

Zárványosság vizsgálata egyszikrás technikával (Zárványok 3.rész) Analysis of inclusions by single spark technique

Márfy János, Pallósi József, Bocz András

Kulcsszavak: acéltisztaság, zárványok, PDA-OES

Keywords: steel cleanness, inclusions, PDA-OES

Összefoglalás

Az acélok tisztaságának, zárványosságának jellemzésére számos analitikai módszert alkalmaznak. Közös bennük, hogy időigényes előkészítést igényelnek, így nem lehetséges az acélgyártás folyamatába való gyors beavatkozás. Az elmúlt egy évtizedben a szikragerjesztésű optikai emissziós spektrométerekben végbement fejlődésnek köszönhetően azonban egy merőben új eljárás kínálkozik, melynek egyik legfőbb előnye a gyorsasága. A fémminták kémiai összetételének meghatározásával egy időben ad információt a zárványosságról is. Az egyszikrás technika (PDA-OES) alkalmazása során a mintát alkotó egyes elemekről egy intenzitás-sorozatot kapunk. Statisztikai vizsgálataink során kiderült, hogy ezek az intenzitás-sokaságok, a megfelelő matematikai statisztikai módszerekkel kezelve, alkalmasak a zárványok azonosítására, az acélok tisztaságának pontos és rutinszerű jellemzésére.

Summary

There are numerous analytical methods dealing with the characterization of the steel cleanness. They have in common that they need a long time sample preparation hindered the quick modification of liquid steels. According to the realized developments of spark excited optical emission spectrometers in the last decade it is allowed of applying a new measurement technique. Its main advantage is the fast analysis. During the determination of the chemical composition of the sample we receive informations on the inclusions too. Applying this single spark technique (PDA-OES: pulse discrimination analysis by optical emission spectrometry) we obtain a set of intensity of each compound element. Our statistical investigation revealed these sets treated with the proper statistical methods are able to quantify and characterize the cleanness of steel as well as to detect the inclusions correctly and routinely.

1. Bevezetés

Az acéltermékek felhasználói egyre jobb minőségű és tisztább acélok előállítását igénylik. Az acél tisztaságát annak gáz- és zárványtartalmával, a zárványok nagyságával, alakjával és kémiai összetételével jellemezzük. Az acélban található zárványok rontják az önthetőséget, a hengerelt lemezek felületi felszakadását okozzák és felelősek az acélok mechanikai anizotrópiájának kialakulásáért [1].

A zárványok zömét a dezoxidációból származó ún. belső eredetű zárványok teszik ki. A leggyakrabban használt technológiákban az alumínium a meghatározó dezoxidáns, így az alumíniummal csillapított acélok alumínium-oxid zárványokkal terhelték [2].

A zárványok kémiai összetételének szabályozására legalkalmasabbnak a földfémeket találták. Ezek közül a gyakorlatban a kalcium terjedt el leginkább.

Ezen dolgozat keretein belül az acélok zárványtartalmának és a zárványok összetételének meghatározására egy, az eddigi gyakorlattól merőben más módszert kínálunk.

A zárványosság alatt különböző, a zárványok méretére, mennyiségére jellemző paramétereket lehet definiálni [3]. A továbbiakban a zárványossági index alatt olyan statisztikai eljárással meghatározható paramétert értünk, mely szoros kapcsolatban áll az acélban lévő adott összetételű zárványok mennyiségével. A zárványosság mérésére több lehetőség kínálkozik, de közös bennük a velük szemben támasztott igény: a zárványosság gyors, költségkímélő meghatározása, mely külön minta előkészítést nem igényel. A zárványosság gyors meghatározása lehetőséget teremt az adagvezetés közben tartására, az űstmetallurgiai eljárásokba való rutinszerű beavatkozásra.

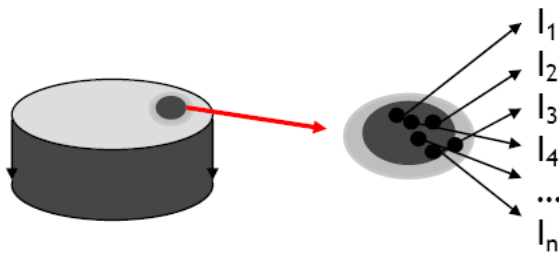
2. Zárványosság mérése

A zárványosság rutinszerű mérésére azon szikrakisüléses optikai emissziós spektrométerek látszanak a legalkalmasabbnak, melyek az ún. egyszikrás technikán alapuló analitikai programmal rendelkeznek. Ezen programmal végzett mérések előnye a „klasszikus” spektrometriai mérésekkel szemben abban rejlik, hogy az egyedi szikrákból származó jelek, a nyers intenzitás adatok kerülnek

