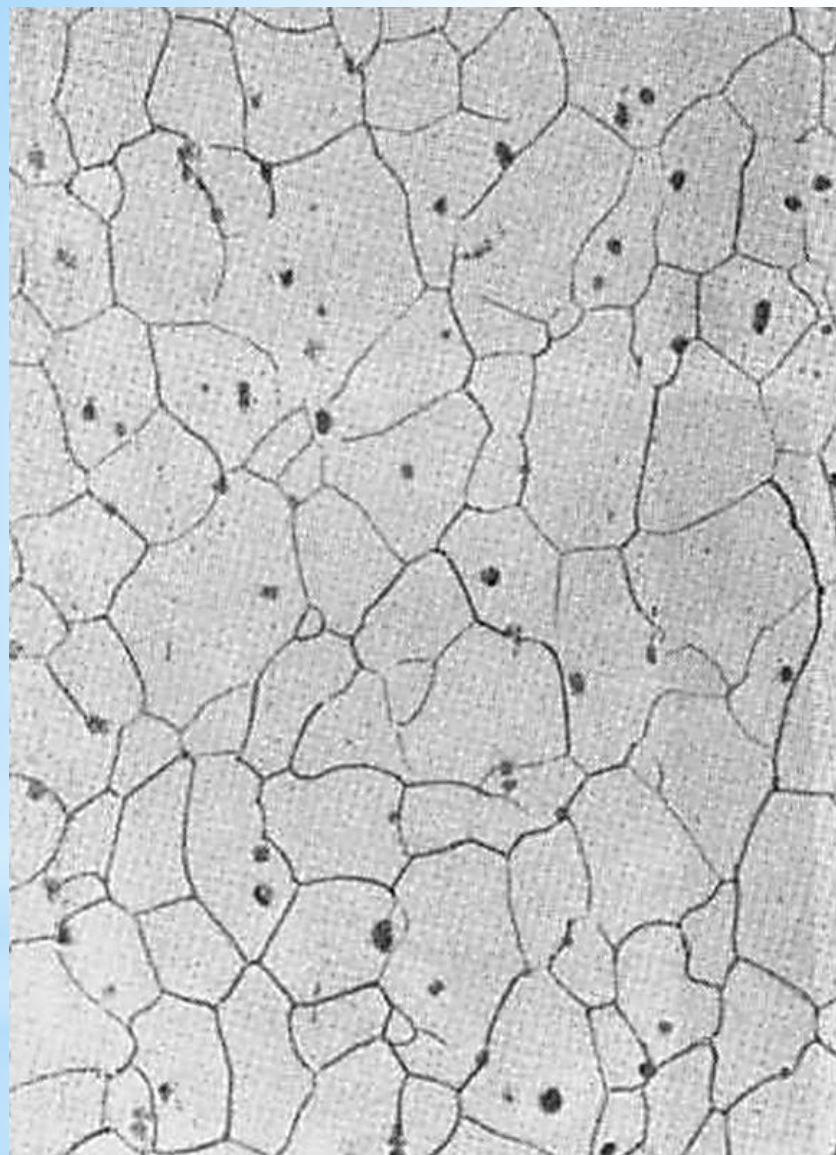
Základné koncentračné oblasti nehrdzavejúcich ocelí



