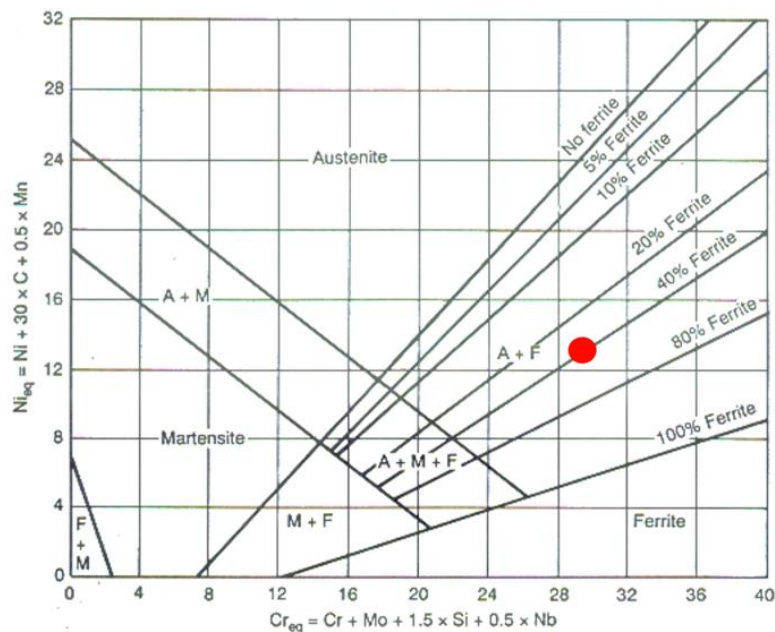


A korrózióálló acélok erősen ötvözött vas alapú ötvözetek, amelyeket számos ipari, illetve háztartási alkalmazásban megtalálunk. A korrózióállóságot minden esetben az ötvözet felületén spontán kialakuló néhány tíz nanométer vastagságú komplex – jellemzően nikkel és króm tartalmú – fénoxid réteg eredményezi, ami sérülés esetén gyorsan újra épül. Ez a felületi passzíváló réteg meggátolja vagy lényegesen lassítja a reagensek diffúzióját, illetve szigetelő tulajdonsága miatt gátolja a töltésátadást a környező korrodáló közeg és az ötvözet felülete között, így csökkentve a kémiai és az elektrokémiai folyamatok sebességét. A korrózióállóság azonban relatív fogalom, adott ötvözet mindig csak bizonyos típusú, meghatározott ionokat tartalmazó és PH-jú közegre vonatkozóan lehet korrózióálló tulajdonságú.

A korrózióálló acélokban számos ötvözőt alkalmaznak. A legfontosabbak a króm, nikkel, molibdén, alumínium, szilícium, kobalt, vanádium, karbon, nitrogén. Az ötvözés célja a korróziós és egyes mechanikai tulajdonságok javítása. Megkülönböztetünk ferrit- és ausztenit képző ötvözőket annak megfelelően, hogy jelenlétük az ötvözet rácsában, a térben középpontos köbös vagy a felületen középpontos köbös fázis stabilitását növeli.

Szövetszerkezetük alapján a korrózióálló acélokat öt alapvető csoportba osztjuk: ferrites, martenzites, ausztenites, duplex és kiválással keményedő acélok. Ezek jelentősen eltérő tulajdonságú ötvözetek ezért alkalmazásuk más-más területen lehet előnyös.



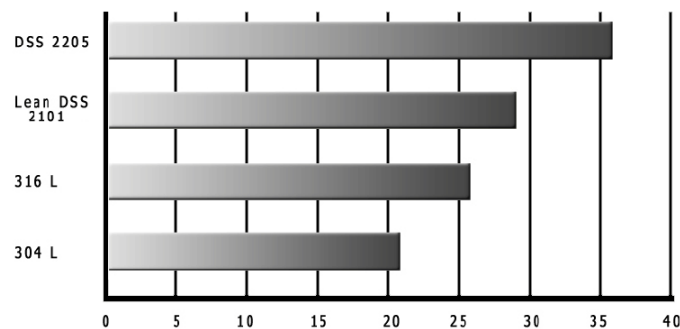
1. ábra Schäffler-Delong diagram. A piros pont a 2507 típusú duplex korrózióálló acél helyét jelzi.