2.1. Egyszikrás technika

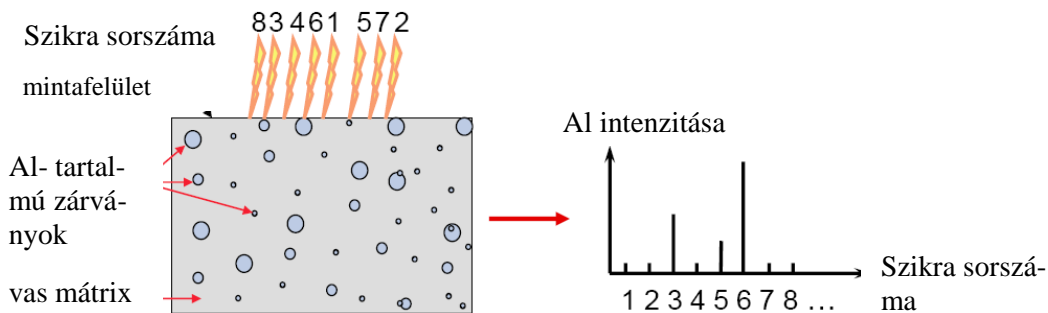
A zárványosság rutinszerű mérésére azon szikrakisüléses optikai emissziós spektrométerek látszanak a legalkalmasabbnak, melyek az ún. egyszikrás technikán alapuló analitikai programmal rendelkeznek. Ezen programmal végzett mérések előnye a „klasszikus” spektrometriai mérésekkel szemben abban rejlik, hogy az egyedi szikrákból származó jelek, a nyers intenzitás adatok kerülnek

letárolásra (1. ábra), így az egyedi szikrák adatai utólag is hozzáférhetők, mely a statisztikai vizsgálatok lehetőségét kínálja.



1. ábra A mintába becsapódó egyedi szikrákból származó intenzitásértékek.

Az egyedi intenzitásértékek a minta azon területeinek összetételére jellemző, ahova a szikra becsapott. Ha egy adott elem koncentrációja lokálisan magasabb, akkor az erre a területre becsapódott szikrából származó intenzitásérték az átlagnál magasabb. Például az Al- tartalmú zárvány (pl. Al₂O₃) esetében az alumínium koncentrációja sokkal nagyobb a zárványban mint a vas mátrixban lévő ún. fémes (nem oxidos) alumínium esetében, ami azt eredményezi, hogy az Al csatornáján érkező jelek között lesznek kiugróan magas értékek (2. ábra). Vizsgálatainkat a Thermo ARL optikai emissziós spektrométer Spark-DAT (Spark Data Acquisition & Treatment) programján alapuló analitikai programjával végeztük. Ennek alkalmazása során 32 csatorna (elem) 2000 egyedi szikrájának intenzitásértékei kerülnek kiértékelésre.



2. ábra A zárványosság meghatározásának elve egyszikrás technikával

3. Zárványosság vizsgálata statisztikai módszerekkel

Hogy a Spark-DAT analitikai program a mintába becsapó mintegy 2000 szikra nyers intenzitásadatait eltárolja, lehetőséget nyújt az adatok statisztikai vizsgálatára. Ebben a fejezetben rávilágítunk a statisztikai vizsgálatok szükségességére.

Tekintsük egy, csak oldott¹ formában jelen lévő elem szikra sorszám – intenzitás diagramját. Ez utóbbi alatt a szikraszám-intenzitás koordináta-rendszerben ábrázolt egyedi szikrák grafikus megjelenítését értjük (3. ábra). A teljesen oldott állapotban lévő elem szikra sorszám – intenzitás diagramját szemlélve jól látható, hogy az intenzitásértékek egy jól meghatározott átlagérték körül fluktuálnak, független, azonos eloszlású valószínűségi változók. Könnyen belátható, hogy az ilyen, azaz csak oldott formában jelen levő elemek intenzitásértékei normális (Gauss-) eloszlást követnek. Elegendő csak arra gondolnunk, hogy

egy adott szikrából származó intenzitásérték sok azonos eloszlású független hatás (változó) egymásra hatásaként (összegeként) alakul ki. A matematikai statisztika egyik alaptétele, a központi határeloszlás-tétel értelmében a független valószínűségi változók összege, mint új valószínűségi változó aszimptotikusan normális eloszlású. A következő fejezetben erre még visszatérünk.