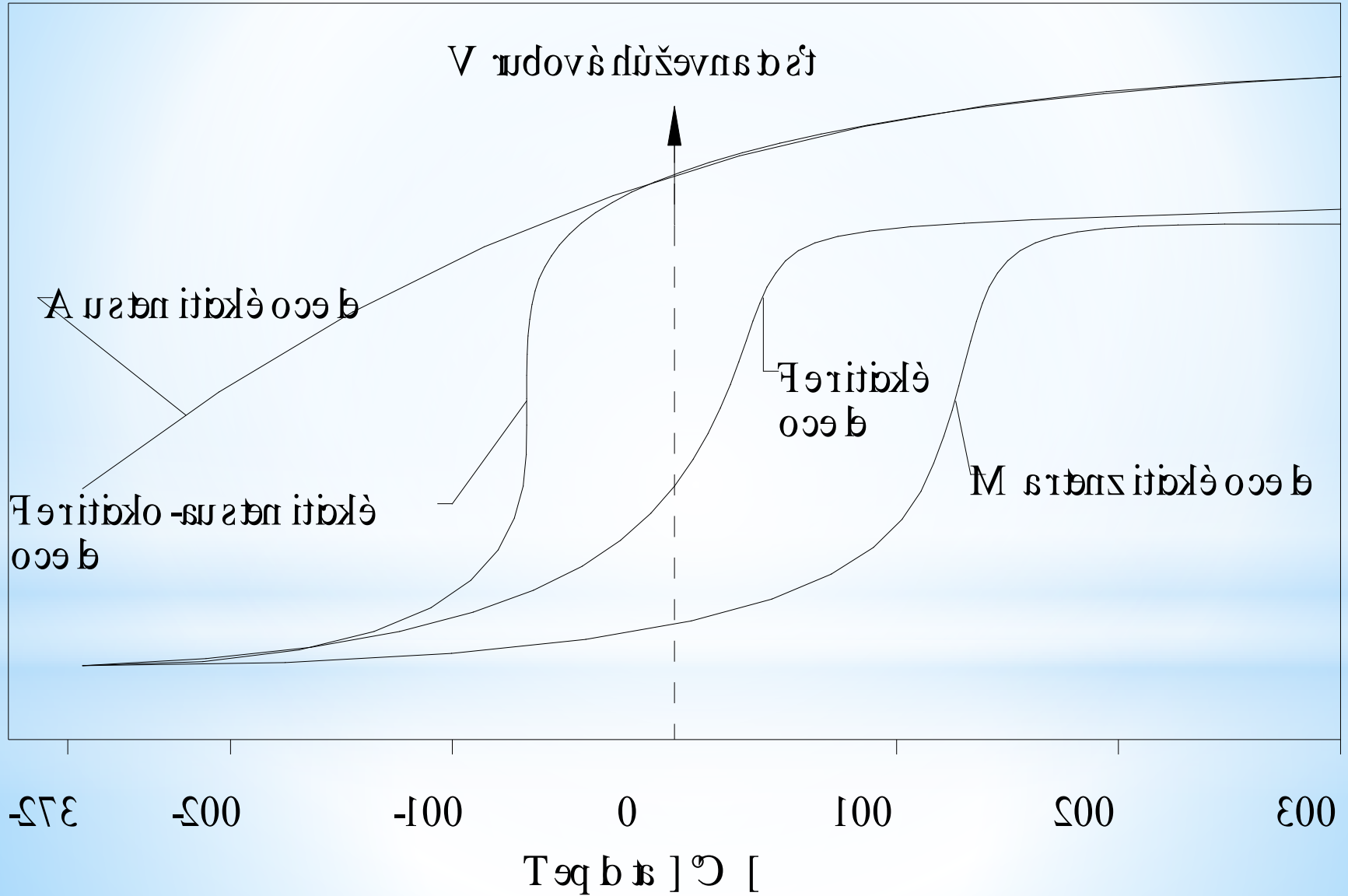
Feritické ocele odolné korózii (FOOK)

- sú zliatiny typu Fe-Cr-C , charakterizované obsahom uhlíka pod 0,1 % a chrómu od **10,5** do 30%.
- Prísada ďalších feritotvorných prvkov (Cr, Si, W, Mo, V, Al, Ti) potláčajú austenitickú oblasť.
- Feritické ocele vykazujú feritickú štruktúru (v celom intervale teplôt) s malým množstvom karbidov
- Ich pevnostné vlastnosti možno zvýšiť deformáciou za studena.
- Pri spracovaní feritických ocelí je nutné rešpektovať tri druhy krehnutí,
 - Krehnutie pri vysokých teplotách asi od 900 °C,
 - Krehnutie vylučovaním fázy σ (pri teplotách okolo 700 °C)
 - Krehnutie v oblasti teplôt okolo 475 °C.**



