



LASTEH

Laboratorij **za lasersko tehniko**

OPTIČNA DETEKCIJA NAPAK NA VISOKO REFLEKTIVNIH STRUŽENIH POVRŠINAH

Teja Jereb

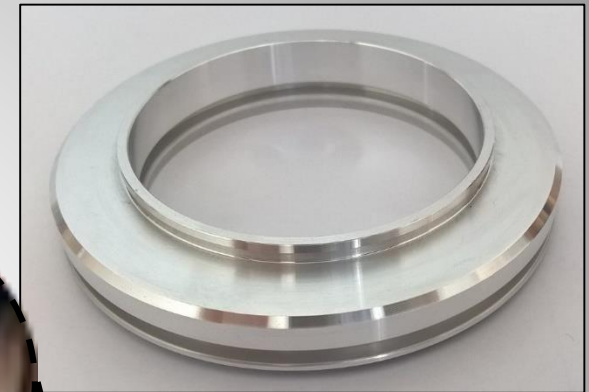
Urban Pavlovčič

Matija Jezeršek

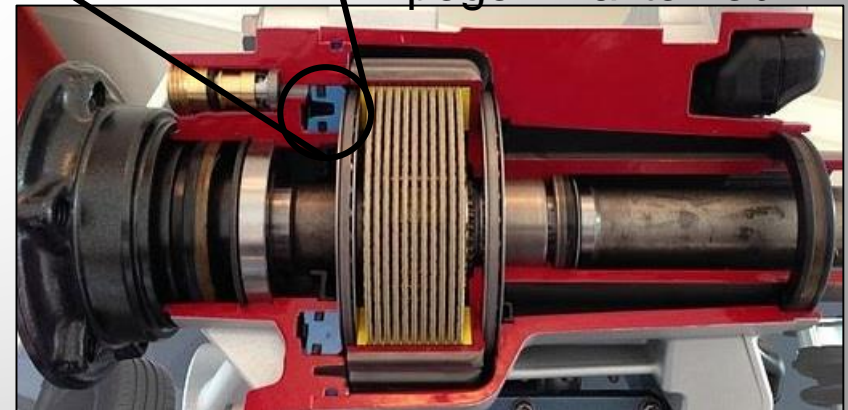
Maribor, marec 2017

1. Uvod

- ▶ Avtomobilska industrija → velike serije
 - primer: visokotlačno litje,
 - zagotavljanje kakovosti s statističnimi metodami (SPC) → ISO/TS 16949
- ▶ primer: tesnilni element:
 - zahteva po testu tesnosti,
 - 100 % kontrola izdelkov,
- ▶ vizualni pregled s strani eksperta:
 - monotonost → upad koncentracije,
 - ocena o kakovosti je subjektivna,
- ▶ optične metode merjenja in računalniška obdelava slik:
 - avtomatizacija,
 - visoke natančnosti, hitrosti,
 - ponovna uporaba optičnih komponent po zaključenih serijah.



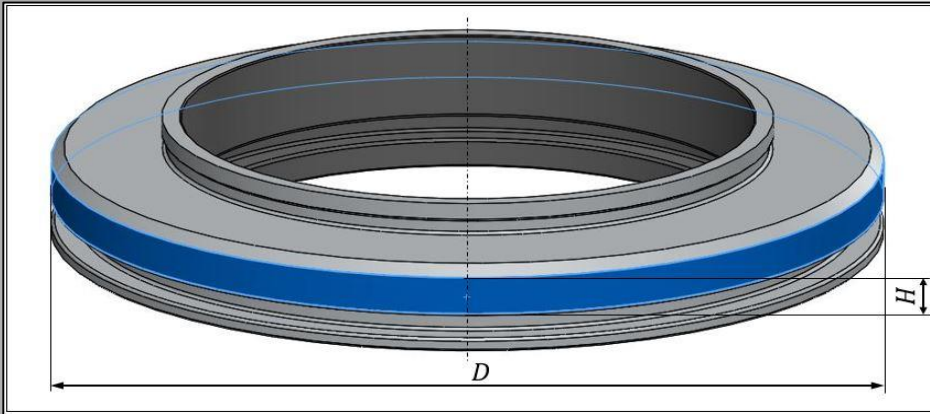
Sklopka za 4-kolesni pogon v avtomobilih.



2. Predstavitev problema

Kontrola površine tlačnega ulitka:

- ▶ cilindrične oblike,

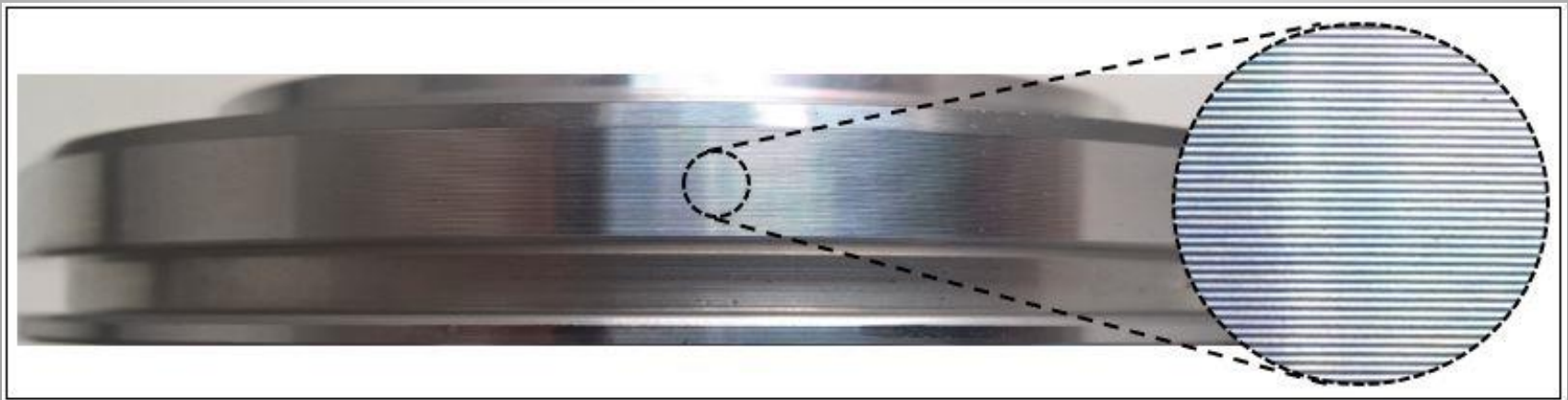


Velikost merjene površine:

$D = 99,7 \text{ mm}$

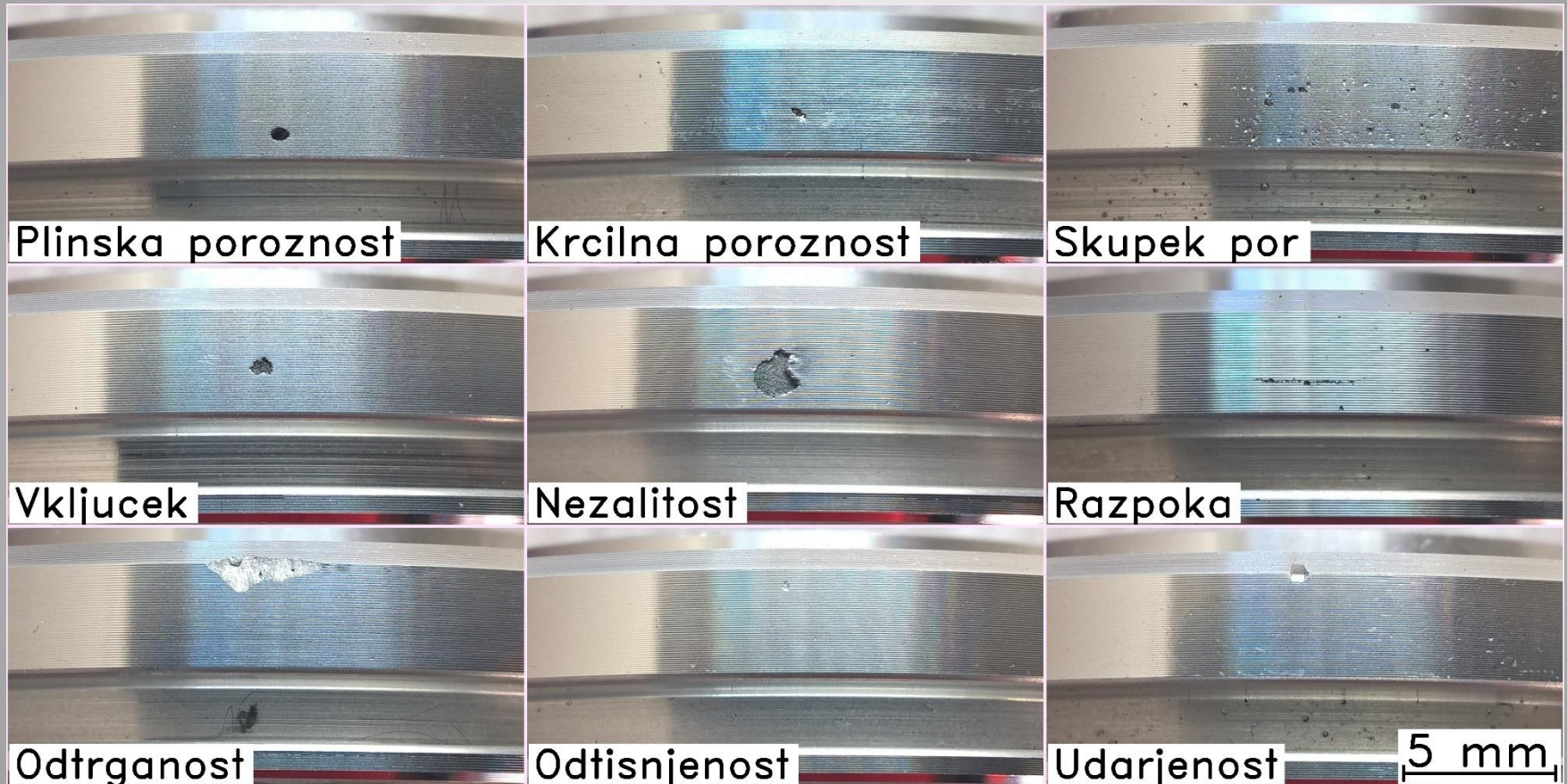
$H = 4,9 \text{ mm}$

- ▶ visoko reflektivna površina,
- ▶ sledi stružnih raz.



2. Predstavitev problema

Detekcija različnih tipov površinskih napak:



3. Namen in cilji

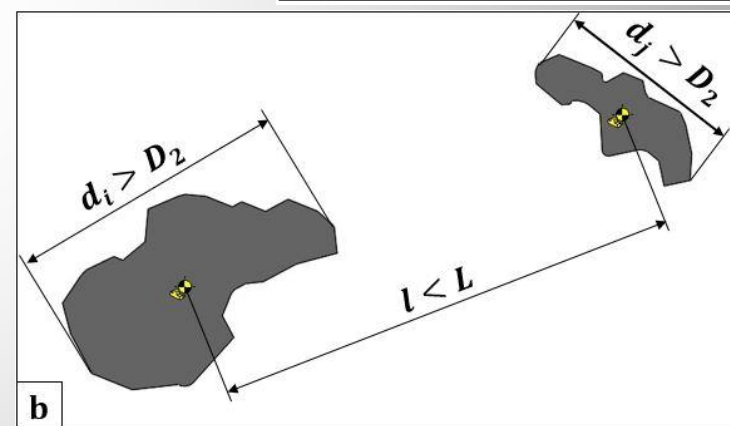
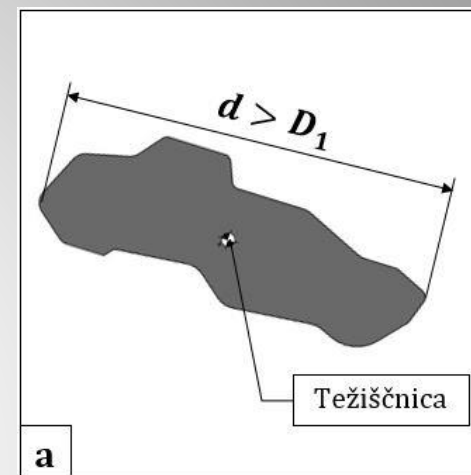
Namen:

- ▶ izdelava prototipa za detekcijo površinskih napak,
- ▶ avtomatizacija procesa zagotavljanja kakovosti.

Zahteve:

- ▶ detekcija in izmere površinskih napak,
- ▶ oznaka za dober/slab izdelek s semaforjem,
- ▶ zagotavljanje 100 % kontrole izdelkov.