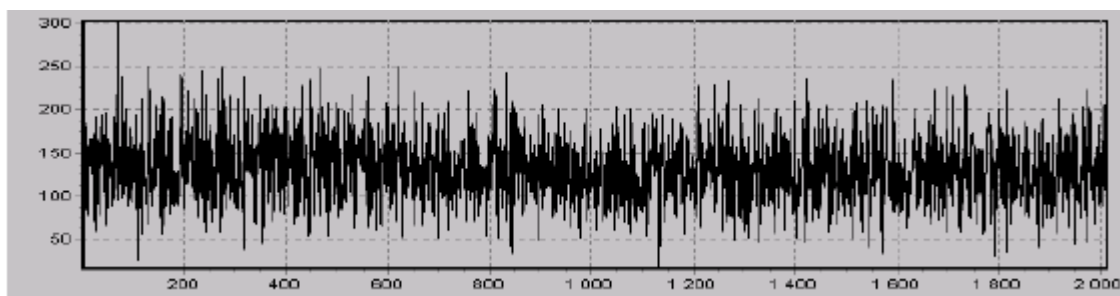
Más a helyzet az olyan elemek esetében, melyek az oldható összetevőn kívül nem oldható (oxidos, szulfidos stb.) komponenssel is rendelkeznek (4. ábra). Az eloszlás már nem lesz homogén a zárványoknak köszönhetően. Az eloszlás aszimmetrikussá válik, a magasabb intenzitásoknál exponenciálisnál lassabban lecsengő résszel rendelkezik. Az intenzitás eloszlása most két részből tevődik össze: a fémes rész szimmetrikus, Gauss- eloszlásának és a zárványos rész aszimmetrikus eloszlásának összegéből. Hogy az intenzitásértékek eloszlása aszimmetrikus, azaz a magasabb intenzitásértékeknél az eloszlásfüggvény lassabban cseng le mint az alacsonyoknál, 108 minta, azaz mintegy 200 ezer intenzitásérték statisztikai vizsgálata igazolja.

Tekintsük a 4. ábrát. Az alapvonal (az intenzitás „háttere”) arányos az adott elem fémes részének

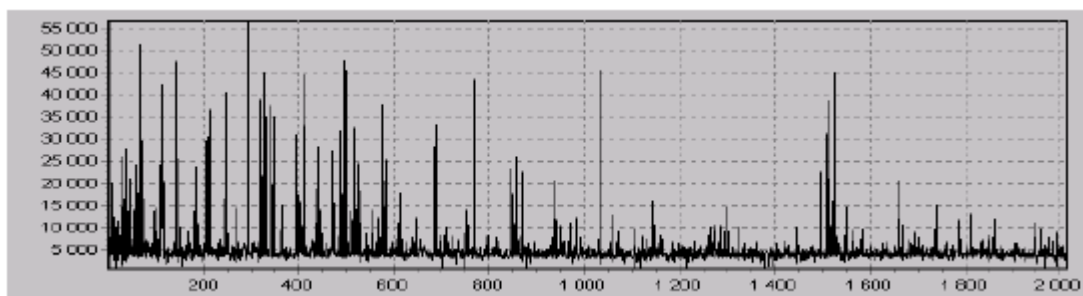
¹ Egy elem oldott vagy fémes komponensén az adott elemnek azt a részét értjük, mely egyenletesen oszlik el a mátrixban. Fémes komponense lehet nem fémnek is (pl. kénnek)! A későbbiekben gyakran használjuk mindkét elnevezést.

mennyiségével (koncentrációjával), míg a csúcsok nagysága a zárványokban lévő elem koncentrációjával. A csúcsok száma pedig arányos az adott elemet tartalmazó zárványok számával. Ezt a számot nevezzük a továbbiakban zárványossági indexnek. Rögtön felmerül egy fontos kérdés. Mi az a küszöbérték, aminél nagyobb intenzitásértékekre már nagy bizonyossággal kijelenthetjük, hogy a szikra zárványba csapott? Világos, hogy ha

túl kicsinek választjuk, akkor bár nagyobb zárványossági számot kapunk, viszont elkerülhetetlenül benne foglaltatik a háttér, mint zaj. Ha túl nagyok választjuk a küszöbértéket, akkor a zárványossági index kevésbé lesz érzékeny. Továbbá valószínű, hogy a különböző elemekre ez a küszöbérték az adott elem koncentrációjától függően más és más.



3. ábra Egy, csak fémes formában jelen lévő elem szikra sorszám-intenzitás diagramja. Az intenzitás mértékegysége cps.