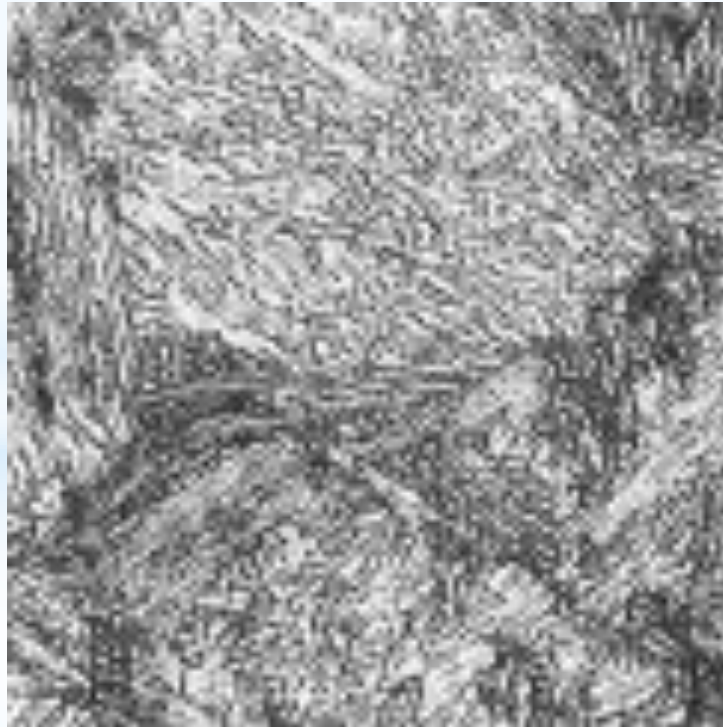


Tranzitné teploty



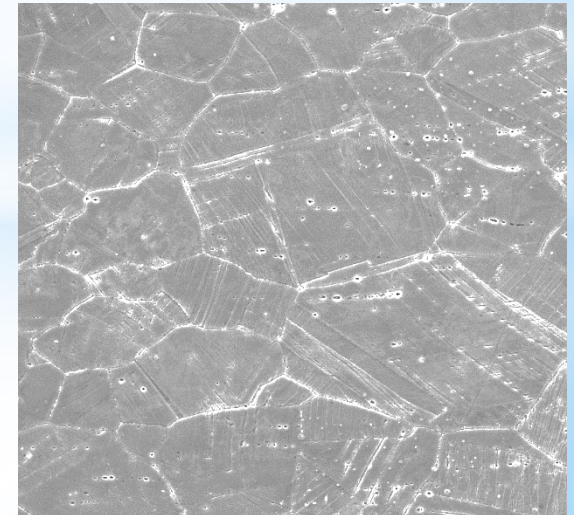
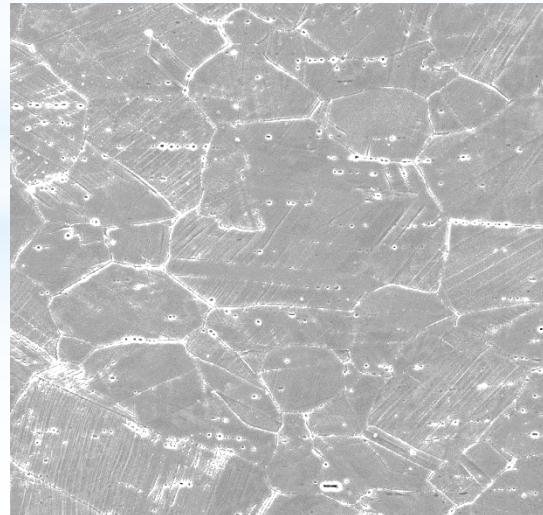
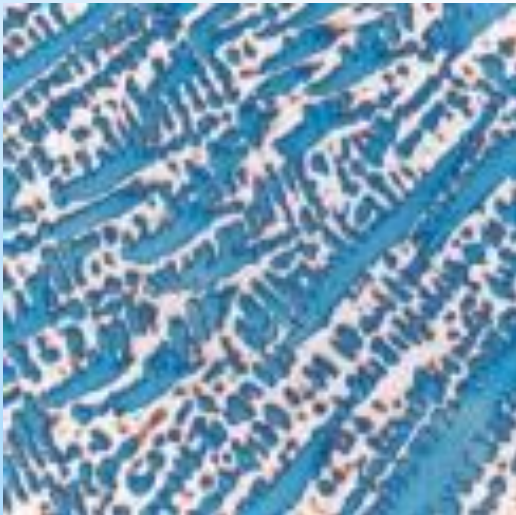
Martenzitické nehrdzavejúce ocele

- sú charakterizované premenou austenitu na martenzit.
- Schopnosť kalenia chrómových ocelí je daná prítomnosťou vyššieho obsahu uhlíka do 1,2% pri obsahu chrómu od 11,5 do 18%.
- Zvýšenie koróznej odolnosti sa dosiahne pridaním Mo a húževnatosti pridaním Ni (znižuje obsah voľného feritu).



Austenitické nehrdzavejúce ocele

- majú dominantné postavenie v skupine nehrdzavejúcich ocelí
- austenitická štruktúra týchto ocelí je výsledkom chemického zloženia, ktoré musí byť volené tak, aby sa dosiahla rovnováha medzi austenitotvornými (**Ni, Mn, Co, C a N...**) a feritotvornými prvkami (**Cr, Si, W, Mo, V, Al, Ti**).
- austenitické ocele sú zvarateľné a majú približne o 50% vyššiu **teplotnú rozťažnosť**, lepšiu húževnatosť a ťažnosť a približne o 30% nižšiu **tepelnú vodivosť** ako feritické nehrdzavejúce ocele.



