

Diffúziós jelenségek damaszkolt anyagokban (1. rész, október)

Kérdésfelvetés, célkitűzés

Korábbi metallográfiai vizsgálatok során damaszkolt anyagoknál megfigyeltem, hogy a lágyabb rétegeket bizonyos mértékben felszeníti az őket határoló keményebb, nagyobb széntartalmú acélréteg. Általánosan elterjedt vélekedés, hogy a damaszkolt anyagok esetén a két különböző kémiai összetételű acél alapanyag rétegei között jelentős keménységkülönbség van, ami nagyban eltérő mechanikai tulajdonságokat eredményez, pl. egy kés esetén a vágóél „recésre” kopik a használat során, mert a lágyabb rétegek éltartóssága sokkal rosszabb, mint a keményeké. A korábbi megfigyelések alapján viszont úgy tűnt, hogy a szén rétegek közötti diffúziója többé-kevésbé végbe tud menni, ezáltal a rétegek közötti keménységkülönbség csökkenhet. Ezt a feltételezést és a rétegek közötti diffúziós jelenségeket jártam alaposabban körbe, az eredményeket alábbiakban mutatom be.

Módszerek és eredmények

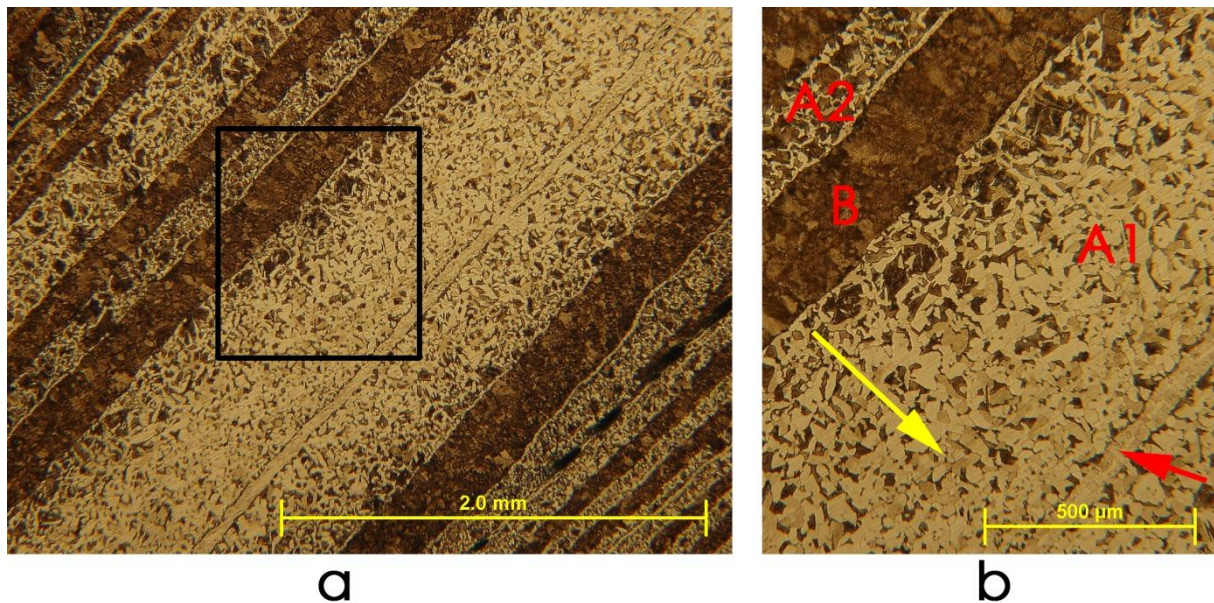
A damaszkolt anyagokban megfigyelhető diffúziós jelenségek vizsgálatára a damaszkolt fokosaimnál használt 20x20mm-es keresztmetszetű, 160 rétegű, 3 rész C15-ből (S235) és 2 rész M1-ből (90MnCrV8) álló damaszkolt előgyártmányok egyikének a végéből egy darabot vágtam le. Ezt a darabot félbe vágva ugyanaz a keresztmetszetet vált vizsgálhatóvá. Ez egyik próbatestet lágyítottam, a másikat olajban edzettem. A damaszkolt előgyártmány kb. 1 óra alatt készül el, eközben 5-ször történik meg az anyag lenyújtása, visszahajtása és kovácshegesztése. A Mdb hőmérséklete 1 órán keresztül 1000-1300°C között van.

