

Analiza vključkov z napravo za avtomatsko obdelavo slike

Analysis of Nonmetallic Inclusions with Automatic Image Analysis System

E. Bricelj, Železarna Jesenice, Jesenice

Opis postopka analize vključkov z napravo za avtomatsko obdelavo slike ter prednosti in slabosti takega načina analize.

Ključne besede: nekovinski vključki, analiza nekovinskih vključkov

The paper presents the method for determination of nonmetallic inclusions with an image analysing system. It also describes the advantages and disadvantages of this method.

Key words: nonmetallic inclusions, analysis of nonmetallic inclusions

Iz prakse vemo, da so nekovinski vključki tako po geometriji kot po kemični sestavi eden bistvenih elementov, ki vplivajo na fizikalne in tehnološke lastnosti jekla. Zato je realno ocenjevanje njihove prisotnosti zelo pomembno in potrebno za primerjalne analize vpliva izdelave in predelave jekla na tehnološke lastnosti. Pri avtomatnih jeklih lahko npr. iz števila, geometrije in porazdelitve vključkov ocenjujemo obdelovalnost jekla.

V metalografskih laboratorijih v naših železarnah določamo prisotnost nekovinskih vključkov pod optičnim mikroskopom z uporabo primerjalnih tabel. Praksa kaže, da je pri tem velika prisotnost subjektivnih faktorjev.

Z ozirom na navedena dejstva, smo v Železarni Jesenice instalirali opremo za avtomatsko analizo slike firme Cambridge instruments. Pred kratkim smo pričeli z njenim testiranjem, oziroma spremljanjem proizvodnje.

Namen tega članka je podati nekaj pogledov na samo metodologijo ugotavljanja vključkov, oziroma prikazati kakšni problemi in omejitve se tudi pri avtomatski analizi vključkov lahko pojavljajo. Kot primer za analizo vključkov bomo vzeli avtomatno jeklo, katerega struktura je prikazana na sliki 1.

Sistem za analizo vključkov deluje tako, da sliko z optičnega mikroskopa (lahko tudi z elektronskega mikroskopa, z binokularja ali pa s fotografije) preko video kamere prenesemo na računalnik. Računalnik prikaže sliko na monokromatskem zaslonu z največjo ločljivostjo 512×512 točk. Analizator loči 256 odtenkov sive barve. Na podlagi teh odtenkov lahko med seboj ločimo posamezne tipe vključkov.

Analiza vključkov na sliki 1 je potekala na sledeč način: Najprej smo s slike ročno oziroma s pomočjo digitalizacijske tablice popravili vse artefakte, ki pri analizi ne smejo biti upoštevani. Tako smo npr. zbrisali smeti, ostanke alkohola, raze ipd. Ker imajo tudi te napake nek odtenek sive barve, bi jih analizator v primeru, da jih ne bi zbrisali, v analizi upošteval.

Nato smo določili zgornjo in spodnjo mejo parametrov vključkov. Ti parametri so podani v tabeli 1 in so: površina, obseg, dolžina, oblika in kot pod katerim je vključek glede na skenirajoči curek.



Slika 1. Vključki v avtomatnem jeklu (200 $\times$).

Figure 1. Inclusions in free-cutting steel (magn. 200 $\times$).

Tabela 1. Zgornja in spodnja meja parametrov vključkov

Izbran parameter (μm)	Sp. meja	Zg. meja
Površina	0.052	3.272.782
Obseg	0.458	800.915
Dolžina	0.458	57.208
Oblika	1.000	10.000
Kot	0.000	180.000

S temi mejami določimo, kateri vključki bodo upoštevani v analizi. Tako lahko na podlagi oblike ločimo oksidne vključke od drugih ali na podlagi orientacije izločimo neželjene vključke. Ker so oksidni vključki okrogli, postavimo spodnjo in zgornjo mejo oblike vključka zelo blizu skupaj (npr. med 1 in 1.5).