Cr-Ni a Cr-Ni-Mo austenitické ocele

- Pri obsahu 18 % chrómu, ktorý je z hľadiska odolnosti voči korózii základným prvkom, postačí už 9 % niklu na dosiahnutie stabilnej austenitickej štruktúry pri obsahu uhlíka 0,10 až 0,12 %.
- Pri ďalšom znížení obsahu uhlíka, sa musí počítať so zvýšením obsahu niklu, aby bola zachovaná stabilita austenitu.
- Takisto zvýšenie obsahu molybdénu a pridanie ďalších feritotvorných prvkov, ako kremíka, titánu a nióbu, je potrebné vyvážiť príslušným zvýšením obsahu niklu, príp. iného austenitotvorného prvku.

Zloženie CrNi ocelí

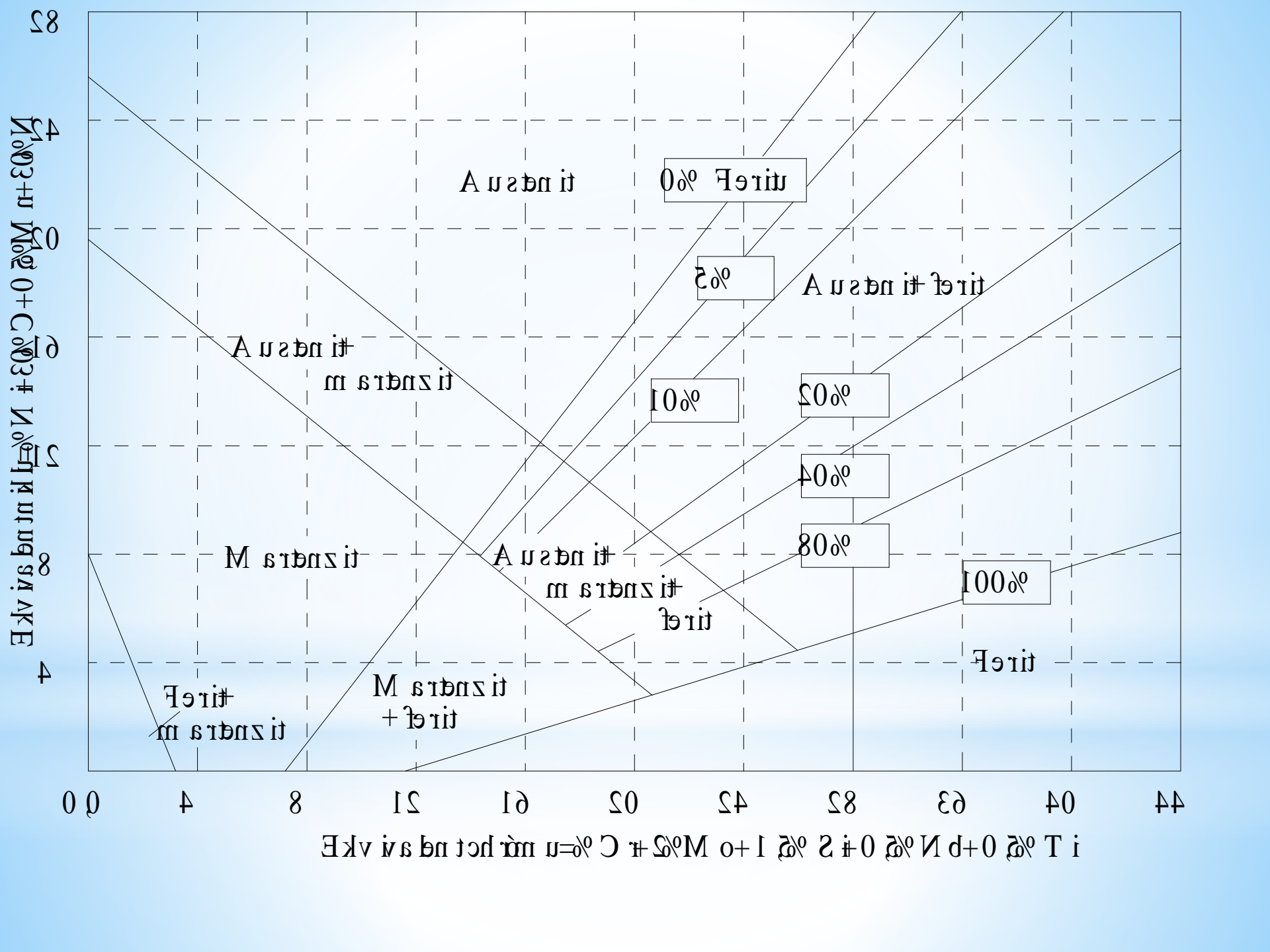
- Konštitúciu pre rozličné obsahy chrómu a **feritotvorných** prísad, ako aj niklu a **austenitotvorných** prísad, charakterizuje Schäfflerov diagram
- do chrómového ekvivalentu sú zahrnuté prísady Cr, Mo, Si, Nb
- do niklového ekvivalentu Ni, C, Mn, resp. N.
- maximálna tvrdosť chrómových ocelí je úmerná obsahu uhlíka približne do 0,60 %.
- Pri vyšších obsahoch sa už uhlík môže viazať na primárne karbidy, ktoré zvyšujú najmä odolnosť proti opotrebeniu