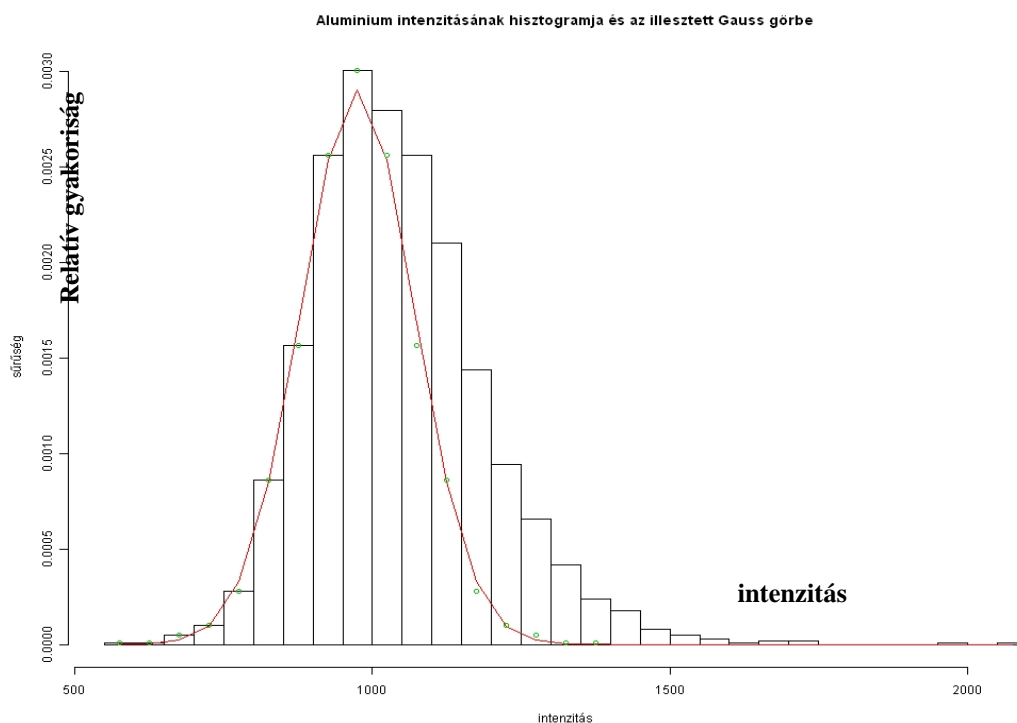
4. ábra Egy fémes és zárványos komponens is tartalmazó elem szikra sorszám-intenzitás diagramja. Az intenzitás mértékegysége cps.

Ezen fejezet zárásaként megjegyezzük, hogy több csatorna (elem) együttes korrelációjának vizsgálatával könnyen azonosíthatók a több elemet tartalmazó zárványok. Például ha az alumínium és az oxigén csatornán érkező jelek egyszerre haladják meg a hozzájuk tartozó küszöbértéket, akkor azt mondhatjuk, hogy a szikra egy Al_2O_3 zárványba csapott. Jelen dolgozat célja ezen küszöbértékek meghatározása az üstmetallurgia szempontjából fontos elemekre.

3.1. Fémes és nem fémes komponens meghatározása

Mint azt az előző fejezetben említettük, egy adott elem fémes részéből származó intenzitásadatok normális eloszlást követnek. Feladatunk tehát,

hogy az adott elem intenzitásának eloszlásából (hisztogramjából) előállítsuk a fémes részre jellemző Gauss- eloszlást. A fémes rész koncentrációja a Gauss-eloszlás várható értékével arányos. A fémes összetevő Gauss- eloszlását úgy kaphatjuk vissza az eredeti eloszlásfüggvényből, hogy megkeressük az eloszlás maximumhelyét (ez lesz a Gauss- eloszlás várható értéke), majd pedig az ennél kisebb intenzitásértékekre a legkisebb négyzetek módszerével Gauss- görbét illesztünk. Az eredeti és a Gauss- eloszlás közti különbség a zárványok jelenlétéből fakad és a nem fémes komponens mennyiségével arányos. A 5. ábrán egy kalciummal kezelt adag végpróbájából származó alumínium intenzitásának eloszlása és a fentebb vázolt Gauss- illesztés eredménye látható.



5. ábra Az alumínium intenzitásának eloszlása egy kalciummal kezelt adag végpróbájában. A folytonos vonal a pontokra illesztett Gauss- görbét jelöli.

3.1.1. Oldható alumínium

Az előző fejezetben ismertettük az egyszikrás technika és az intenzitásértékek statisztikai vizsgálatának kombinációjával megalkotott, egy adott elem oldható (fémes) összetevőjének meghatározására szolgáló új analitikai módszert. Eszerint az adott elem oldható komponensének mennyiségi meghatározásához az intenzitásértékek histogramjából elő kell állítanunk a Gauss-eloszlást. Ebben a fejezetben az acélgártás szempontjából kitüntetett szereppel rendelkező alumíniumra mutatjuk be az eljárást, mivel az oldható/nem oldható alumíniumra vannak nemzetközi etalonjaink, így könnyen igazolhatjuk módszerünk létjogosultságát.