Tabela 2. Rezultati analize polja s slike 1

Mikroni	Polje 1	Normalizirano	Akumulirano
Površina	1.731.142	0.029	2.751.168
Presek H	225.303	0.004	1.752.903
Presek V	204.305	0.003	1.305.607
Obseg	713.933	0.012	1.512.933
Število vključkov	26.000	4.292 E-04	42.000
Površinski delež	0.029	-	0.029
Anizotropija	1.103	-	1.120
Delež faze	0.029	-	0.030
Srednja dolžina	7.684	-	16.694
Površina polja (v točkah)	60.581.914	-	106.581.023

Tabela 3. Analiza posameznih vključkov

Vključek	Površina	Obseg	Višina	Širina	Dolžina	Širina min.
1	14.815	20.431	5.108	7.378	9.080	3.405
2	275.050	68.669	18.728	22.701	23.836	15.890
3	4.831	9.080	2.838	2.838	3.405	2.270
4	3.865	7.945	2.270	2.270	2.838	2.270
5	165.545	74.912	18.728	24.403	28.943	11.350
6	6.119	18.160	5.675	3.405	6.243	2.270
7	1.932	6.810	2.270	1.703	2.838	1.703
8	3.543	10.215	2.838	2.838	3.973	2.270
9	2.255	7.945	1.703	1.703	2.270	1.703
10	7.730	11.350	2.838	3.405	3.405	2.838
11	9.340	13.620	3.405	3.973	5.108	3.405
12	3.865	7.945	1.703	2.270	2.838	1.703
13	95.012	49.374	15.323	11.918	17.025	8.513
14	10.306	15.890	5.108	3.973	5.675	3.405
15	135.915	50.509	17.025	11.918	18.728	10.215

Vključek	Oblika	Kot	Ekv.premer	XFCP	YFCP	H PROJ	V PROJ
1	2.242	135.000	4.343	209.000	65.000	13.000	9.000
2	1.364	135.000	18.714	158.000	71.000	40.000	33.000
3	1.358	112.000	2.480	240.000	98.000	5.000	5.000
4	1.300	22.000	2.218	58.000	103.000	4.000	4.000
5	2.698	135.000	14.518	129.000	109.000	45.000	36.000
6	4.289	112.000	2.791	391.000	115.000	10.000	10.000
7	1.910	67.000	1.569	284.000	130.000	3.000	4.000
8	2.344	112.000	2.124	121.000	131.000	5.000	5.000
9	2.228	22.000	1.694	184.000	165.000	5.000	3.000
10	1.326	0.000	3.137	95.000	173.000	6.000	5.000
11	1.581	135.000	3.449	62.000	177.000	7.000	6.000
12	1.300	22.000	2.218	469.000	185.000	4.000	3.000
13	2.042	112.000	10.999	397.000	209.000	28.000	27.000
14	1.950	112.000	3.622	303.000	241.000	8.000	9.000
15	1.494	112.000	13.155	172.000	256.000	24.000	30.000

Sulfide in silikate ločimo na podlagi različnega odtenka sive barve.

Za naš primer bomo pokazali analizo sulfidnih vključkov, ki so na sliki 1. Rezultati analize merilnega polja so zbrani v **tabeli 2** in imajo sledeč pomen:

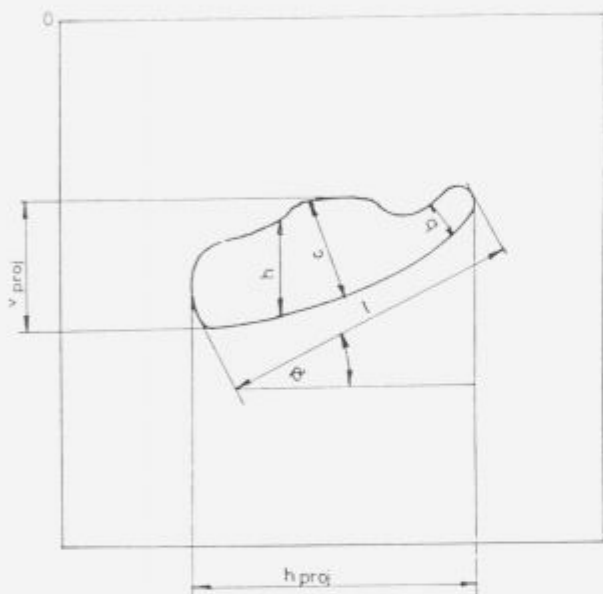
- Površina vključkov v mikronih
- Obseg vključkov

- Preseka H in V sta preseka skenirajočega curka v horizontalni in vertikalni smeri
- Število pomeni število vključkov v polju
- Površinski delež je delež izmerjene faze vključkov
- Anizotropija opisuje razpotegnjenost oblike
- Delež faze je razmerje med površino vključkov in površino ozadja

- Normalizirane vrednosti so vrednosti, ki smo jih dobili v vidnem polju, deljene z vrednostmi v merilnem polju
- Akumulirane vrednosti pa so vsota meritev na večjem številu polj

Za našo uporabo so najbolj verodostojni podatki o analizirani površini, obsegu analiziranega polja, površinskem deležu izmerjene faze, pa tudi o razmerju med deležem vključkov in matrice.