Austenitické ocele - uplatnenie

- energetika,
- chemický priemysel.
- potravinárstvo,
- letecká a raketová technika,
- kriogénna technika
- ***Biomedicínske aplikácie – implantáty, nástroje, pomôcky***

Upozornenie

Vyznačujú sa malou tepelnou vodivosťou, vysokým súčiniteľom teplotnej rozťažnosti a *paramagnetickými vlastnosťami*. Zhoršená obrábateľnosť sa dá zlepšiť prísadou síry alebo selénu (0,15%).
Plastickou deformáciou za studena môžu v dôsledku deformačného martenzitu prejsť do feromagnetického stavu!!

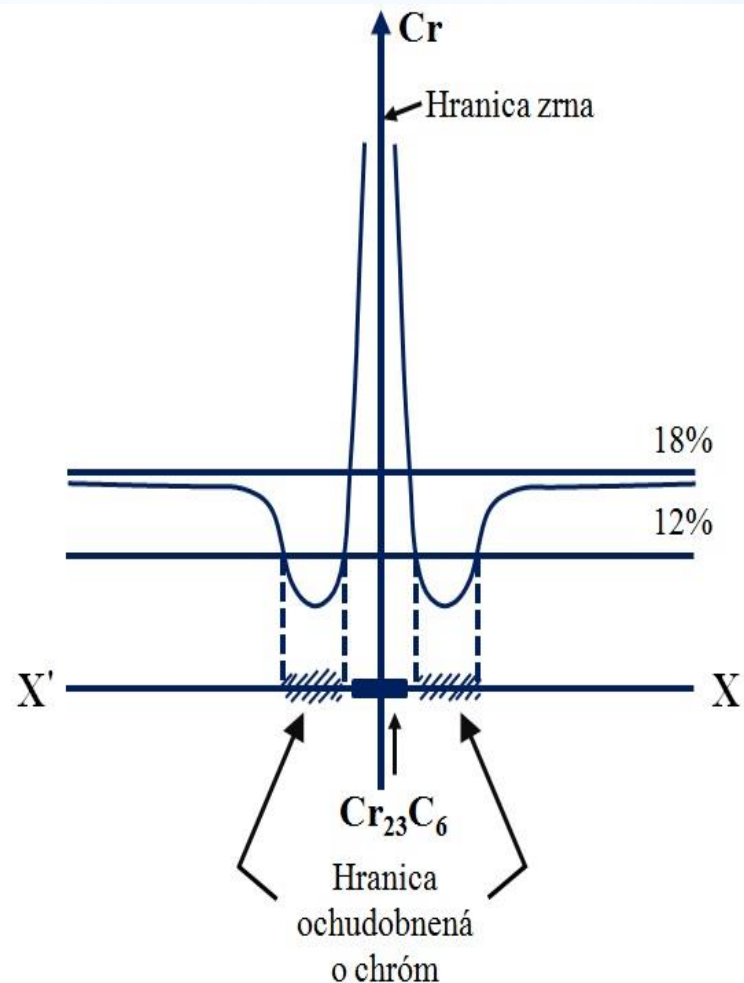
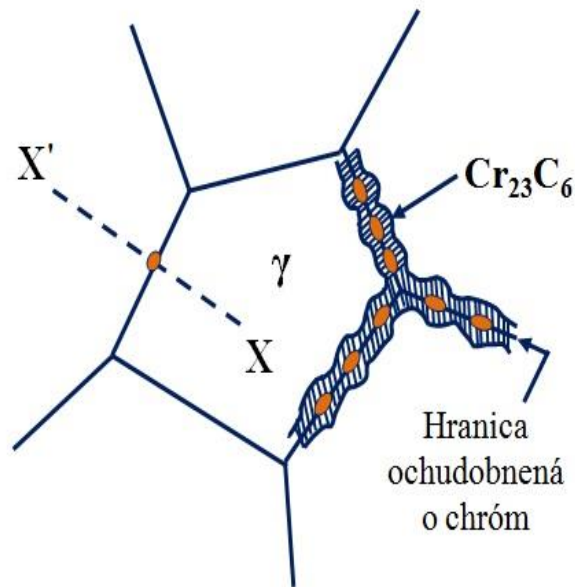