A damaszkolt próbatesteken kívül az M1 és a C15 alapanyagokból is készítettem lágyított és edzett próbatesteket (további 4 próbatest). A próbatestekből készült csiszolatokat (a klasszikus módon, csiszolva, polírozva és 2%-os Nitállal maratva) az 1. ábra mutatja.



1. Ábra: A diffúziós jelenségek vizsgálatára készített próbatestek metallográfiai csiszolatai

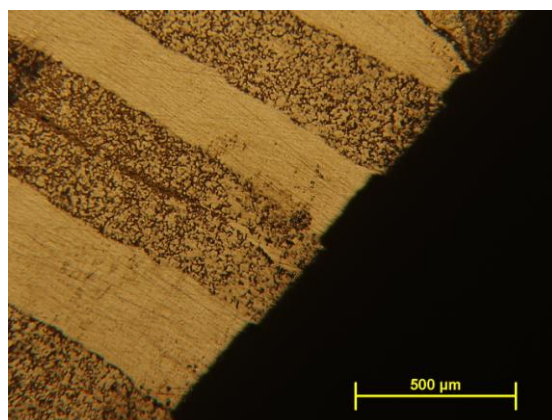
A szén rétegek közötti diffúziós folyamatokat a lágyított damaszkolt próbatesteken lehet a legszemléletesebben bemutatni, ld. a 2. ábrát.



2. Ábra: Lágýtott damaszkolt próbatest mikroszkópi képei

A mikroszkópi képen látható világos rétegek az S235-nek (2.b ábra „A1”-gyel és „A2”-vel jelölt rétege), a sötétek pedig az M1-nek felelnek meg (2.b ábra „B”-vel jelölt rétege). Megfigyelhető, hogy minél vékonyabb az adott S235 réteg, annál inkább felszenítik a szomszédos M1 rétegek. Pl. a 2.b ábrán a vékony A2 réteg jobban felszenült, mint az vastagabb A1. Vastagabb S235 rétegek esetén továbbá látható egy karbongradiens (az A1 rétegben sárga nyíllal jelölve), azaz a vastag S235 rétegek szélei nagyobb, belsejük viszont kisebb széntartalmú. Az A1 réteg közepén a 2.b ábrán piros nyíllal jelölve egy kovácshegesztési vonal látható. Mivel a kiinduláskor 5 rétegű előgyártmányt (szendvicset) készítünk 3 réteg S235 és 2 réteg M1 felhasználásával, ezért a kovácshegesztendő felület minden visszahajtásnál az S235 anyag felülete lesz, így a damaszkolt próbatesteken a kovácshegesztési vonalak mindig az S235 rétegek közepén figyelhetők meg.

