



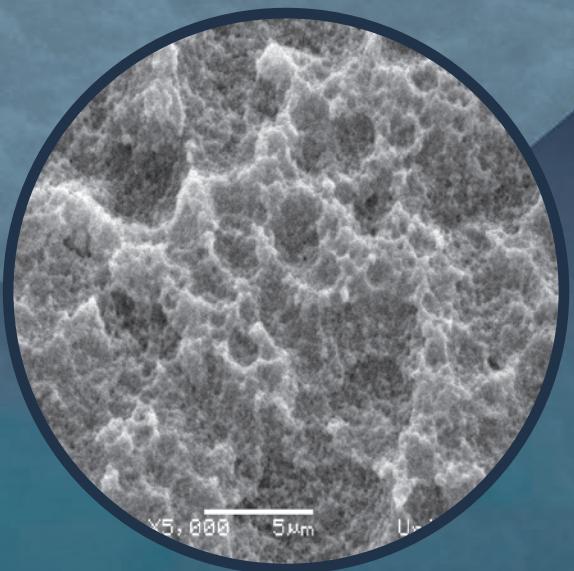
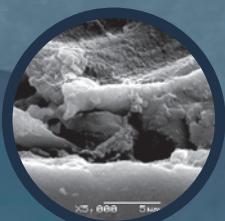
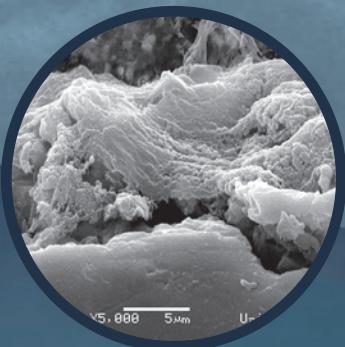
UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN



Mr Živko Pavlović

KARAKTERIZACIJA POVRŠINSKE STRUKTURE
NEŠTAMPAJUĆIH ELEMENATA CTP TERMALNE
ŠTAMPARSKE FORME ZA OFSET ŠTAMPU

- doktorska disertacija -



Novi Sad, 2012.

SADRŽAJ

UVOD	2
1. CILJ RADA I HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA	2
1.1 Način rešavanja problema	4
ISTRAŽIVANJE TEORIJSKIH PRILAZA U REŠAVANJU PROBLEMA ...	6
2. OSNOVE CTP TEHNOLOGIJE	6
2.1 Konstrukcija CtP sistema za ofset štampu	8
2.1.1 Ravn osvetljivači	8
2.1.2 Osvetljivači sa spoljašnjim cilindrom	10
2.1.3 Osvetljivači sa unutrašnjim cilindrom	10
3. STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU	12
3.1 Svojstva metala za izradu ofset štamparskih formi CtP tehnologije	13
3.1.1 Fizičko - hemijska svojstva metala za izradu ofset ploča	15
3.1.2 Karakteristike aluminijuma i njegovo dobijanje iz prirode	18
3.1.2.1 Hemijske osobine aluminijuma	20
3.1.2.2 Proizvodnja aluminijuma	21
3.1.3 Osobine oksida i hidroksida aluminijuma	22
3.1.3.1 Aluminijumovi oksidi	23
3.1.3.2 Aluminijumovi hidroksidi	23
3.2 Površinska obrada aluminijumskog lima	25
3.2.1 Oplemenjivanje površine aluminijumskog lima	27
3.2.1.1 Anodizacija aluminijuma	27
3.2.1.1.1 Uticaj anodizacije na hidrofilnost površine osnove ploče	30
3.2.2 Oksidna prevlaka i njene fizičke karakteristike	32
4. POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI	35
4.1 Granična površina	35
4.2 Površinski napon	36
4.2.1 Slobodna površinska energija	37
4.2.2 Kontaktni ugao	37
4.2.2.1 Određivanje slobodne površinske energije	40
4.2.2.2 Selektivno vlaženje	41
4.3 Karakterizacija površinskih osobina materijala	42
4.3.1 Instrumentalne metode za karakterizaciju površina	44
4.3.2 Parametri hrapavosti površine	47