Scitlivenie austenitických ocelí

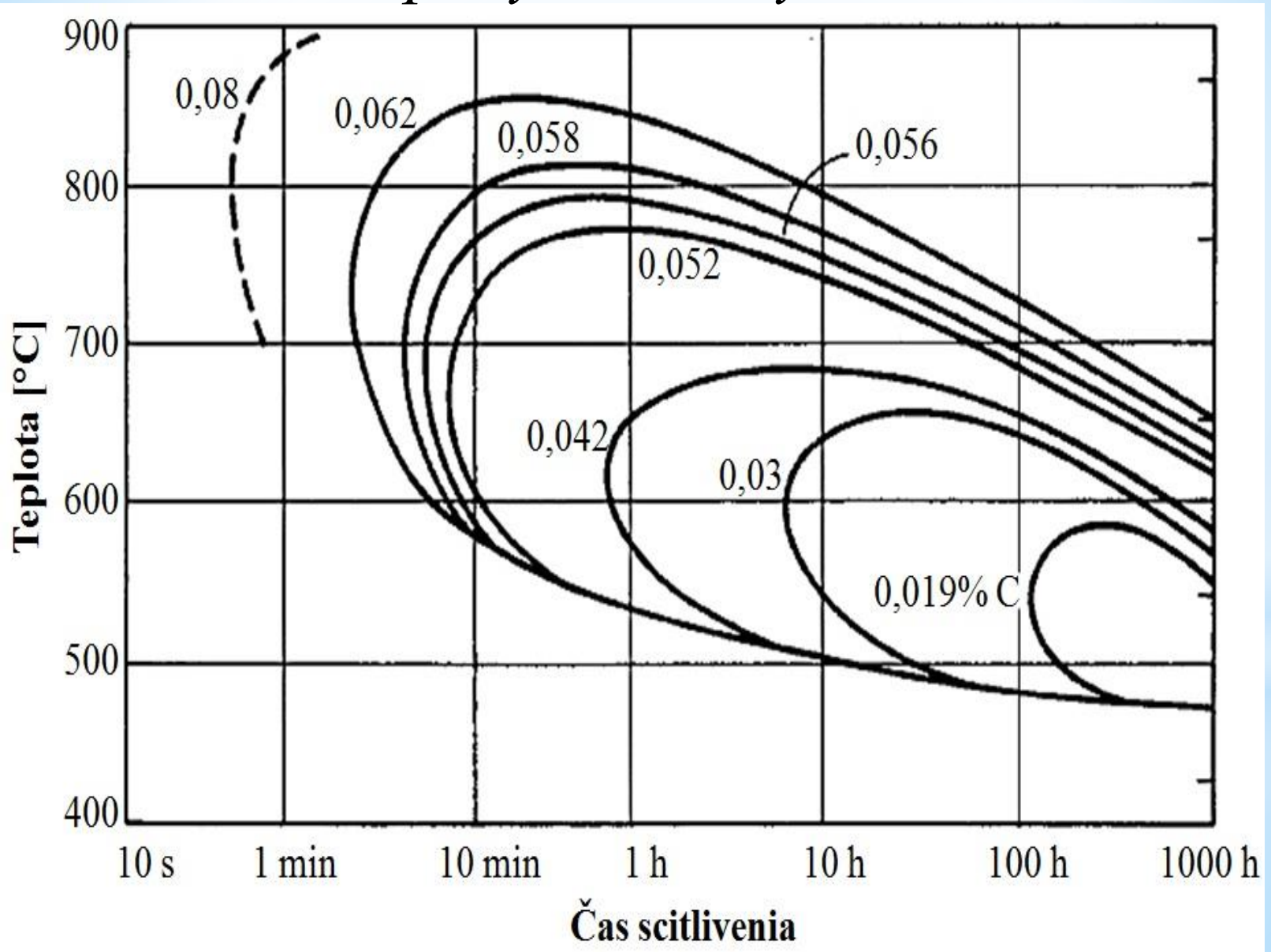
- Pri pomalom ochladzovaní austenitických nehrdzavejúcich ocelí sa vylučujú karbidy po hraniciach austenitických zrn. K rovnakému vylučovaniu karbidov dochádza aj pri ohreve a výdrži na tzv. kritických teplotách 400 - 900 °C.
- Uhlík je v austenitických nehrdzavejúcich oceliach považovaný za nežiaducu prímes. Aj keď stabilizuje austenitickú štruktúru, má veľkú termodynamickú afinitu k chrómu. Kvôli tejto afinite sa vytvárajú karbidy chrómu, $M_{23}C_6$, vždy keď uhlík dosiahne úroveň presýtenia v austenite.
- Tieto karbidy obsahujú aj **železo, nikel, molybdén** a iné legúry, ale najvyšší obsah tvorí chróm. Vylúčenie karbidov je určené rozpustnosťou uhlíka v austenite v závislosti od teploty.