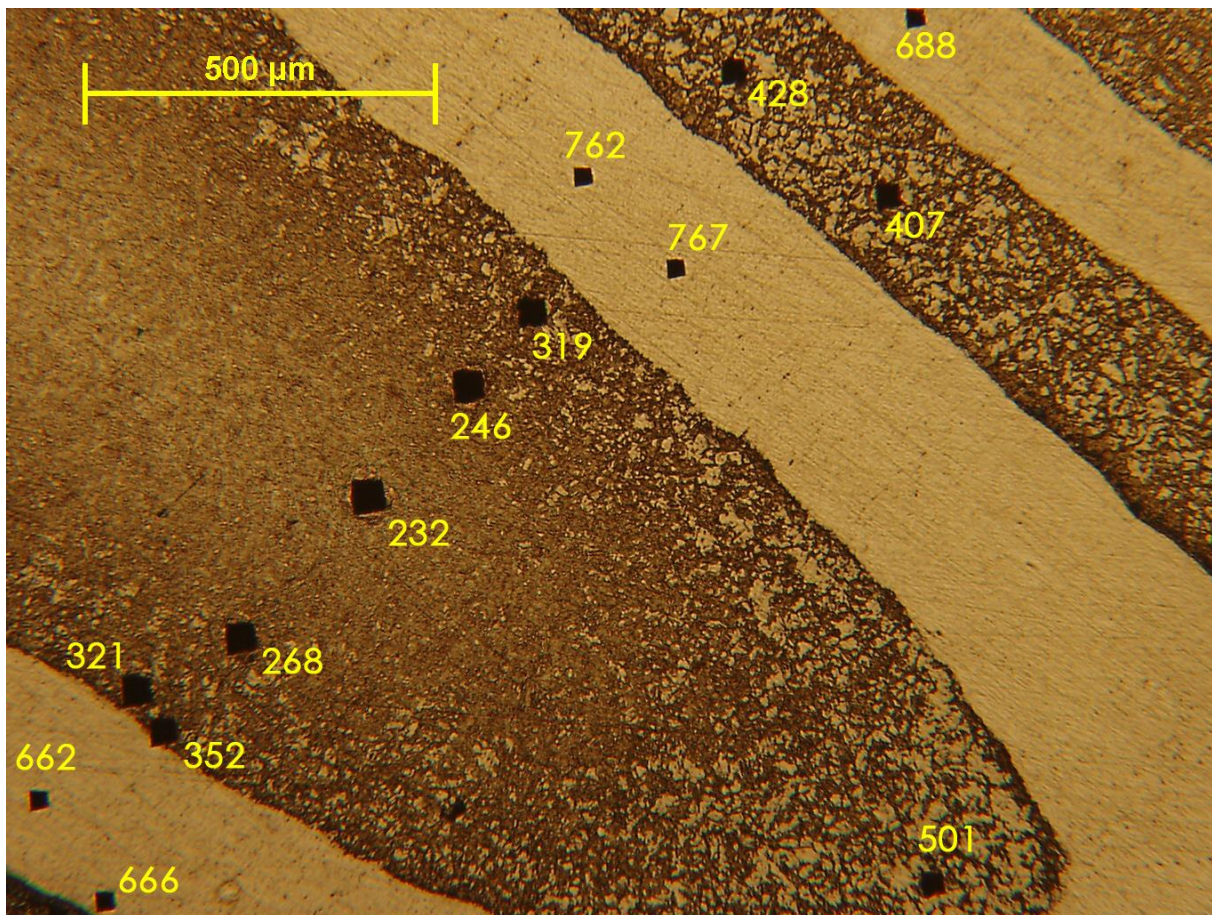
A széndiffúzió miatt a lágy és a kemény rétegek közötti keménységekülönbség is csökken. Ez jól megfigyelhető az edzett damaszkolt próbatesteken. Mindenek előtt tekintsük a 3. ábrát, amin az edzett damaszkolt próbatest rétegei láthatók. Ezt a próbatestet a rétegek jobb beazonosíthatósága érdekében a damaszkolt termékeimnél szokásos módon 1 percig marattam 80°C-os akkumulátorsavban, így az M1 rétegek alámaródtak, az S235 rétegek pedig kiemelkedve láthatók. A 3. ábrán megfigyelhető, hogy az edzett damaszkolt próbatest esetén a világos és sötét rétegek „felcserélődnek”, az M1 rétegei itt világosnak, az S235-éi pedig sötétnek látszanak.



3. Ábra: Edzett damaszkolt próbatest rétegei

Az edzett damaszkolt próbatestek rétegein mikrokeménység méréseket végeztem (HV0.2). A keménységmérésekhez olyan területet kerestem, ahol együtt láthatók széles és vékony S235 rétegek. Az eredményeket ld. a 4. ábrán. Látható, hogy az M1 rétegei kb. 650-750HV0.2 keménységűek. A vékonyabb S235 rétegen, ami mint az fent bemutatottam jobban fel tud szénülni 408 és 4028HV0.2 keménységek voltak mérhetők. Az ábra közepén látható szélesebb S235 réteg esetén pedig a szélektől befelé haladva csökken a keménység kb. 350 HV0.2-ről 230HV0.2-re (vö. az előzőleg bemutatott karbongradiens a széles S235 rétegekben). A széles S235 réteg sarka viszont már 501HV0.2 keménységű volt (ld. a 4. ábra jobb alsó részén).