EKSPERIMENTALNI DEO	52
5. UREĐAJI, METODE I MATERIJALI	56
5.1 Karakteristike štamparske forme, uređaja za osvetljavanje i razvijanje	56
5.2 Metoda uzorkovanja i merenja	57
5.3 Karakteristike uređaja korišćenog za proces štampe	58
5.3.1 Karakteristike rastvora za vlaženje korišćenog u procesu štampe	60
5.4 Karakteristike podloge i boje korišćene za štampu	62
5.5 Uredaj za merenje hrapavosti	63
5.6 Mikroskopska analiza neštampajućih površina štamparskih formi	64
5.6.1 Priprema uzoraka za SEM analizu	66
5.6.2 Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDS)	67
5.7 Uredaj za merenje kontaktnog ugla	70
6. REZULTATI MERENJA	73
6.1 Rezultati merenja površinskih karakteristika	73
6.1.1 Amplitudni parametri hrapavosti	74
6.1.2 Hibridni parametri hrapavosti	79
6.2 Rezultati merenja kontaktnog ugla i slobodne površinske energije	82
6.2.1 Kontaktni ugao	83
6.2.2 Slobodna površinska energija	85
7. KVALITATIVNA ANALIZA SLOBODNE POVRŠINE ŠTAMPARSKIH FORMI ...	88
7.1 Analiza SEM snimaka površine neštampajućih elemenata	88
7.2 EDS analiza neštampajućih elemenata	98
7.3 Analiza SEM snimaka preseka neštampajućih elemenata	101
ZAKLJUČAK	105
LITERATURA	112

SPISAK SLIKA

Slika 1. Osnovni elementi CtP sistema	7
Slika 2. Princip osvetljavanja ravnog CtP osvetljivača	9
Slika 3. Princip osvetljavanja CtP osvetljivača sa spoljašnjim cilindrom	10
Slika 4. Princip osvetljavanja CtP osvetljivača sa unutrašnjim cilindrom	11
Slika 5. Površinska struktura ofset CtP štamparske forme	12
Slika 6. Prikaz veličine i broj kristalnih zrna u metalu a) metal sa malim brojem velikih kristalnih zrna , b) metal sa velikim brojem malih kristalnih zrna	15
Slika 7. Adsorbcija na različitim specifičnim površinama	17
Slika 8. a) i b) Valjaonica aluminijuma sa toplim postupkom AluNorf u Nemačkoj; c) fabrikama ofset ploča isporučuju se aluminijumske folije u rolama	18
Slika 9. Idealizovani deo jednog sloja $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	24
Slika 10. Površina ofset štamparske ploče dobijena višestrukim zrnčanjem	26
Slika 11. Izgled preseka oksidne prevlake Al_2O_3	29
Slika 12. Prikaz oblika čelije i pore oksida	33
Slika 13. Šematski prikaz granice dve faze	35
Slika 14. Šematski prikaz međumolekulskih sila tečnosti	36
Slika 15. Kontaktni ugao	38
Slika 16. Vlaženje na hidrofilnoj površini pri uglu a) $\theta < 90^\circ$ b) $\theta > 90^\circ$	38
Slika 17. Mogući model vlaženja uz „vazdušnu zamku“	39
Slika 18. Određivanje disperznog i polarnog dela površinske napetosti čvrstog tela	41
Slika 19. a) Slobodne površine u uslovima selektivnog kvašenja $\gamma_{\text{so}} > \gamma_{\text{sw}}$ b) Štampajuće površine u uslovima selektivnog kvašenja $\gamma_{\text{so}} < \gamma_{\text{sw}}$	42
Slika 20. Osnovni elementi za karakterizaciju površine	43
Slika 21. Prikaz profila: P - pravac formiranja, W - talasastost i R - hrapavost	44
Slika 22. Klasifikacija metoda za kvalitativnu analizu površina	45
Slika 23. Metod rada kontaktog profilometra sa mernom iglom	45
Slika 24. Prikaz vertikalne i horizontalne rezolucije za merenje površinske hrapavosti	46
Slika 25. Parametri koji definišu površinsku hrapavost profilisanog predmeta	49
Slika 26. Prikaz uzdužnog profila hrapavosti	50
Slika 27. Izgled Abbottove krive prema ISO 13565- 2:1996	51
Slika 28. Prikaz profila površine i Abbottove krive	51
Slika 29. Plan eksperimentalnog istraživanja	55
Slika 30. Pozicije uzorkovanih uzoraka sa slobodnih površina štamparske forme a) Prikaz štamparske forme i predela sa kog su izvršena uzorkovanja b) Tačne pozicije sa kojih su uzimani uzorci	58
Slika 31. Mašina Komori System 38 D a) u celosti i b) jedan štamparski agregat	59
Slika 32. Konstrukcija SEM-a	65
Slika 33. Prikaz principa naparivanja uzorka u komori	67
Slika 34. Model atoma sa označenim orbitalama i mogućnostima prelaza elektrona	68
Slika 35. Nastanak X-zračenja	69