Az oldható alumínium mennyiségét meghatározó másik, jelenleg is alkalmazott módszere, az egyszikrás technikától teljesen független TRS (Time Resolved Spectroscopy), más néven „időablakos” technika.

Az oldott alumínium mennyiségének meghatározásához, először kalibrálnunk kell az egyszikrás technikával meghatározott intenzitásértékek átlagát az etalonok össz-alumínium koncentrációjával. 15 alumínium tartalmú etalonon, az egyszikrás technikával végzett mérésekből származó intenzitásértékek átlagai és a műbizonylati értékek alapján a lineáris regresszió felhasználásával a kalibráló egyenes (6. ábra)

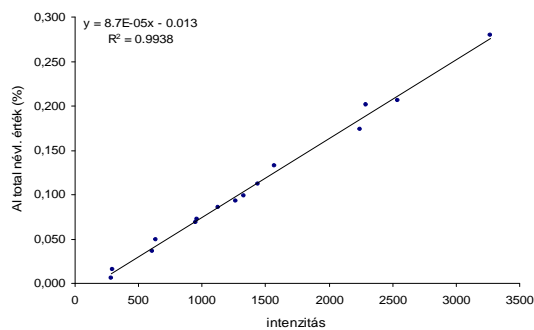
$$c_{névl} = a_1 \bar{I} + a_0$$

paraméterei: $a_1 = (8.7 \pm 0.2) \cdot 10^{-5}$,
 $a_0 = (-1.3 \pm 0.3) \cdot 10^{-3}$. Itt \bar{I} - vel az intenzitások átlagát, $c_{névl}$ - vel a teljes alumínium koncentrációjának műbizonylati értékét jelöltük.

Következő lépésben minden etalon esetében az előző fejezetben közölt statisztikai módszerrel (Gauss-eloszlás illesztése, stb.) meghatározzuk a Gauss-csúcs helyét. Ez az oldható alumínium koncentrációjával arányos. A (1) kalibráció alapján pedig egyszerűen meghatározhatjuk a fémes alumínium koncentrációját: egyszerűen be kell helyettesíteni a Gauss- csúcs helyének értékét. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze, majd ábráztuk a számított és a műbizonylati értékek kapcsolatát (7. ábra). Megállapíthatjuk, hogy az egyszikrás technika által legalább annyira pontos értékeket kapunk az oldható alumínium koncentrációjára, mint a TRS- technikával.

Ezen új módszerrel meghatározható más elem oldható és nem oldható összetevőjének mennyisége is, természetesen ahol egyáltalán van értelme fémes komponensről beszélni. Az üstmetallurgiai kezelések során használt másik fontos elem a kalcium. Kalciumra a korábbi módszerek azért nem alkalmazhatók, mert nincsenek nemzetközi etalonjaink az oldható kalciumra. Vegyük észre azonban, hogy az egyszikrás technika esetében erre nincs is szükségünk! (4)-ből is látható, hogy csak a teljes kalcium koncentrációra kell kalibrál-

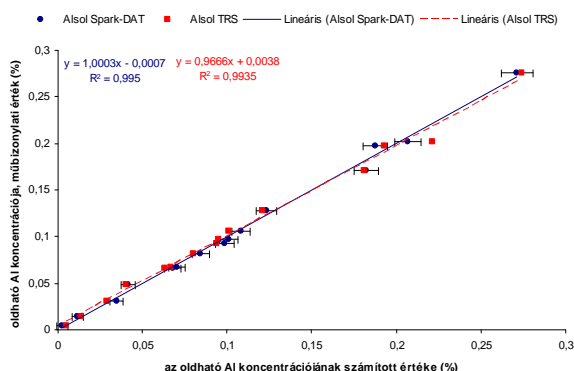
nunk, erre pedig vannak etalonjaink. Az eljárás teljesen analóg az alumíniumra kidolgozott módszerrel, ezért a részleteket nem közöljük. Jelenleg tehát az acél legfontosabb alkotóinak megadásán kívül (C, P, Si, Mn, S, N, O, Al, Ca, stb.) már képesek vagyunk az oldható/nem oldható alumínium és kalcium koncentrációjának meghatározására is.