Az ötvözetben lévő ferrit- és ausztenitképző ötvözők aránya határozza meg a létrejövő szövetszerkezetet. A kialakuló szövetszerkezeti variánsokat az ún. Schäffler-diagram (1. ábra) segítségével tekinthetjük át, ami a különböző erősségű ferrit, illetve ausztenit képzők hatását eltérő súlyfaktorokkal veszi figyelembe a Cr és Ni egyenérték számításakor;

Cr egyenérték = %Cr + 2%Si + 1,5%Mo + 5%V + 5,5%Al + 1,75%Nb + 1,5%Ti + 0,75%W,
Ni egyenérték = %Ni + %Co + 0,5%Mn + 30%C + 0,3%Cu + 25%N

Az egyes ötvözetek korrózióállóságának jellemzésére és összehasonlítására gyakran használjuk az ún. Pitting Corrosion Resistance Number (PREN) nevű mérőszámot, ami nevének megfelelően a lyukkorrózióval szembeni ellenálló képességet kifejező, relatív mérőszám. A PREN értékének számítása a 2 ábrán található képlettel történik.

A duplex korrózióálló acélok (DSS) korrózióval szembeni ellenálló képessége lényegesen jobb, mint az ausztenites acéloké, különösen kloridiont tartalmazó környezetben, jellemző PREN értékük 35-40 közötti. További előnyük, hogy folyáshatáruk és szakítószilárdságuk meghaladja mind a ferrites, mind az ausztenites acélokét.



$$PREN = \%Cr + 3,3 \cdot \%Mo + 16 \cdot \%N$$

2. ábra Néhány ismert korrózióálló acél PREN értéke és annak kiszámítási módja.

A duplex korrózióálló acélok szövetszerkezete alapvetően két fázist tartalmaz; ferritet és ausztenitet. A ferrit térben középpontos köbös szerkezetű ferromágneses fázis, míg az ausztenit felületen középpontos köbös, és paramágneses tulajdonságú. Szokásos összetételük: Cr 24-28%, Ni 4-8%, C<0,1% és Mo<2,5%. Az egyéb alkalmazott ötvözők a réz, a titán és a nióbbium lehetnek. A duplex korrózióálló acélokban a magas króm és molibdén tartalom számos vegyületfázis létrejöttét is eredményezheti.

Az egyik legfontosabb vegyület a hőkezelés során létrejövő ún. σ (szigma) fázis, ami nagymértékben ronthatja az ötvözet szívósságát és korrózióállóságát. Ennek kialakulása hőbevitel hatására, 600 °C feletti hőmérsékleten következik be a metastabilis ferrit szekunder ausztenit és szigma fázissá történő eutektikus bomlása során ($\alpha \rightarrow \sigma + \gamma_2$). A szigma fázis tetragonális rácsú, rideg, paramágneses tulajdonságú vegyületfázis, aminek megjelenése alapvetően megváltoztatja a duplex rozsdamentes acélok mechanikai és korrózióállósági tulajdonságait. E fázisátalakulás végbe mehet nagy hőmérsékleten történő üzemeltetés vagy hegesztési hőbevitel hatására lerontva a korrózióállósági és mechanikai tulajdonságokat. Ezért komoly gyakorlati jelentősége van azoknak a roncsolásmentes – elsősorban mágneses – vizsgálatoknak, amelyekkel e folyamat tanulmányozható és nyomon követhető.

A vizsgálandó minták előkészítése

A laboratóriumi gyakorlat során duplex korrózióálló acélban (DSS) a ferrit fázis hőkezelés hatására történő szekunder ausztenitté és szigma fázissá történő bomlását vizsgáljuk az alábbi eljárásokkal:

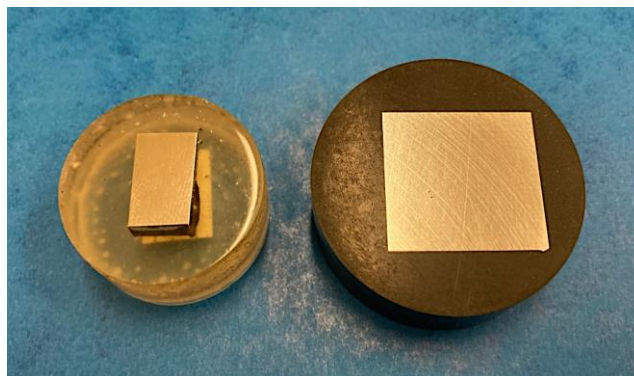
- metallográfiai vizsgálat,
- Vickers-keménység mérés
- a ferrit mennyiségének mágneses mérés segítségével történő meghatározása.