Vsakemu posameznemu vključku lahko izmerimo tudi površino, obseg, višino (pod kotom 0°), širino (pod kotom 90°), dolžino, to je najdaljšo os, najmanjšo širino, projekcijo vključka na x in y os, obliko (odstopanje od kroga, oziroma razpoteženost vključka), kot, ki ga tvori vključek s horizontalno osjo in ekvivalentni premer, to je premer, ki bi ga imel vključek, če bi bil okrogel. Te parametre prikazuje **slika 2**. Analiza posameznih vključkov s **slike 1** je podana v **tabeli 3**.



Legenda:

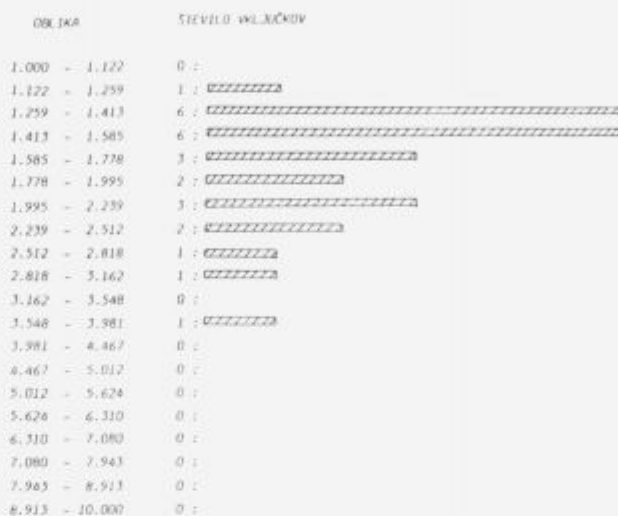
- θ kot, ki ga vključek tvori s skenirajočim curkom
 l dolžina vključka
 b najmanjša širina vključka
 c širina vključka
 h višina vključka
 Y FCP, X FCP oddaljenost vključka od zgornjega levega vogala
 h PROJ, v PROJ dimenzije projiciranega vključka

Slika 2. Meritve, ki jih s Q520 lahko naredimo na posameznem vključku.

Figure 2. Measurements which can be done with Q520 equipment on a single inclusion.

V vsakdanjem delu, to je, pri kontroli kvalitete, podatki s **tabele 3** zaenkrat še niso zanimivi, imajo pa pomembno vlogo v raziskovalnem delu.

Poleg naštetega, je možna tudi statistična obdelava rezultatov. Za površino, obseg, višino, obliko, kot in nivo sive barve, dobimo izračun poprečne vrednosti, standardne deviacije in števila meritev ter tudi izris histograma, pri čemer je na abscisi izbran parameter v določenem velikostnem redu, na ordinati pa je število vključkov, ki so v teh razredih. Primer histograma je na **sliki 3** in prikazuje porazdelitev vključkov z ozirom na obliko.



Slika 3. Histogram porazdelitve števila vključkov glede na obliko.

Figure 3. Distribution histogram of inclusions according to their shape.

Iz primerov je razvidno, da dobimo z avtomatskim analizatorjem slike dokaj točne rezultate o elementih mikrostrukture. Slaba stran dela s to napravo je, da morajo biti metalografski obrusi pripravljeni brezhibno, to je brez raz, smeti, ipd. Operater mora biti izkušen, da loči vključke od artefaktov in da ve, katere podatke natančno želi dobiti s slike.

Zaenkrat je naprava v fazi testiranja, oziroma je uporabna v raziskovalne namene, kajti v kontroli kvalitete še nimamo ustreznih referenc, po katerih bi bilo mogoče ugotoviti, če je material še v mejah sprejemljivega.

1 Literatura

- ¹ Quantimet 520 Image analysis system, Operators manual, 1988
- ² Stereologija, 11, No. 1, 1992