LISTA SLIKA

Slika 36. Delovi detektora X-zraka	69
Slika 37. Prikaz uređaja i momenta odvajanja kapi sa dozirnog šprica	71
Slika 38. SEM snimak neštampajućih površina referentne štamparske forme (2000 x)	89
Slika 39. SEM snimak neštampajućih površina referentne štamparske forme (5000 x)	89
Slika 40. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 1 (2000 x)	90
Slika 41. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 2 (2000 x) ...	90
Slika 42. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 1 (5000 x) ...	91
Slika 43. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 2 (5000 x) ...	91
Slika 44. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 1 (2000 x) ...	92
Slika 45. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 2 (2000 x) ...	92
Slika 46. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 1 (5000 x) ...	93
Slika 47. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 2 (5000 x) ...	93
Slika 48. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 1 (10.000 x)	94
Slika 49. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 2 (10.000 x)	94
Slika 50. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (2000 x) ...	95
Slika 51. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (2000 x) ...	95
Slika 52. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (5000 x) ...	96
Slika 53. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (5000 x) ...	96
Slika 54. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (10.000 x)	97
Slika 55. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (10.000 x)	97
Slika 56. SEM snimak preseka neštampajućih površina referentne štamparske forme (5.000 x)	101
Slika 57. SEM snimak preseka neštampajućih površina referentne štamparske forme (10.000 x)	101
Slika 58. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (6.000 x)	102
Slika 59. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (10.000 x)	102
Slika 60. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (15.000 x)	103
Slika 61. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (5.000 x)	103
Slika 62. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (5.000 x)	104
Slika 63. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (10.000 x)	104

SPISAK GRAFIKONA

Grafik 1. Zavisnost kontaktnog ugla od pH vrednosti rastvora sa kojim je anodizovana površina Al u kontaktu i koncentracije elektrolita pri anodizaciji Al	31
Grafik 2. Zavisnost kontaktnog ugla od pH vrednosti rastvora sa kojim je anodizovana površina Al u kontaktu i vremena trajanja anodizacije	32
Grafik 3. Parametar hrapavosti R_a za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu	74
Grafik 4. Parametar hrapavosti R_p za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu	75
Grafik 5. Parametar hrapavosti R_v za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu	76
Grafik 6. Parametar hrapavosti R_z za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu	77
Grafik 7. Parametar hrapavosti R_{sm} za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu	78
Grafik 8. Abbott-Firestone kriva za referentni uzorak, uzorak 1 i uzorak 2 (123.000 otisaka)	80
Grafik 9. Abbott-Firestone kriva za referentni uzorak, uzorak 1 i uzorak 2 (177.000 otisaka)	80
Grafik 10. Abbott-Firestone kriva za referentni uzorak, uzorak 1 i uzorak 2 (300.000 otisaka)	81
Grafik 11. Kontaktni ugao između vode i neštampajućih delova štamparske forme	83
Grafik 12. Kontaktni ugao između glicerina i neštampajućih delova štamparske forme	84
Grafik 13. Kontaktni ugao između dijodmetana i neštampajućih delova štamparske forme	84
Grafik 14. Ukupna slobodna površinska energija	85
Grafik 15. Polarna komponenta slobodne površinske energije	86
Grafik 16. Nepolarna komponenta slobodne površinske energije	87
Grafik 17. Spektar vrednosti za referentnu štamparsku formu	98
Grafik 18. Spektar vrednosti za uzorak 1 nakon 300.000 otisaka	99
Grafik 19. Spektar vrednosti za uzorak 2 nakon 300.000 otisaka	100