A vizsgálatokat Sandvik gyártmányú SAF 2507 (UNS S32750) típusú acélon végezzük, aminek kémiai összetételét a 1. táblázat mutatja.

1. táblázat A vizsgált SDSS kémiai összetétele.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N
0,015	0,24	0,83	0,023	0,001	24,8	6,89	3,83	0,23	0,27

A szállítási állapotú 6 mm vastagságú lemezanyagból metallográfiai vizsgálatához, keménység méréshez és ferrit tartalom meghatározáshoz mintákat munkáltunk ki (3. ábra).



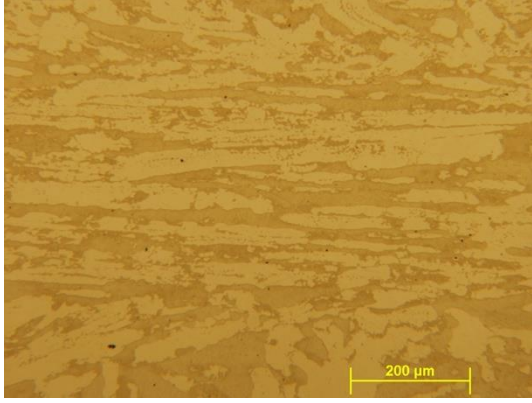
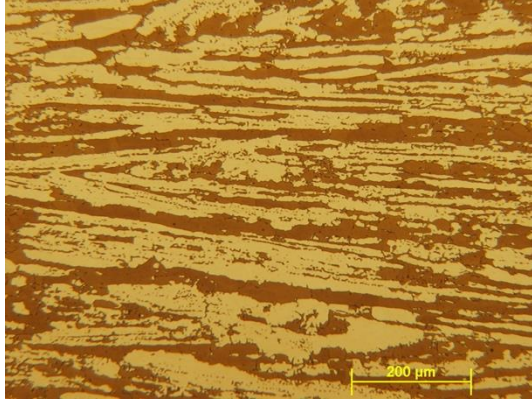
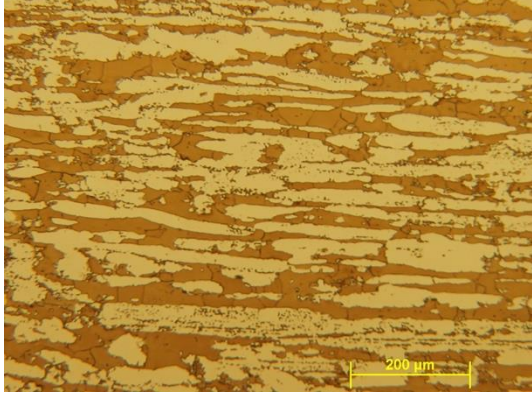
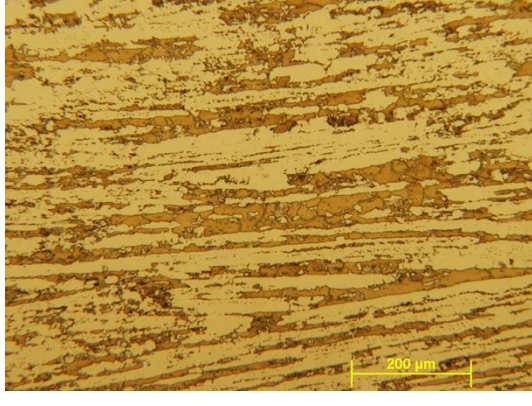
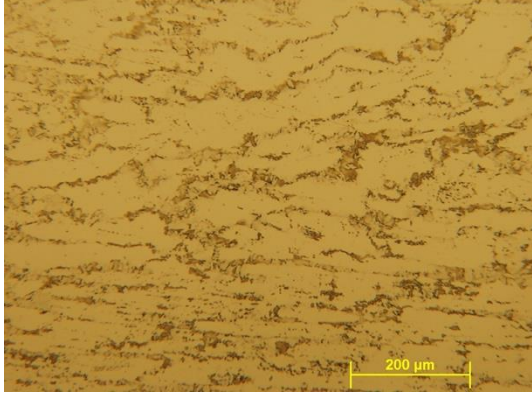
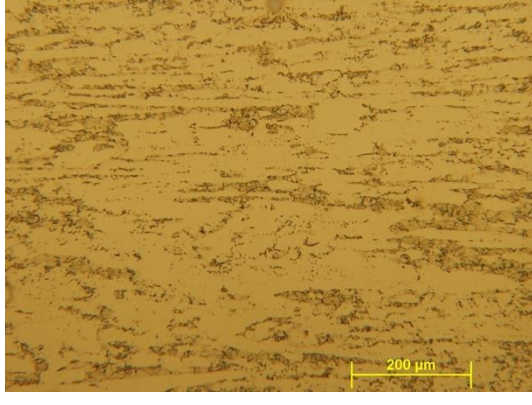
3. ábra A metallográfiai vizsgálatához (bal oldali minta), továbbá a Vickers-keménység méréshez és ferrit tartalom meghatározáshoz (jobb oldali minta) előkészített minták. **A metallográfiai vizsgálatához készült minták felületét ne érintsük meg!**