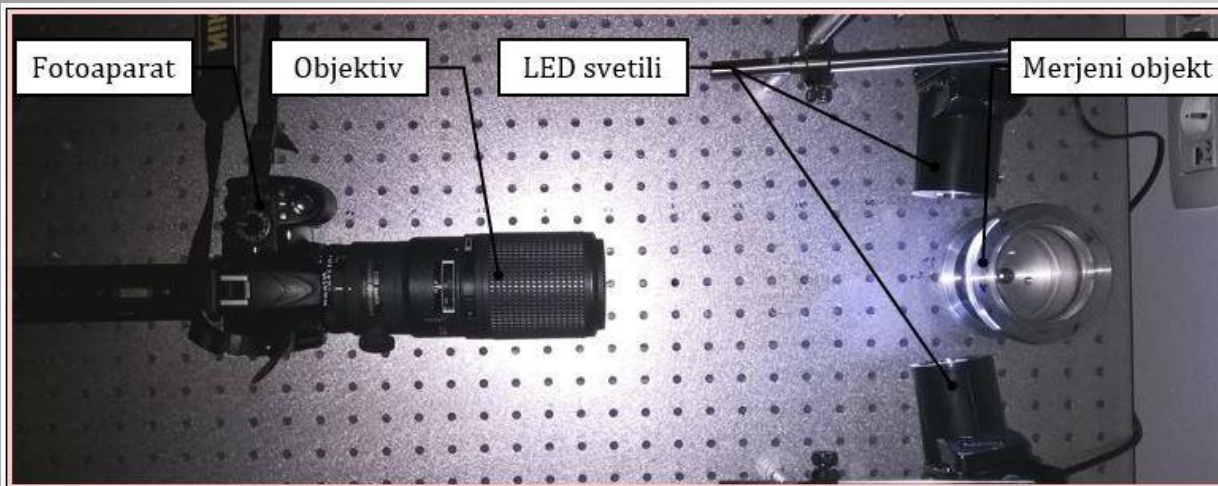
ZAHTEVA	VELIKOST
Max. dopustna napaka (a)	$D_1 = 1,0 \text{ mm}$
Min. zaznavna napaka (b)	$D_2 = 0,6 \text{ mm}$
Min. razdalja med dvema napakama (b)	$L = 30,0 \text{ mm}$



d – izmerjena najdaljša diagonala napake

l – izmerjena minimalna razdalja med težiščnicama dveh napak

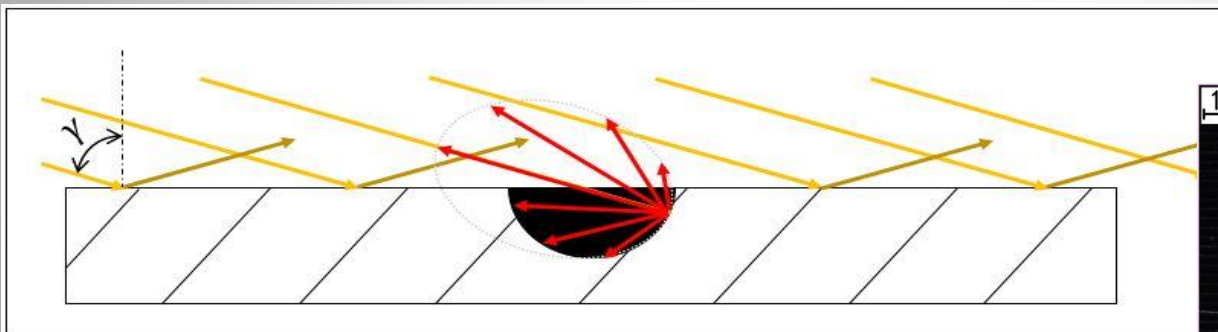
4. Zasnova optičnega sistema



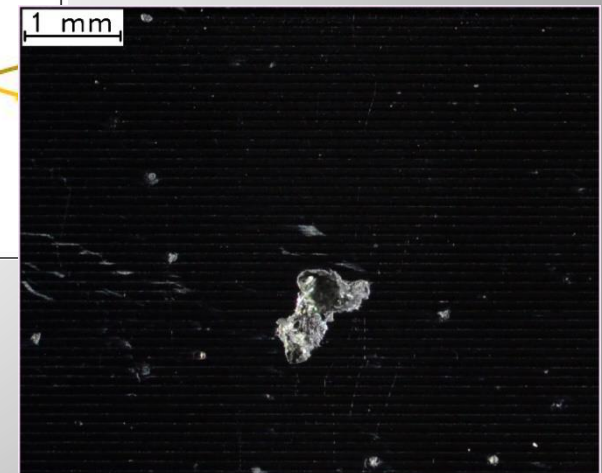
Temno polje (DF):

osvetlitev:

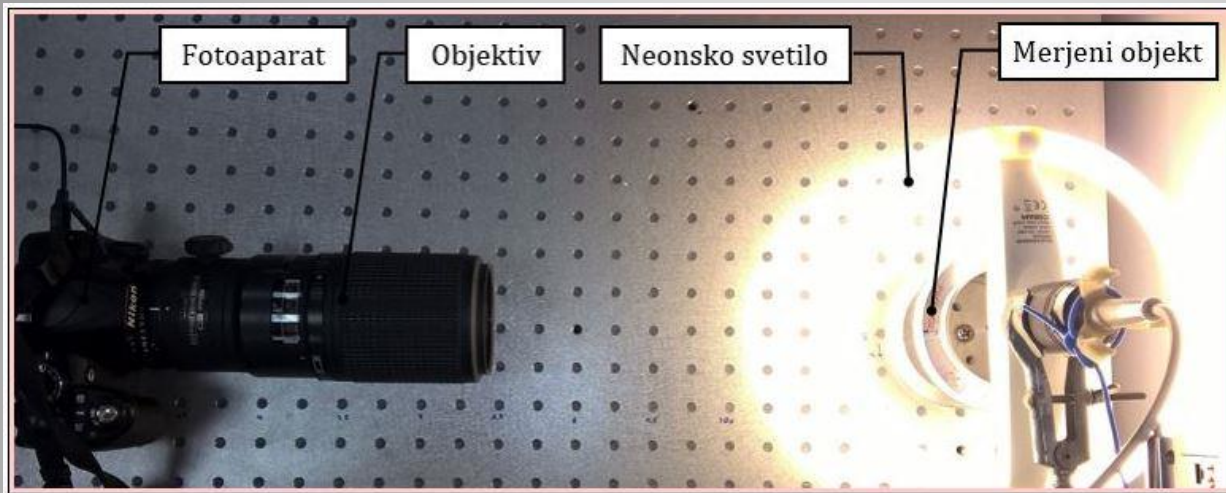
▶ velik vpadni kot → blizu 90°



- vpadni žarek
- zrcalno odbiti žarek
- difuzno odbiti žarek



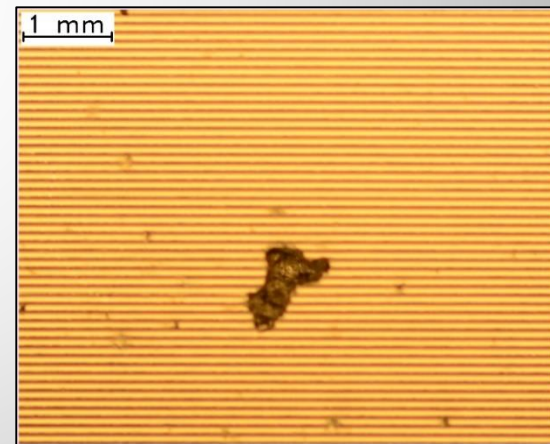
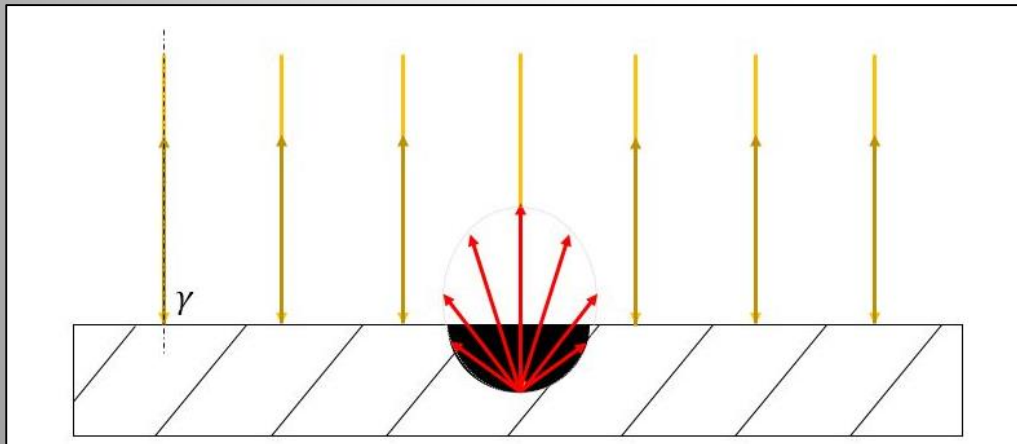
4. Zasnova optičnega sistema



Svetlo polje (BF):

osvetlitev:

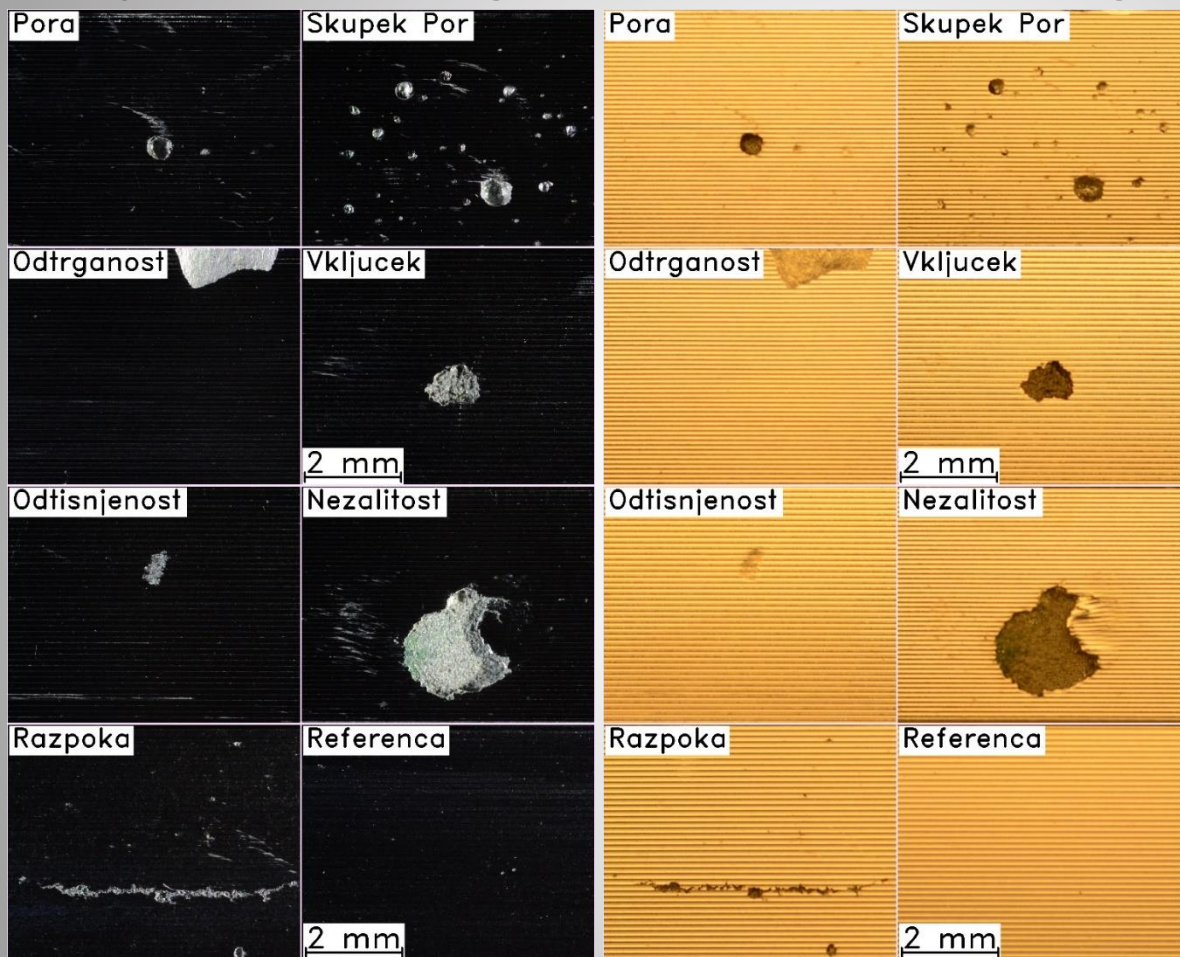
▶ majhen vpadni kot



→ vpadni žarek; → zrcalno odbiti žarek; → difuzno odbiti žarek;

4.1. Rezultat konfiguracij

Vidljivost napak glede na optično konfiguracijo:



Osnovni podatki:

- Optična ločljivost:
 $K_{\min} = 6 \mu\text{m}$
- Fotoaparati:
Nikon D3100
- Objektiv:
AF MICRO NIKKOR
200 mm 1:4 D
- Referenca (višina):
4,9 mm = 817 s.e.