SPISAK TABELA

Tabela 1. Kvašenje metala uljem	16
Tabela 2. Litografski red metala	17
Tabela 3. Osobine mineralnih vrsta od kojih se dobija aluminijum oksid	21
Tabela 4. Procesi anodizacije aluminijuma	28
Tabela 5. Parametri razvijanja štamparske forme	56
Tabela 6. Osnovne tehničke karakteristike uređaja za štampanje Komori System 38 D	58
Tablela 7. pH vrednost, električna provodljivost, temperatura i površinski napon rastvora za vlaženje u toku procesa štampe	61
Tabela 8. Prikaz tehničkih karakteristika uređaja TimeSurf TR200	63
Tabela 9. Prikaz tehničkih karakteristika EDS analize	68
Tabela 10. Prikaz tehničkih karakteristika uređaja Data Physics SCA20	70
Tabela 11. Parametri merenja	73
Tabela 12. Slobodna površinska energija (γ_{lv}) i njena nepolarna (γ_{lv}^d) i polarna (γ_{lv}^p) komponenta i viskozitet tečnosti	82
Tabela 13. Radni parametri SEM analize	88
Tabela 14. Maseni i atomski udeo (%) u analizi referentne štamparske forme dobijen EDS analizom	98
Tabela 15. Maseni i atomski udeo (%) u analizi štamparske forme za uzorak 1 dobijen EDS analizom	99
Tabela 16. Maseni i atomski udeo (%) u analizi štamparske forme za uzorak 2 dobijen EDS analizom	100

UVOD

1. CILJ RADA I HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA

Površinska struktura štamparske forme se može posmatrati kroz niz pojmove koji opisuju njena svojstva, pre svega kroz mikrostrukturu površine i karakteristike oksidne prevlake formirane na površini aluminijuma, metala koji se najčešće primenjuje za izradu štamparskih formi za offset štampu. Sama struktura aluminijuma i oksid kojim je aluminijum oslojen u velikoj meri utiču na fizičko-hemijsku stabilnost kopirnog sloja, tj. štampajućih elemenata, a samim tim i neštampajućih (slobodnih) površina u toku procesa štampe.

Izdržljivost aluminijuma prema mehaničkom trošenju, njegova postojanost i dugotrajnost, kao i zaštita od korozije, predmet su istraživanja različitih naučnih područja. Istraživanja su naročito značajna u području grafičke tehnologije, u procesu izrade štamparske forme i njene eksploatacije u toku procesa štampe. Stabilnost i otpornost štamparskih formi za offset štampu je veoma važan segment, kako u procesu izrade i obrade samih formi, tako i u njihovoj eksploataciji tj. procesu štampe. Površina štamparske forme se sastoji od porozne mikrostrukture aluminijum oksida koja joj istovremeno određuje funkcionalna svojstva i ograničava mogućnost reprodukcije. Međusobno delovanje različitih uticaja, pre svega pri procesu osvetljavanja površine štamparske forme, a zatim razvijanja i sušenja, uzrokuju odstupanja prethodno definisane površine od njenog oblika. Međutim, uzročnik najvećeg broja promena koje nastaju je proces štampe, u kojem se javlja iteracija više različitih komponenti, te se tako stvaraju promene u površinskoj teksturi, hrapavosti i usmerenosti štamparske forme u smislu oštećenja površine. Pojam nepravilnost površine, definisan kao odstupanje površine od idealnog oblika, se prvenstveno odnosi na oštećenja slobodne površine u smislu promene njene hrapavosti u toku procesa štampe.