A mintákat izotermikus, egységesen 800 °C hőmérsékletű eltérő idejű hőkezelésnek vetettük alá, amit követően azok szabad levegőn hűltek. A minták hűntartásának időtartamát perc egységben a 2. táblázat tartalmazza. Az előkészített minták hátoldalán feltüntetett számozás megegyezik a hőkezelés időtartamával.

2. táblázat A minták hőkezelési ideje percben kifejezve.

0	5	10	15	20	25	35	45	55	65	70	75	85	95	120
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

A vizsgált minták mindegyikéről hosszirányú metallográfiai csiszolatokat készítettünk. A 4. ábrán megfigyelhetjük a szövetszerkezet változását a hőkezelés folyamat során.

	
<p>„0” Eredeti állapot Sötét fázis: ferrit, világos fázis ausztenit. Hengerelt lemez, a szemcsék elnyújtottak, képlékenyen alakított szövet.</p>	<p>10 perc A szövetszerkezet látható mértékben még nem változott.</p>
	
<p>25 perc A ferrit fázis aprózódása látható.</p>	<p>55 perc A ferrit fázis további aprózódása és mennyiségének csökkenése látható.</p>
	
<p>85 perc A ferrit fázis mennyiségének jelentős csökkenése, az ausztenit mennyiségének növekedése látható.</p>	<p>95 perc A ferrit fázis mennyiségének jelentős csökkenése, az ausztenit mennyiségének növekedése látható. A szövetszerkezet a 85 perces állapothoz képest már alig változik.</p>

4. ábra 2507 duplex korrózióálló acél minta szövetszerkezetének változása a 800 °C hőmérsékletű izotermikus hőkezelés során.

A metallográfiai maratás ún. Beraha-féle marószerszomben (100ml H₂O, 20ml HCl, 1g káliummetabiszulfid) történt. Ez a marószerszo elszínezi a ferritet, az ausztenit szemcsék felülete azonban fényes marad, aminek következtében a ferrit szemcsék sötétebbnek látszanak a szövetekepeken.