Scitlivenie austenitických ocelí

Scitlivenie potom predstavuje lokálne odčerpanie chrómu, ktoré spôsobí, že obsah chrómu klesne natoľko, že daná oblasť bude mať nižšiu odolnosť voči korózii ako okolie. Vylúčením karbidov chrómu po hraniciach zŕn môže dôjsť k zníženiu odolnosti voči interkryštalickej korózii)

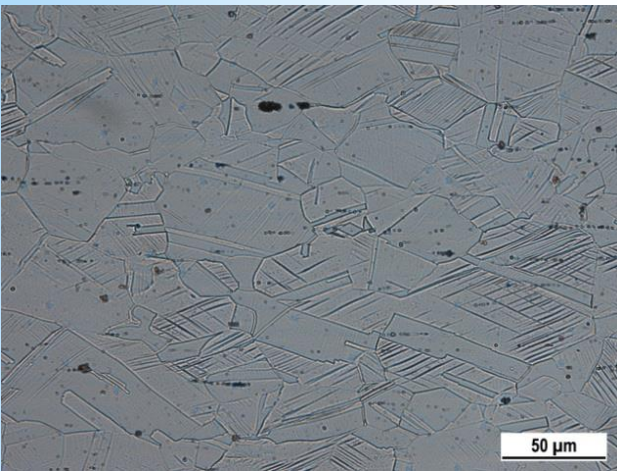


Vplyv obsahu uhlíka na scitlivenie v závislosti od teploty a času výdrže



Mikroštruktúra austenitickej ocele

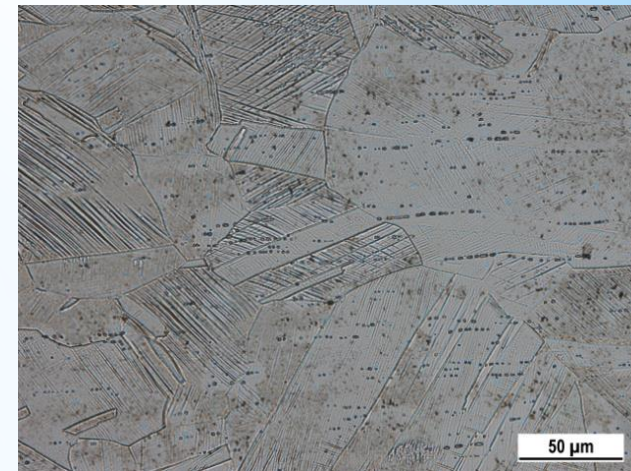
AISI 304



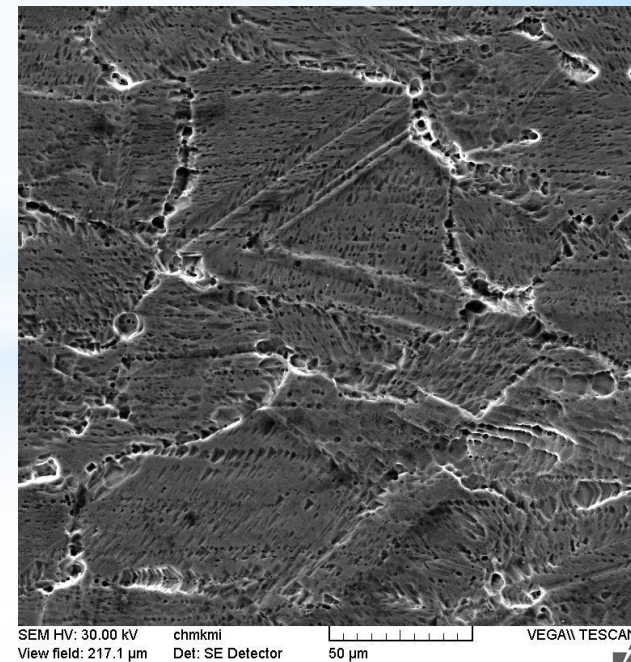
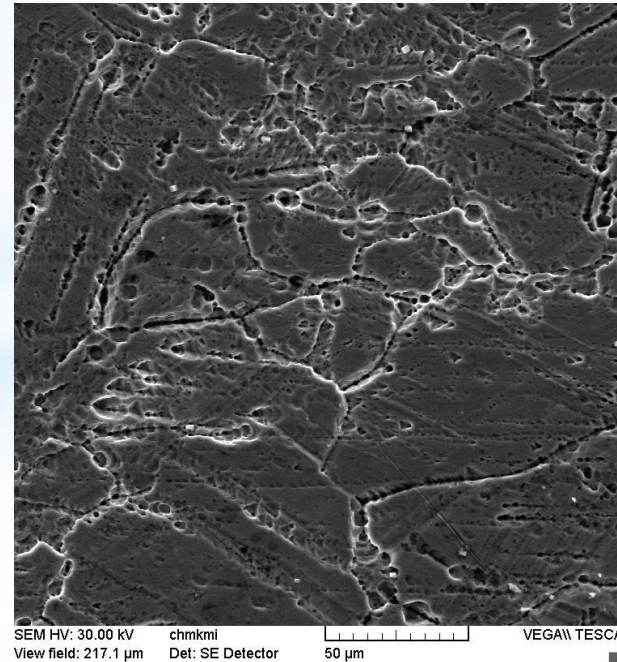
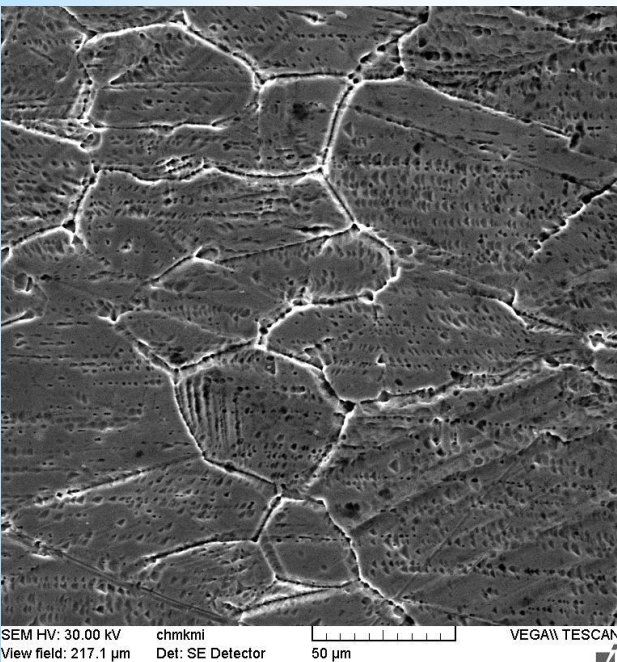
AISI 316L



AISI 316Ti



Scitlivenie hraníc zŕn



Porovnanie vlastností ocelí