Oštećenja tog tipa u mikrostrukturi površine mogu negativno delovati na adsorpciju sredstva za vlaženje na slobodnim površinama, a samim tim i na optimalan odnos između sredstva za vlaženje i boje u procesu štampe.

Karakterizacija neštampajućih (slobodnih) površina štamparske forme za offset štampu odnosi se i na praćenje i definisanje mehaničkih promena u mikrostrukturi površina pre i nakon procesa štampe određenog tiraža, merenje i analizu kontaktnog ugla koji se stvara između štamparske forme i tečnosti za vlaženje u toku procesa štampe. Istraživanje takođe obuhvata i mikroskopsku analizu uzorka.

Program istraživanja obuhvata detaljnu analizu postojećih i aktuelnih svetskih rezultata iz ove oblasti istraživanja u kojem će biti opisani aktuelni podaci i saznanja vezana za istraživane procese. U teorijskom delu rada biće opisan postupak izrade štamparskih formi, navedena svojstva štamparskih formi, osobine i dobijanje aluminijuma, osobine oksida aluminijuma, opisan postupak obrade metala za izradu štamprske, forme kao i anodizacija i priprema aluminijuma za izradu štamparskih formi. Sva navedena područja podrazumevaju povezivanje sa trenutnim rezultatima istraživanja, što omogućava blagovremen i savremeni pristup opisu problema.

Dosadašnja istraživanja i postojeće kontrolne merne trake i forme omogućavaju praćenje i kontrolu kvaliteta štampajućih elemenata, tj. kopirnog - fotosetljivog sloja štamparskih formi nakon procesa osvetljavanja, razvijanja i u toku procesa štampe. Međutim, one ne obuhvataju praćenje promena u površinskim strukturama slobodnih površina, koje su jednako značajne za održavanje stabilnosti i odgovarajućih funkcionalnih svojstava štamparskih formi za vreme procesa reprodukcije. Iz tog razloga je neophodna karakterizacija upravo tih površina koje su sastavljene od prevlake aluminijum oksida.

Kroz eksperimentalna istraživanja površine aluminijum oksida nakon eksploatacije u procesu štampe, daje se prilog aktuelnim svetskim istraživanjima u ovoj oblasti. Obradom i analizom literature, analizom dobijenih rezultata, statističkom obradom rezultata očekuje se dobijanje parametara za potvrđivanje teorijskih pretpostavki i radnih hipoteza. Iz navedenog se mogu postaviti radne hipoteze:

- Karakterizacija površinske mikrostrukture slobodnih površina štamparske forme obaviće se u odvojenim istraživanjima pomoću različitih metoda merenja, koje će omogućiti detaljnu analizu površinskih mikrostruktura štamparskih formi.
- Definisanjem parametara hrapavosti za analizu topografije slobodnih površina mogu se odrediti relevantni parametri hrapavosti koji prikazuju detaljnu karakterizaciju i promene u mikrostrukturi površina uzrokovane dužinom eksploatacije štamparske forme.
- Mehaničkim metodama za karakterizaciju površina moguće je utvrditi koje se promene događaju u površinskim strukturama štamparskih formi, naročito u slučaju ako se mikrostruktura površine menja usled pritiska nastalog u toku procesa štampe.
- Kontaktni ugao između sredstva za vlaženje i ispitivanih površina, neštampajućih elemenata štamparske forme, ukazuje na promene u interakciji sredstva za vlaženje i površinskih struktura slobodnih površina koje nastaju kao posledica duže eksploatacije štamparske forme u procesu štampe.
- Mikroskopskom analizom površinske struktura slobodnih elemenata štamparske forme može se utvrditi korelacija između rezultata dobijenih pojedinim metodama merenja radi dalje karakterizacije površina.

Ispitivanje površine neštampajućih delova štamparske forme, odnosno aluminijum oksida i međuzavisnosti promena tih veličina u odnosu parametara sredstva za štampu, mogu dati važne podatke za praćenje procesa reprodukcije i tačnog određivanja mogućnosti eksploatacije štamparske forme. Sa fizičke strane, definisanjem i ostalih karakteristika materijala za štampu i boje, koja se koristi kroz definisanje fizičkih veličina koje utiču na promenu hrapavosti, može se dodatno ukazati na promene u mikrostrukturi površina koje nastaju na površini štamparske forme.