Vickers keménység mérési eljárás

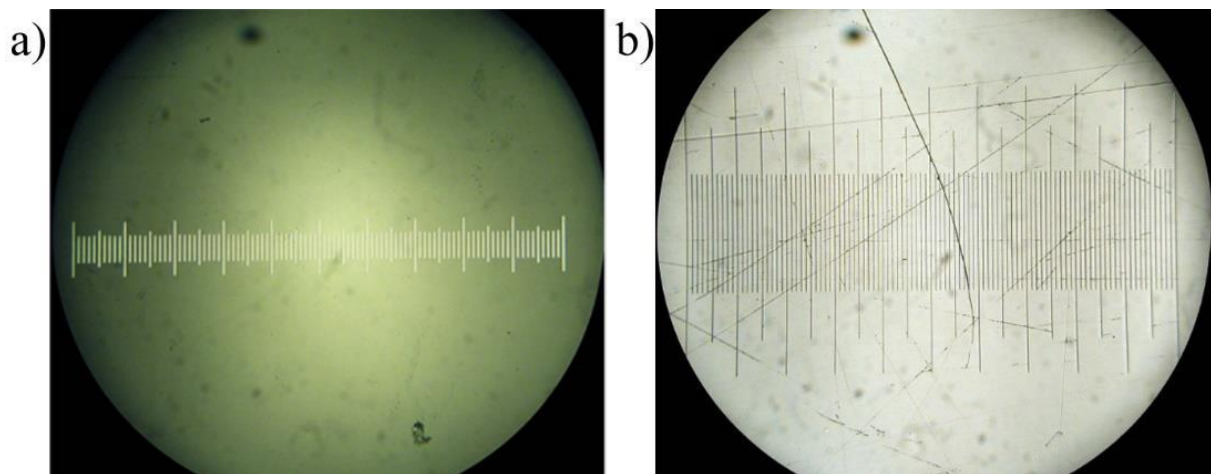
A Vickers-eljárásnál alkalmazott szúrószerszóm egy gyémántgúla, aminek lapszöge 136°-os. A keménység mérőszámát a lenyomat átlóinak hosszúságából számítjuk. A Vickers-keménység számszerű értékét a következő összefüggés adja:

$$HV = \frac{0,102 F}{A} = 0,189 \frac{F}{d^2}$$

ahol F - terhelő erő (N), A -lenyomat felület (mm²), d - a lenyomat átlóinak átlaga (mm).

A mikroszkóp okulárskálájának hitelesítése

Az okulárskála hitelesítésére általában kétféle etalon (más néven: tárgymikrométer, kalibrációs tárgylemez) áll rendelkezésre. Az egyik üveglapra készül és a mikroszkópi megvilágításban fehér skálát szolgáltat (5.a ábra). A képen jól láthatók a 0,01 mm (10 μm) nagyságú egységek mellett az ötszázadonként és a tizedenként elhelyezkedő osztások is. A mérésnél az 0,01 mm osztások között becsült értékek nagyságrendje μm. A szokásos másik megoldásként készülő etalon fém alapon található és a mikroszkópi megvilágításban fekete vonalakkal jelenik meg (5.b ábra).



5. ábra. a) A „fehér osztású” üveg tárgymikrométer mikroszkópi képe, b) A „fekete osztású” fém tárgymikrométer mikroszkópi képe.

Mindkét etalon alkalmazásának az a célja, hogy a mikroszkópi vizsgálat során az adott vagy beállított nagyítással vizsgált tárgy méreteiről a vizsgálatot végző személy megfelelő pontos információval rendelkezzen. Az etalonok (tárgymikrométerek) alkalmazásának előnye, hogy bármely mikroszkópon és bármely nagyítás esetén alkalmazhatók, attól függetlenül, hogy az egyes mikroszkópok vizsgáló rendszerei egymástól általában eltérők.

FERITSCOPE FMP30

A FERITSCOPE FMP30 egy mágneses elvű mérőkészülék, ami a vizsgált mintában található ferrit fázis mennyiségének százalékos meghatározására szolgál.

A műszer egy mérőkészülékből és a hozzá csatlakoztatható szondából áll. A mérés előtt kalibráció szükséges a Fischer gyártmányú etalon soron.

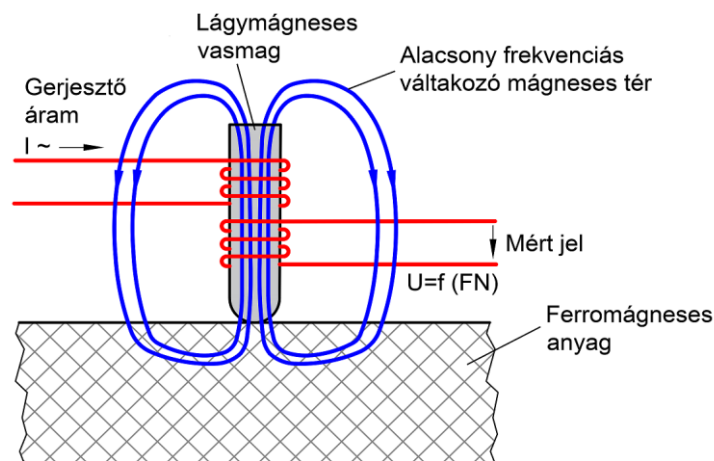
A szonda mintára helyezését követően a mérőkészülék azonnal és közvetlenül kijelzi a mért ferrittartalmat, így nincs szükség további átszámításra. A készülék különösen hasznos olyan esetekben, amikor ferrittartalom gyors meghatározása szükséges.