5. Programska oprema

Vhod

Grafični programski jezik National Instruments
LabVIEW 2015.

Predobdelava
slike



Obdelava
slike

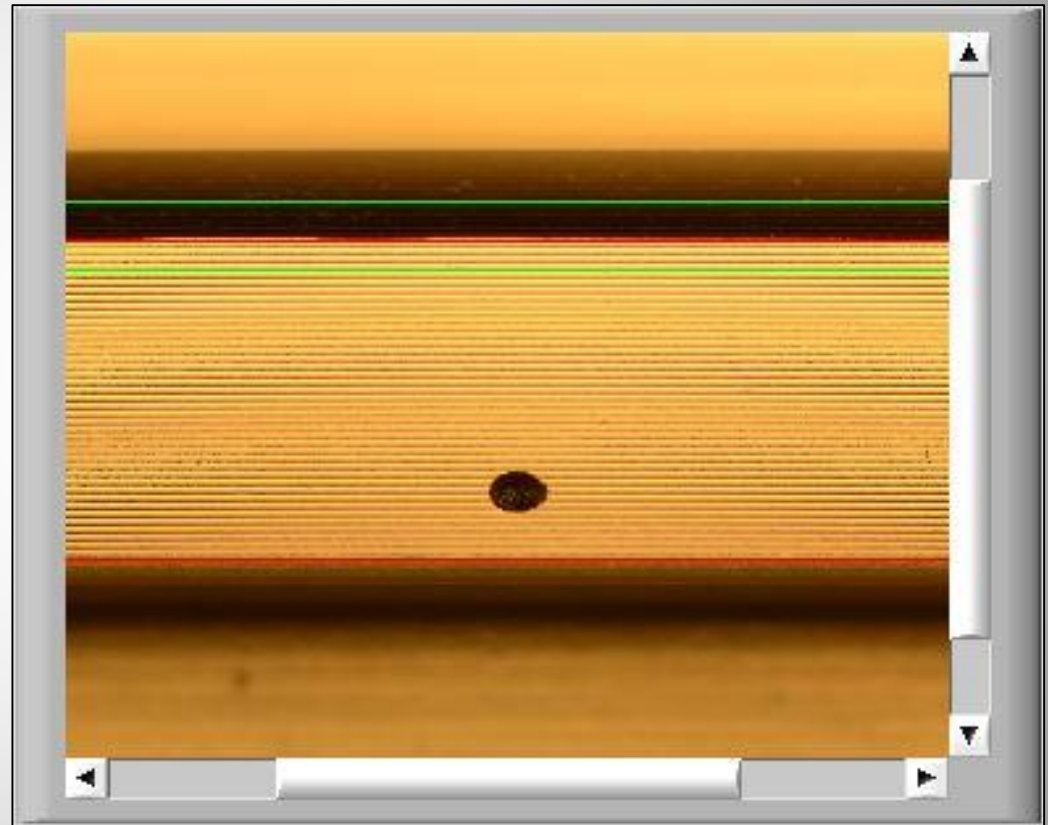
Program je razdeljen na 4 faze.

Izhod

5. Programska oprema



- ▶ Vnos barvne slike,
- ▶ izbira konfiguracije,
- ▶ polje interesa (ROI):
 - detekcija zgornjega in spodnjega robu („edge detection“),
 - širina poljubno izbrana