6. ábra A teljes alumínium koncentrációjára vonatkozó kalibráció az etalonok alapján.

etalon	intenzitás átlaga	Gauss- csúcs	teljes Al névl. (%)	oldott Al névl. (%)	oldott Al (Spark-DAT) (%)	oldott Al (TRS) (%)
HS 15749	635	623	0,050	0,048	0,040 (0,004)	0,035
BS CA-3	1310	1274	0,093	0,093	0,098 (0,005)	0,087
HS 11703/1	284	183	0,006	0,004	0,002 (0,002)	0,001
HS 11703/2	607	547	0,036	0,031	0,034 (0,004)	0,024
HS 11703/3	965	957	0,072	0,067	0,070 (0,005)	0,061
HS 11703/4	1326	1306	0,099	0,097	0,101 (0,005)	0,088
HS 11703/5	2247	2229	0,174	0,171	0,182 (0,007)	0,171
HS 11703/6	2544	2510	0,206	0,202	0,206 (0,007)	0,210
181 A	291	286	0,016	0,014	0,011 (0,004)	0,010
2181	949	924	0,069	0,066	0,067 (0,005)	0,057
2182	1439	1386	0,112	0,106	0,108 (0,006)	0,094
2183	1570	1555	0,132	0,128	0,122 (0,006)	0,113
2184	1129	1115	0,086	0,082	0,084 (0,005)	0,074
2185	2294	2291	0,201	0,197	0,187 (0,007)	0,183
2186	3265	3245	0,279	0,276	0,271 (0,009)	0,261

1. **táblázat** Az alumínium tartalmú etalonokon végzett mérések és vizsgálatok összesítése: az egyszikrás technika által kapott intenzitások átlaga, az illesztéssel meghatározható Gauss-csúcs, az ebből meghatározható oldott alumínium tartalom (oldott Al Spark-DAT), a TRS módszerrel kapott oldott alumínium tartalom, valamint az etalonok műbizonylati értékei. Zárójelben a hiba van feltüntetve.



7. ábra A Spark-DAT- (egyszikrás technika) és a TRS módszerrel (időablakos technika) kapott oldott alumínium koncentrációja (Alsol) az Al- etalonok esetén, és az illesztett egyenesek. A két eljárás közel azonos értéket ad a koncentrációra.

Az oldható alumínium mennyiségi meghatározásának példáján keresztül, a nemzetközi etalonok-

kal való összevetés által bizonyítottuk, hogy a módszer alkalmas az oldható alumínium, és más elemek oldható komponensének meghatározására. A módszer így mind matematikailag mind fizikailag megalapozottnak tekinthető, s továbbfejlesztésre érdemes. Ezen a szálon továbbhaladva a következő fejezetekben megmutatjuk, hogyan terjeszthető ki az elmélet a zárányosság jellemzésére.