A készülék a ferrittartalmat a kezdeti permeabilitás értékéből származtatja. A kezdeti permeabilitás a normál mágnesezési görbe origóba húzott érintőjének meredekségéből származtatható az alábbi módon.

$$\mu_i = \frac{1}{\mu_0} \frac{\delta B}{\delta H}$$

Ahol: μ_i a kezdeti permeabilitás, μ_0 a vákuum permeabilitása ($4\pi 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$), $\frac{\partial B}{\partial H}$ a normál mágnesezési görbe origóbeli meredeksége

A FERITSCOPE működési elvét a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra A FERITSCOPE mérőszondájának vázlata és a mérés elve.

A mérőszondában két tekercs található; egy gerjesztő tekercs és egy detektor tekercs. A gerjesztő tekercsen átfolyó 168 Hz frekvenciájú váltakozó áram hatására váltakozó mágneses tér jön létre a tekercs körül. Ha a detektort ferromágneses anyag felületére helyezünk, akkor az anyagban kialakuló örvényáram mágneses tere feszültséget indukál a detektor tekercsben. Mivel a vizsgált minta permeabilitása befolyásolja a kialakuló örvényáramok erősségét, így a detektor tekercsben indukálódó feszültség értékéből lehetőség van az anyagban lévő ferromágneses fázisok mennyiségének meghatározására.

A vizsgálati feladatok

A laborgyakorlat során a 2507 típusú korrózióálló acélban hőkezelés hatására történő ferrit bomlási folyamatnak a keménységre, a ferrit fázis mennyiségére és a szövetszerkezetre gyakorolt hatását vizsgáljuk.

1. Kapcsoljuk be az asztalokon található fémmikroszkópokat. Állítsuk be a 25x nagyítású objektív lencsét.
2. Tárgymikrométer segítségével kalibráljuk a mikroszkópok okulár skáláját. Azaz határozzuk meg, hogy az okulár skála egy osztása hány mikrométer távolságnak felel meg. Az okulárskála hitelesítése azzal kezdődik, hogy az adott nagyításban az okulár lencsébe nézve a tárgyasztal mozgásával megkeressük a tárgymikrométer képét. Az okulárlencse forgatásával és a tárgyasztal mozgásával az okulárskála és a tárgymikrométer skálát egymással fedésbe hozzuk. A tárgyasztal mozgásával az okulárskála egyik szélét a tárgymikrométer legközelebb eső osztásával fedésbe hozzuk, majd leszámoljuk, hogy az okulárskálára az egyik végétől a másik végéig hány tárgymikrométer osztást esik. (Lehetőleg mindig a teljes okulárskála hosszt célszerű vizsgálni, mert a hossz mérés hibája annál kisebb, minél nagyobb a hossz mérés bázistávolsága.)
3. Keressük meg a fekete gyantába ágyazott minták felületén a Vickers-keménységmérő három lenyomatát. (Minden mintán öt lenyomat található, amit a szúrószerszám 10 kg terheléssel hozott létre.) Mérjük meg a lenyomatok átlóit és a HV10 kiszámított értékeit jegyezzük fel a jegyzőkönyvbe. ($HV10 = 18,54/d^2$, ahol d^2 a lenyomat átlóinak átlaga mm-ben.)
4. Mérjük meg a fekete gyantába ágyazott minták ferrit tartalmát a FERITSCOPE műszer használatával és ábrázoljuk azokat a jegyzőkönyv koordináta rendszerében
5. Tanulmányozzuk a minták szövetszerkezetét a fémmikroszkóp segítségével. Figyeljük meg, hogy a ferrit bomlási folyamata során a primer ausztenit fázis mennyisége nem változik azonban az eredetileg homogén ferrit két fázisra (szigma és szekunder ausztenit) bomlik.
6. Számoljuk ki a minták Vickers-keménység értékeit és ábrázoljuk azokat a jegyzőkönyv koordináta rendszerében.
7. Foglalja össze a keménységmérés, a ferrit tartalom mérés és a metallográfiai vizsgálat eredményeit szövegesen! Értékelje a kapott eredményeket!