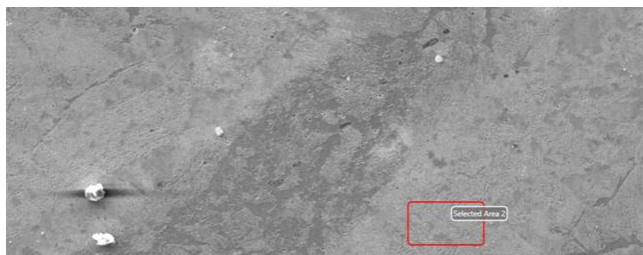
A mikrokeménység méréseket elvégeztem az M1 és S235 alapanyagokon is edzett hőkezeltségi állapotban. Az edzett S235 kb. 190HV0.2, az edzett M1 pedig kb. 830HV0.2 volt. Lágýtott esetben ugyanezek 130 és 320HV0.2 keménységűek voltak.



4. Ábra: Mikrokeménység mérések edzett damaszkolt próbatesten

Megállapítható tehát, hogy a rétegek közötti széndiffúzióknak megfelelően a lágyabb S235 rétegek keménysége jelentősen nő. Vékony rétegek esetén mindössze 200-250HV0.2 különbség van az S235 és M1 rétegek keménységében, míg az alapanyagokéban eredetileg 650HV0.2 ez a különbség. Vastag S235 rétegeknél viszont a rétegek belseje lágy maradt, bár még itt is kb. 50HV0.2 keménységnövekedés figyelhető meg az alapanyaghoz képest. Mindezeknek megfelelően az M1 rétegek keménysége csökkenést mutat a damaszkolt mintában, az eredeti 830HV0.2-ről 650-750HV0.2-re csökken (egyébként ez nem túl nagy csökkenés, többet vártam volna).

Az M1 nem tiszta szénacél. Kb. 0,9%-os széntartalom mellett 2% Mn-t és 0,5% Cr-ot, ill. 0,3% V-ot tartalmaz. Ezeknek az ötvözőknek a rétegek közötti diffúzióját SEM-EDS mérésekkel próbáltuk megvizsgálni. A méréseket ugyanilyen, csak normalizált hőkezeltségi állapotú damaszkolt próbatesten végeztük. Az eredményeket az 5. ábra mutatja.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
V K	0.2	0.22	3.55
CrK	0.5	0.54	8.44
MnK	1.97	2	28.32
FeK	97.33	97.24	1124.68

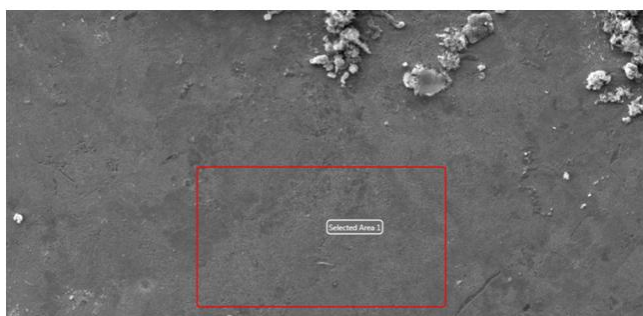
a



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
V K	0.15	0.16	3.52
CrK	0.23	0.25	5.36
MnK	0.63	0.64	12.62
FeK	98.99	98.95	1574.91

b



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
V K	0.22	0.24	2
CrK	0.13	0.14	1.13
MnK	0.02	0.02	0.12
FeK	99.64	99.61	604.13