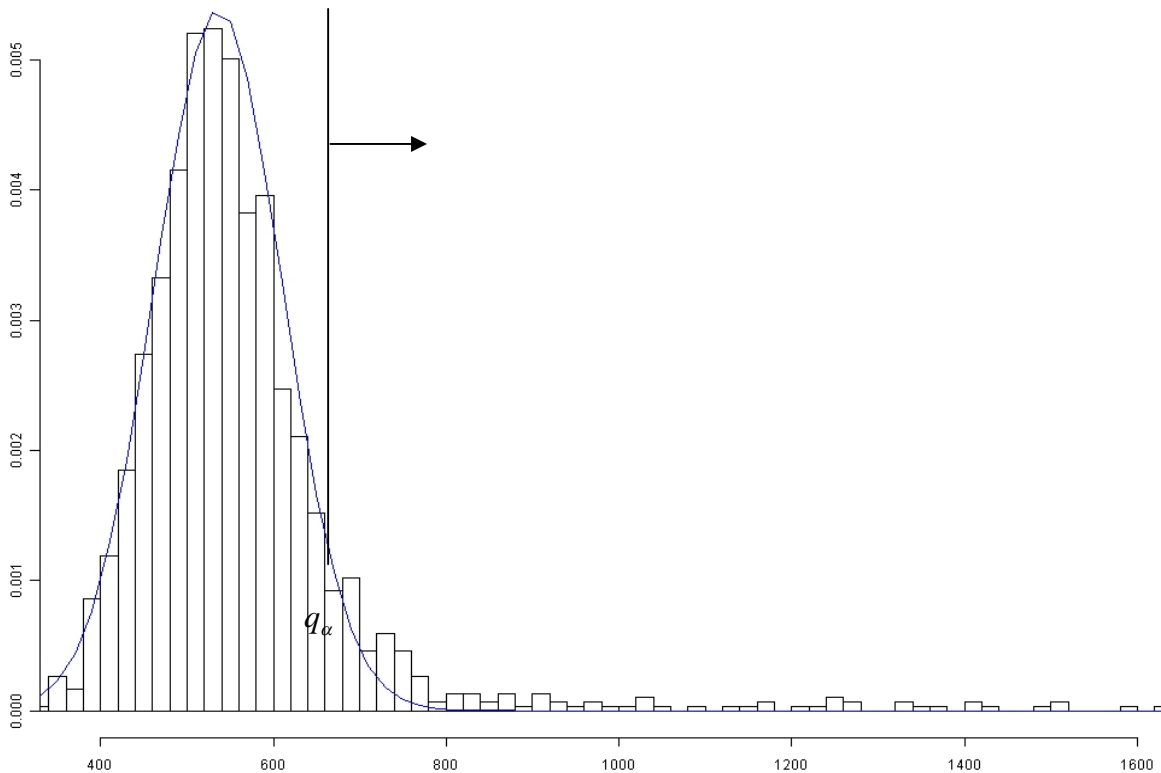
3.3. Zárányossági index

Az előző fejezetek alapján most már könnyen definiálhatjuk a különböző elemek zárányossági indexét, azt a paramétert mely leginkább jellemzi a zárányosságot. A nem fémes komponens zárányokba tömörül, ún. zárányfelhőket képez. Az oldható részből származó intenzitások Gauss-eloszlást követnek, mely eloszlás meghatározásának technikáját az előző fejezetekben tárgyaltuk.

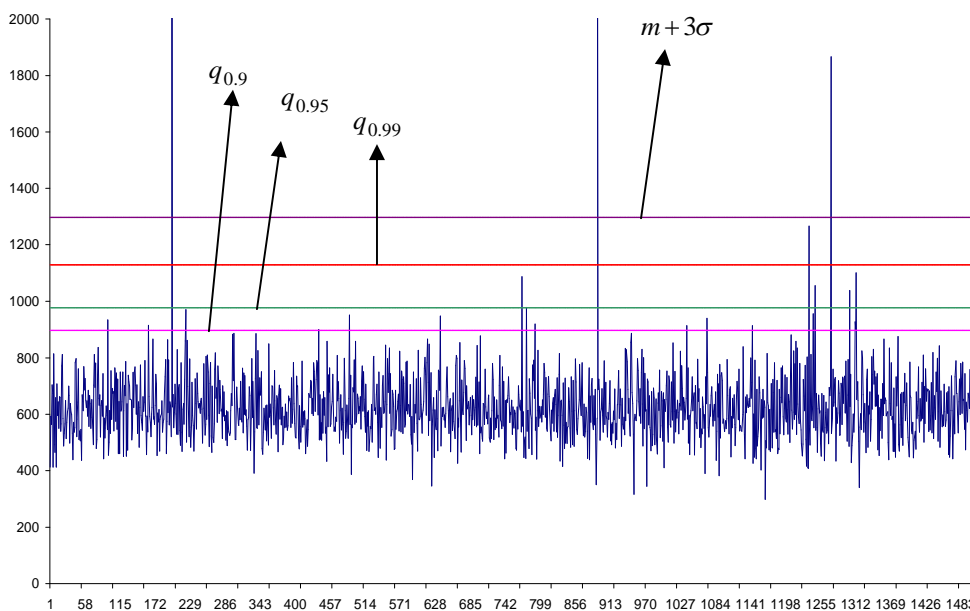
Ezen Gauss- eloszlás α kvartilisénél, q_α - nál nagyobb intenzitásértékek esetén 100α % biztonsággal állíthatjuk, hogy a szikra zárványba csapott, és $100(1-\alpha)$ % hibát követünk el (8.ábra). Ezen q_α értéknél nagyobb intenzitásértékek számát összeszámoljuk. Ezt a számot nevezzük a továbbiakban zárványossági indexnek. α rögzítésénél óvatosan kell eljárunk, hiszen egyszerre kell csökkenteni a hibát (növelni α -t) és növelni a zárványossági számot (csökkenteni α - t) (9. ábra). α - t szignifikancia szintnek nevezzük.

Egyezményesen elfogadott szintek a 0.9, 0.95, 0.99. Mi az $\alpha = 0.99$ - es szint mellett döntöttünk.

Most, hogy már megadtuk a zárványossági küszöbértékeket a legfontosabb elemekre, már nem csak azt tudjuk megbecsülni, hogy adott elemet tartalmazó zárványból mennyi található a mintában, hanem adott összetételű zárványok számát is meg tudjuk becsülni. Két csatorna (elem) korrelációjának vizsgálatával két-, három- vagy akár négykomponensű zárványokat detektálhatunk. Ha például mind az alumínium, mind az oxigén csatornáján az adott szikra intenzitása meghaladja az elemhez definiált küszöbértéket, akkor joggal állíthatjuk, hogy a szikra Al és O tartalmú zárványba csapott.



8. ábra A 11703/2 Al- tartalmú etalon Al csatornáján érkező intenzitásértékek eloszlása és az oldott (fémes) komponens Gauss eloszlása (folytonos vonal). q_α a Gauss- eloszlás α kvartilise: ennél nagyobb intenzitásértékek 100α % biztonsággal zárványokból származnak.