5. Programska oprema

Vhod

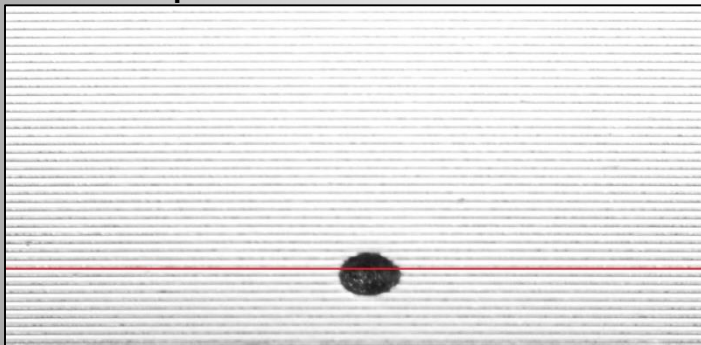
Predobdelava

Obdelava

Izhod

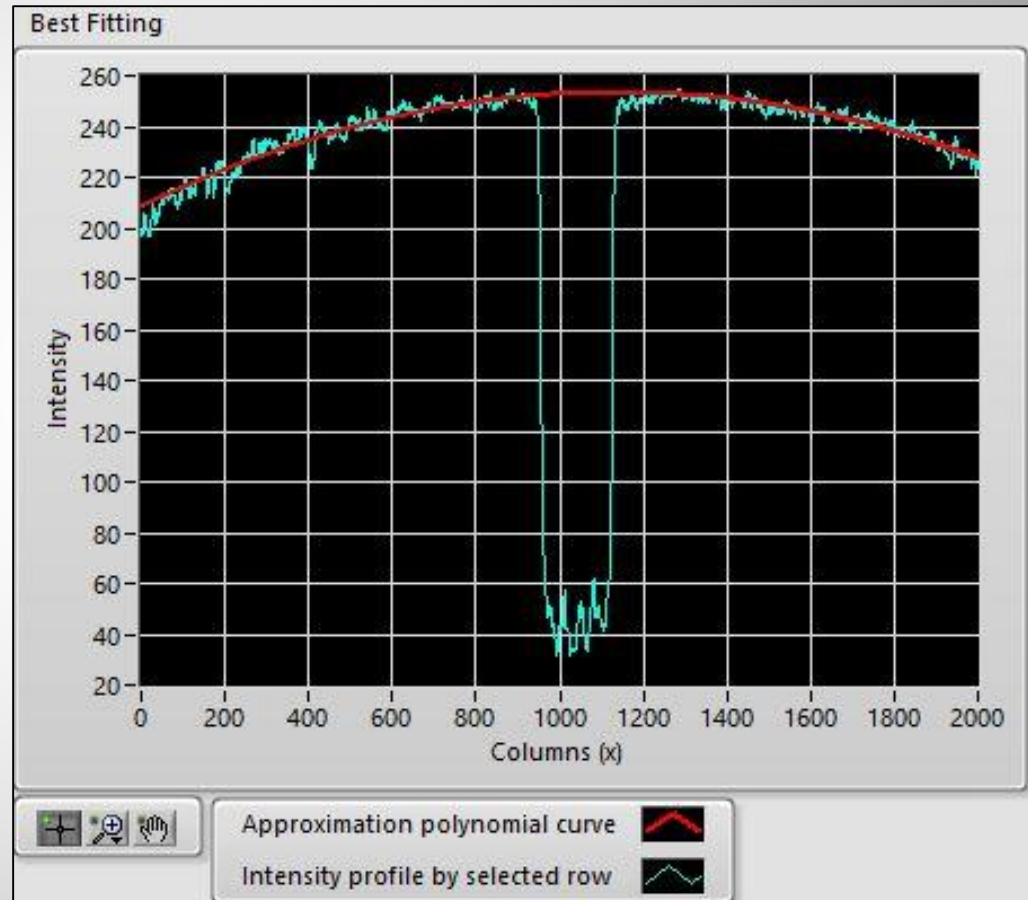
▶ Pretvorba v sivinsko sliko:

- opazne sledi stružnih črt,
- nehomogen intenzitetni profil



▶ Svetlostna poravnava površine:

- polinom 3. reda,
- robustna metoda („Bisquares“)



5. Programska oprema

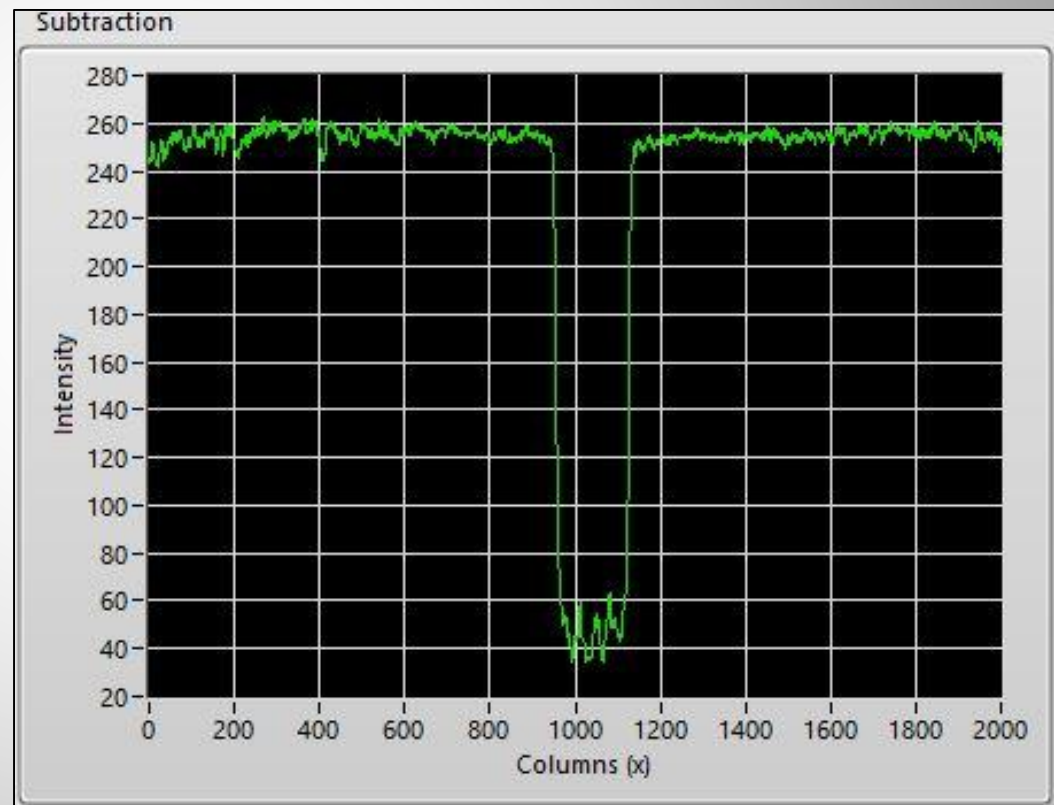
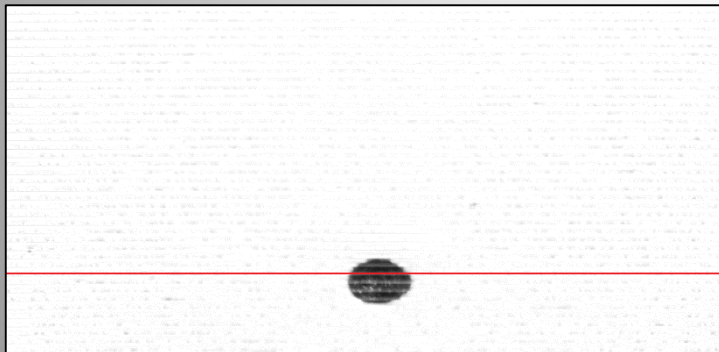
Vhod

Predobdelava

Obdelava

Izhod

- ▶ Odštevanje intenzitetnega profila od polinomske krivulje,
- ▶ povprečenje po stolpcih
 - močno odstopajoče vrednosti se ne upoštevajo
- ▶ homogen intenzitetni profil osnovne površine



5. Programska oprema

Vhod

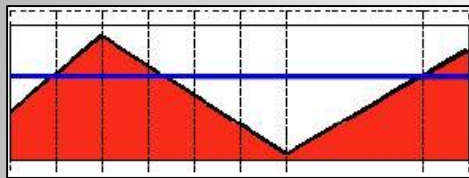
Predobdelava

Obdelava

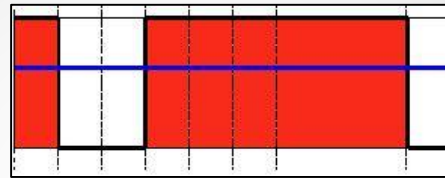
Izhod

- ▶ Pretvorba sivinske slike v binarno:

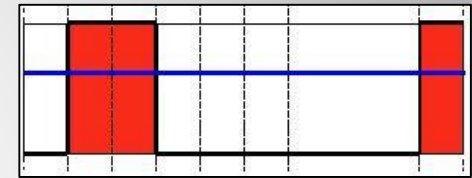
Vhodni signal



Izhodni signal (DF)



Izhodni signal (BF)



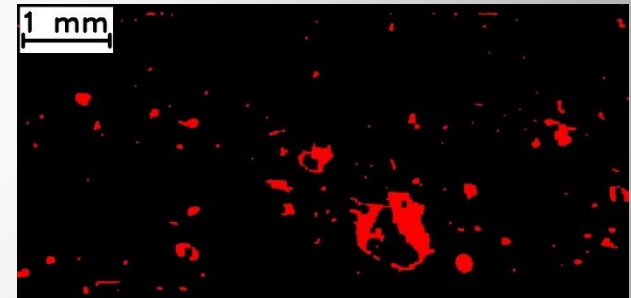
- ▶ Kombinacija morfoloških operacij:

- zapolnitev lukenj,
- erozija,
- dilatacija.

- ▶ Nizkopasovni filter:

- odstranjevanje drobnih delcev.

- ▶ Algoritem za štetje in izmero objektov.



5. Programska oprema

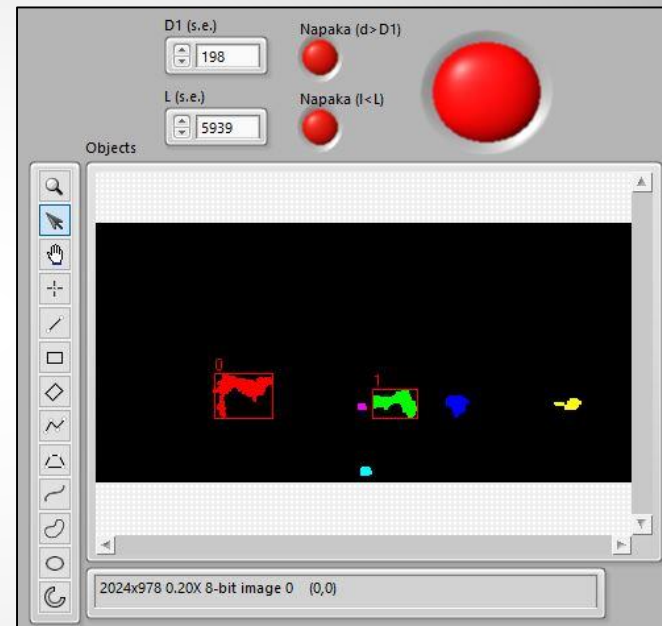
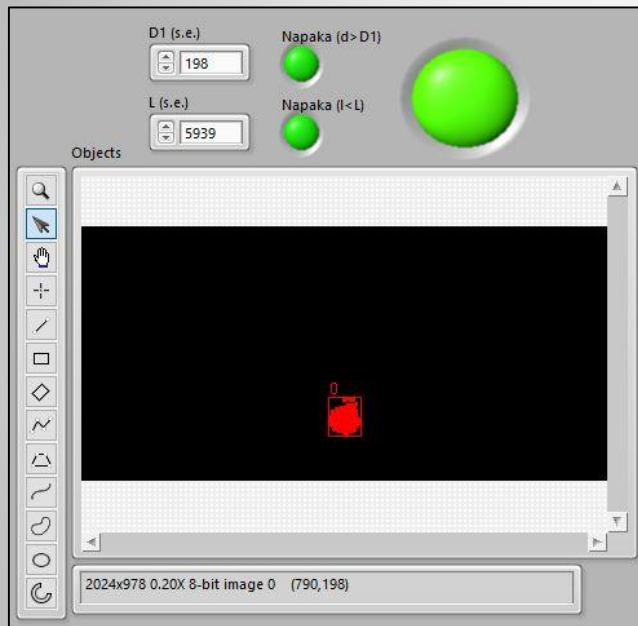
Vhod

Predobdelava

Obdelava

Izhod

▶ Odločitev dober/slab



■ Pogoj za slab izdelek:

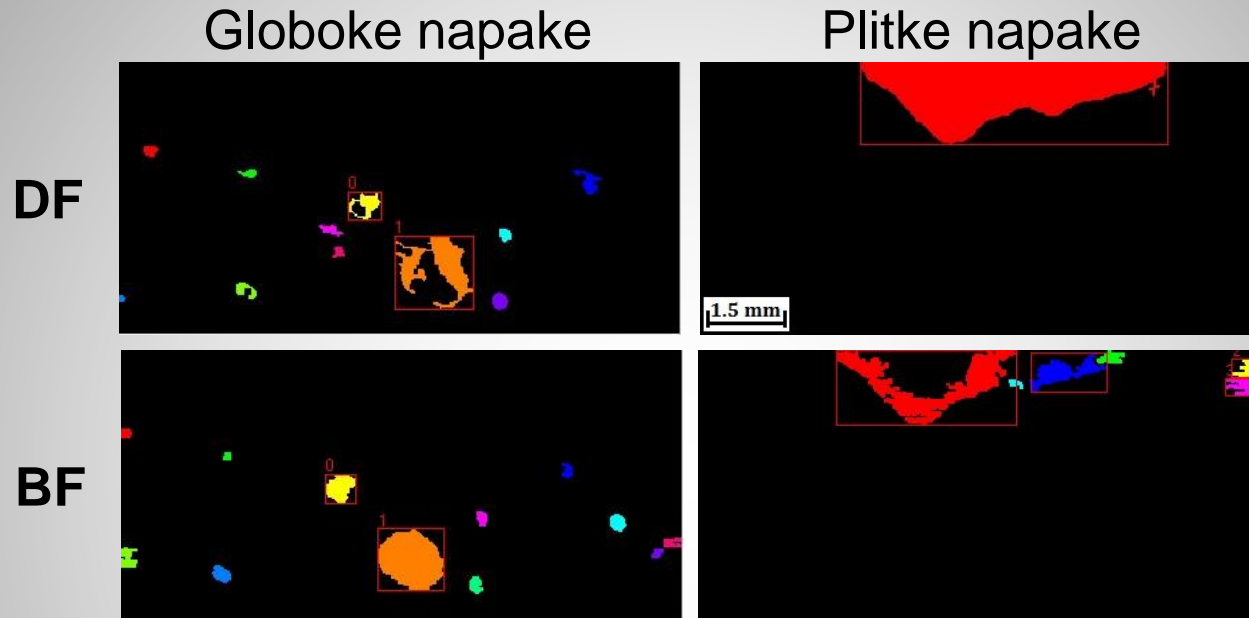
▶ $d > D_1$

▶ $d_i > D_2 \ \& \ d_j > D_2 \ \& \ l < L$

▶ Izmera največjega premera očrtanega kroga posamezne napake.