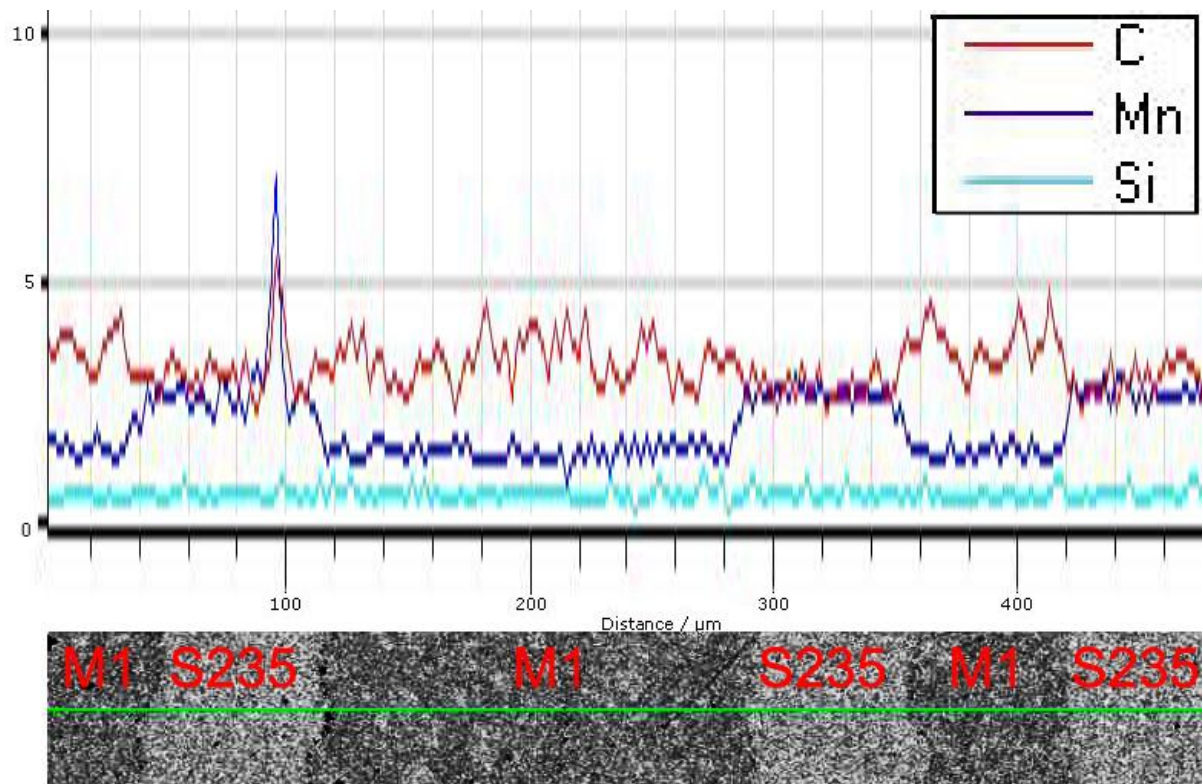
c

5. Ábra: SEM-EDS mérések damaskolt anyagon

Látható, hogy az M1 rétegek ötvöző tartalma a mért területen közel azonos az alapanyag szabvány szerinti kémiai összetételével (5.a ábra). Az S235 rétegben kis mennyiségben (0,6% Mn, ld. 5.b ábra) jelentkezik a Mn, ami egyébként az S235-nek alpból is ötvözője, de pontosan nem meghatározott mennyiségben (szabvány szerint 1,6% alatti). A Cr és a V értéke hibahatáron belülnek tekinthető, bár ezek diffúziója is valószínűsíthető. Sajnos a SEM-EDS mérések alapján a szénen kívüli ötvözőelemek diffúziójával kapcsolatban tehát nem tudunk semmit mondani. A 6. ábra alján mutatom a szabványokat.

A korábbi acélelégős téma kapcsán ugyanezen a próbatesten található felületi hibára is ráértünk (5.c ábra). Látható, hogy a visszakovácshegesztett szivacsos felrakódás területén az ötvözők teljesen kiégtek, hibahatár alatti mennyiségben voltak csak kimutathatóak.

Vonalmenti SEM-EDS mérésekkel (ld. 6. ábra) inkább csak a Mn mennyiségében mutakozó különbségeket lehetett kimutatni, a lágy S235 rétegekben több, az M1-ben kevesebb Mn-nal. A széntartalom pontos mérésére ez a módszer nem alkalmas, mert a szén túl könnyű elem, azonban látható, hogy az M1-ben nagyobb az S235-ben pedig kisebb C-tartalmak adódtak.