Parameter	Koróziivzdorné ocele					Uhlíková oceľ 12 022
	Austenitické	Feritické	Dvojfázové	Martenzitické	Precipitačne spevnené	
Re, Rp02 [MPa]	200-400	250-400	350-500	550-1800	500-1700	235-255
Rm [MPa]	500-800	500-700	700-900	750-2000	950-1800	441-568
A ₅ [%]	30-40	20-30	30-40	2-20	2-20	21
Z [%]	55-70	40-60	50-60	5-55	10-40	-
KCV [Jcm ⁻²]	120-250	20-50	50-230	5-120	5-80	KCU ₃ - 59
α [10 ⁻⁶ m/m/°C]	17-19,2	11,2-12,1	-	11,6-12,1	11,9	11,7
γ [W/mK]	18,7-22,8	24,4-26,3	-	28,7	21,8-23,0	47
ρ [10 ⁻⁸ Ω m]	69-102	59-67	-	55-72	77-102	12
T _t [°C]	1400-1450	1480-1530	-	1480-1530	1400-1530	15038

α - koeficient tepelnej rozťažnosti,

γ - tepelné vodivosť,

ρ - elektrický odpor,

T_t – teplota topenia.

Ak nevidíte dvoch delfínov, máte toho dosť a preto
končím