9. ábra A 11703/2 Al- tartalmú etalon szikra sorszám-intenzitás diagramja (kék vonal) és a q_α értékek $\alpha = 0.9, 0.95, 0.99$ esetén. Tájékoztatóként feltüntetjük a gyakran használt $m+3\sigma$ értéket is, ahol m az intenzitások átlaga, σ azok szórása.

3.4. Zárványossági index a gyakorlatban

Az előző fejezetekben tárgyalt új analitikai módszerrel a mintában lévő zárványok különböző típusai detektálhatók. Ezen túlmenően már nem csak kvalitatív képet tudunk adni a minta zárványosságát illetően, hanem kvantitatívakat is. A zárványszámok (zárványossági indexek) felhasználásával olyan, a technológia számára fontos paramétereket tudunk előállítani, melyek segítik az acélgyártás folyamatainak irányítását.

Maga a zárványossági index a gyakorlatban még nem használható, de a belőjük alkotott arány már alkalmas lehet a technológiai folyamat irányítására. Így többek között a kalciumos kezelés hatékonyságát jellemzi, és az önthetőséget befolyásolja az

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}} \text{ [mol/mol]},$$

arány. Az alumínát zárványok CaO tartalma a Ca adagolásával párhuzamosan növekszik. Az acélba adagolt Ca hatására lejátszódású reakciók egymás melletti lejátszódását úgy kell irányítani, és annyi Ca-ot kell az acélhoz adagolni, hogy a kezelés végén ez az arány az

$$0.29 < \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}} < 0.44 \text{ [mol/mol]} \quad (3)$$

intervallumba essen. Ekkor ugyanis az öntés hőmérsékletén (~1400°C) a kalcium-alumínát folyékony halmazállapotú. Ezt az arányt a zárványossági indexekkel egyszerűen becsülhetjük

$$Z = \frac{\text{AlO} \cdot M_1}{\text{AlO} \cdot M_1 + \text{CaO} \cdot M_2} \text{ [mol/mol]},$$

ahol $M_1 = 102$, $M_2 = 56$ az alumínium-oxid illetőleg a kalcium-oxid molekulaszáma.

Egy másik paraméter, mely segítheti a technológiai folyamatok koordinálását, azon alumínium-oxid típusú zárványok alumínium tartalma, melyek nem kapcsolódnak kalcium-alumínáthoz. Ezt a fent bevezetett zárványszámokkal az alábbi módon határozhatjuk meg:

$$Z_{\text{AlO}} = \frac{\text{AlO}_{\text{Ca}}}{\text{AlO}_{\text{Ca}} + \text{AlCaO}} \cdot \text{Alinsol}.$$

Ennek a paraméternek az értéke a nem oldható alumínium azon részét (koncentrációját) adja meg, mely alumíniumot és oxigént tartalmazó zárványokból származik.

4. Összefoglalás

A zárványossági indexek és a belőlük alkotott paraméterek a közeljövőben még tovább gyarapodhatnak a technológia igénye szerint, továbbá az alumínium és a kalcium oldható és nem oldható komponense reményeink szerint segítségével lesz a technológusok számára egy optimálisabb, gazdaságosabb adagvezetés kidolgozásában. A zárványosság spektrometriai úton történő, a technológia számára kézzel fogható adatokkal való jellemzése a zárvány átalakítás kvázi azonnali állapotáról ad felvilágosítást, így, legalábbis az űstmetallurgiai folyamatokba való beavatkozás tekintetében, a többi, a zárványosság meghatározására irányuló módszernél nagyobb lehetőséggel kecsegtet.

Irodalom:

1. Szabó Z.: A zárványok átalakítása az acélok kalciumos kezelésével. Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények 2007/1.
2. Szabó Z.: Alacsony zárványtartalmú acélgyártásának feltételei. Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények 2006/4.
3. R. Dekkers: Non-metallic inclusions in liquid steel, 2002. (Doktori értekezés)
4. H. Cai: A normal approximation theorem in comparing two binomial distributions. Statistics & Probability Letters 48, 83-89 (2000).
5. D. Freedman, D. Persi: On the histogram as a density estimator: L2 theory. Probability Theory and Related Fields (Springer) 57 (4): 453-476 (1981)
6. Szabó Z.: Az acélok finomítása űstmetallurgiai eljárásokkal. Főiskolai segédlet. 2002.
7. H.H. Visser, W.K. Tiekink, M. Koolwijk, R.A.L. Kooter, F. Mensonides, J.P.T.M. Brockhoff: Szilárd zárványok a kalciummal kezelt alumíniummal csillapított acélban. ISD Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények 2007/3.