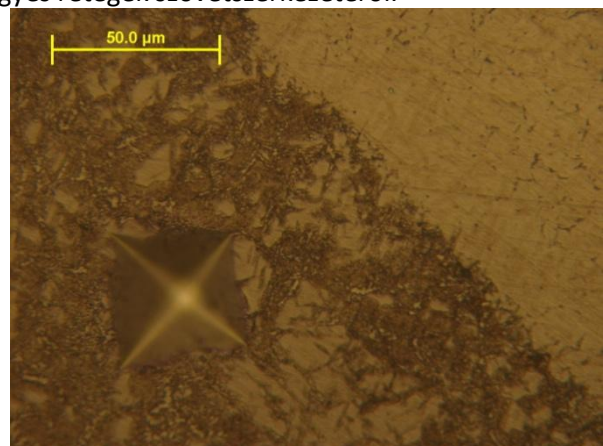
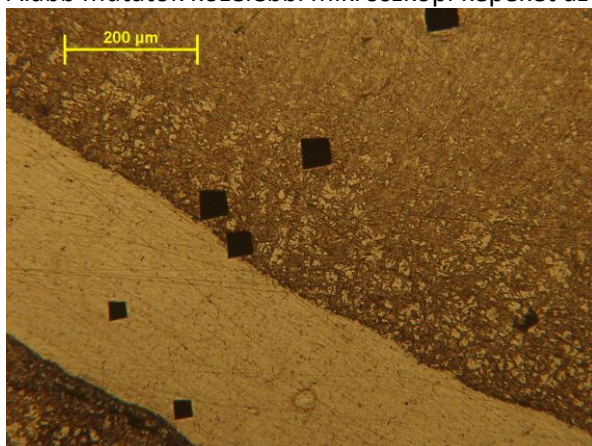
Chemical composition % of steel 90MnCrV8 (1.2842): EN 4957-2000						
C	Si	Mn	P	S	Cr	V
0.85 - 0.95	0.1 - 0.4	1.8 - 2.2	max 0.03	max 0.03	0.2 - 0.5	0.05 - 0.2

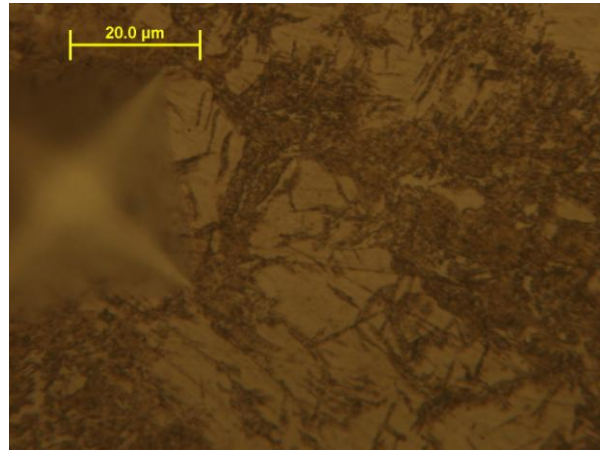
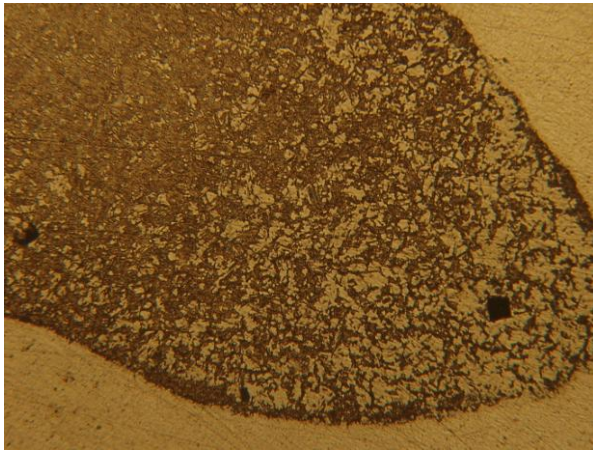
EU Grade	C%	Mn%	P%	S%	Si%
S235	0.22 max	1.60 max	0.05 max	0.05 max	0.05 max

6. Ábra: Felül: vonal menti SEM-EDS mérési eredmények. Alul: az M1 és az S235 kémiai összetétele

Kérdések

Nem értem, miért látszik az M1 világosnak és az S235 sötétnek az edzett damaskolt próbatesteken?
Alább mutatok közelebbi mikroszkópi képeket az egyes rétegek szövetszerkezetéről.





A képeken azt sem értem, mik azok a fehér tartományok, szövelemek a sötét S235 rétegek szélén? Ezek a jobboldali képeken jó közelről láthatóak. (Nem tudományosan, de olyan, mintha az M1 rétegekből kiszakadó darabkák, törmelékek lennének az S235 rétegek szélén, mint az jégmező és a tenger találkozásánál a tengerben úszó kis jégtáblák.)

Nem értem továbbá, hogy ha a szén átdiffundál az M1-ből az S235-be, akkor miért nem jelenik meg ferrit az M1 szövetszerkezetében? Ha visszanézünk a 2. ábrára, nem látunk semennyi ferritet sem az M1 rétegekben. Nem értem, miért tűnnek az M1 rétegek tisztén perlites szövetszerkezetűeknek?