6. Rezultati

▶ Rezultati prikaza:



▶ Število napačnih odločitev programa:

Konfiguracija	Št. napačnih odločitev	Verjetnost nastanka napačne odločitve
DF	7/128	5,5 %
BF	5/128	3,9 %

6. Rezultati

- ▶ Napačne odločitve programa glede na dejansko (ne)ustreznost izdelka:

Konfiguracija	Verjetnost za nastanek napake 1. vrste	Verjetnost za nastanek napake 2. vrste
DF	5,5 %	0,0 %
BF	3,9 %	0,0 %

- napaka 1. vrste: sistem označi dober izdelek kot „slab“,
- napaka 2. vrste: sistem označi slab izdelek kot „dober“.

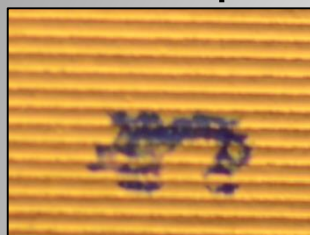
- ▶ Razlogi za napačne odločitve sistema – napaka 1. vrste:

RAZLOG	DF	BF
Mejne vrednosti – stvar subjektivnega ocenjevanja	2	4
Združitev prask in nečistoč z napakami	5	1

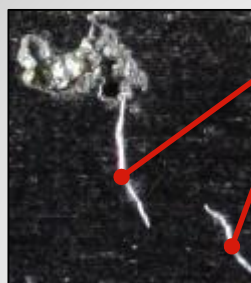
7. Komentar rezultatov

Rešitve za izboljšavo meritev:

- ▶ čisti in posušeni izdelki,



Pobarvan



Prašni delci

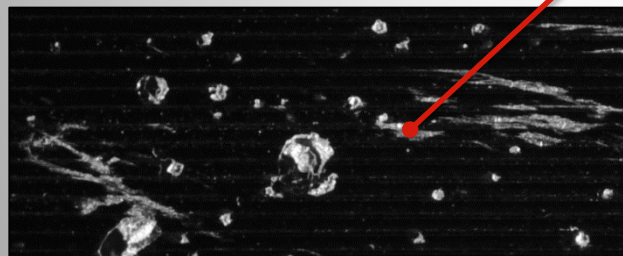
Usedline od emulzije



BF

DF

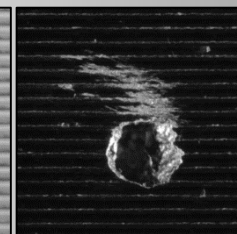
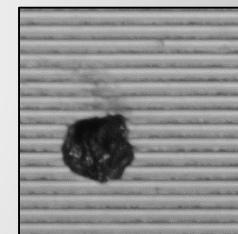
- ▶ pravilno rokovanje z izdelki,



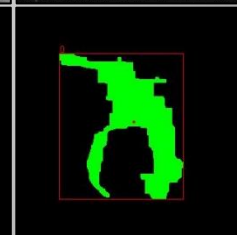
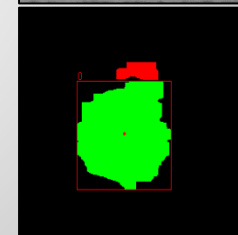
Praske



Polje
interesa



Rezultat



- ▶ homogena osvetlitev

- DF – osvetlitev še od zgoraj in/ali od spodaj
- BF – osvetlitev še od spodaj (neonska luč)

7. Komentar rezultatov

► Presečna množica napak:

Vzorec	IZM	DF	BF	Napaka	Razlog DF	Razlog BF
1	1	0	1	Skupek por	Združitev	
2	1	0	0	Skupek por	Združitev	Mejne napake
3	1	0	0	Skupek por	Združitev	Združitev
4	1	0	1	Skupek por	Mejne napake	
5	1	1	0	Pora		Mejne napake
6	1	0	1	Pora	Združitev	
7	1	0	0	Pora	Mejne napake	Mejne napake
8	1	0	0	Pora	Združitev	Mejne napake

1 – „dober“ izdelek

0 – „slab“ izdelek

V štirih primerih sta obe konfiguraciji podali napačno odločitev.

7. Komentar rezultatov

- ▶ Če ne bi prišlo do poškodb in kontaminacije izdelkov (združitev) → mejne napake,

Vzorec	IZM	DF	BF	Napaka	Razlog DF	Razlog BF
2	1	1	0	Skupek por		Mejne napake
4	1	0	1	Skupek por	Mejne napake	
5	1	1	0	Pora		Mejne napake
7	1	0	0	Pora	Mejne napake	Mejne napake
8	1	1	0	Pora		Mejne napake

- ▶ takojšnja kontrola izdelkov s strani eksperta → manj napačno izmerjenih izdelkov,

- ▶ mejne napake:

ločljivost človeškega očesa znaša 0,25 mm.

Konfig.	Št. napačnih odločitev	Verjetnost nastanka napačne odločitve
DF	2/128	1,6 %
BF	4/128	3,2 %

8. Zaključki

▶ Optični sistem izpolnjuje zahteve:

- detekcija napak ločljivosti 0,06 mm,
- izvajanje 100 % kontrole izdelka,
- ustreznost merjenega objekta prikazana s svetlobno signalizacijo.

▶ Ugotovitve:

- konfiguracija temnega polja osvetlitve omogoča zanesljivejšo detekcijo napak → plitke napake (nepoškodovani in čisti izdelki),
- prototip ustrezen za razvoj industrijskega nadzornega sistema.

▶ Nadaljnje razvojne aktivnosti:

- kombinacija obeh metod osvetlitev v en sistem,
- nadgradnja sistema → kontrola vseh obdelanih površin izdelka,
- razvoj algoritma za klasifikacijo detektiranih napak.

Hvala za pozornost!