1.1 Način rešavanja problema

Na osnovu teorijskih istraživanja i rezultata, definisan je pristup karakterizaciji najvažnijih veličina koje su označene kao varijabilni faktori u procesu reprodukcije, a koji direktno utiču na mikrostrukturne promene slobodnih površina štamparske forme.

Prikazom aktuelnih rezultata istraživanja drugih autora, prikazaće se osnovne smernice za teorijsko razmatranje karakteristika za eksperimentalno istraživanje osobina aluminijum oksida, te njegovo ponašanje kao prevlake na termalnoj CtP štamparskoj formi za offset štampu. Time će se lakše definisati uticaj dužine eksploatacije štamparske forme na dugotrajnost slobodnih površina, te iteracija istih sa sredstvom za vlaženje i ostalim materijalima koji imaju uticaj na proces štampe. Najvažnije eksperimentalne metode su date kroz kratak opis potrebe za kvantifikacijom određenih procesnih parametara koji utiču na krajnje rezultate.

- Površinske karakteristike štamparske forme pre i posle procesa štampe

U toku procesa štampe, usled delovanja sredstva za vlaženje i pritiska gumenog omotača, te nečistoća od papira i boje, dolazi do promene mikrostrukture i topografije neštampajućih površina. Izravnavanje ili stvaranje drugih površinskih efekata ima direkstan uticaj na mogućnost reprodukcije, a time i na dugotrajnost neštampajućih elemenata. Merenjem specifičnih veličina parametara hrapavosti površina dolazi se do kvantifikacije uticaja materijala, koji učestvuju u procesu štampe, na površinsku mikrostrukturu aluminijum oksida. Analiza promena površinske strukture je urađena kroz metode kvantifikacije ispitivanih površina uz pomoć digitalnog uređaja za merenje hrapavosti radi dobijanja što potpunije slike potrebne za kvalitet opisa neštampajućih površina.

- Merenje karakteristika sredstva za vlaženje

Merenjem pH vrednosti, temperature i provodljivosti dobijaju se podaci pomoću kojih se može izraziti uticaj količine sredstva za vlaženje na neštampajuće površine u toku procesa štampe, što je važan parametar za kontrolu kvaliteta reprodukcije otiska. Takođe, svaka promena pomenutih parametara direktno utiče na sloj aluminijum oksida koji se nalazi na površini štamparske forme, a samim tim i na površinske karakteristike pomenute prevlake.

- Merenje kontaktnog ugla

Formiranje kontaktnog ugla između čvrste materije, u ovom slučaju neštampajućih površina štamparske forme sačinjenih od prevlake aluminijum oksida, i tečne materije, sredstva za vlaženje, je veoma značajno za pravilan tok procesa štampe. Naime, odnos između boje i sredstva za vlaženje, te kvalitetna reprodukcija slike sa štamparske forme na podlogu za štampu,

u velikoj meri zavisi od kontaktnog ugla koji se stvara na površini neštampajućih elemenata štamparske forme.

Nakon prikupljenih odgovarajućih numeričkih podataka za određivanje promena površinske hrapavosti, vrste površine, informacija o karakteristikama sredstva za vlaženje, te merenja kontaktnog ugla između sredstva za vlaženje i slobodnih površina štamparske forme, izvršiće se analiza i potvrđivanje postavljenih radnih hipoteza. Rezultati ispitivanja će, kroz obradu analiziranih veličina, dovesti do zaključka i doprinosa dosadašnjim istraživanjima u kojoj meri proces štampe utiče na mikrostrukturne, a time i fizičke promene neštampajućih površina štamparske forme za offset štampu. Te promene na neštampajućim površinama mogu dati značajna saznanja u pogledu upotrebljene vrednosti samih materijala, kao i osnovu za definisanje korelacija koje se mogu koristiti pri proizvodnji štamparskih formi kao i u softverskim rešenjima za simulaciju procesa štampe, te time i budućeg izgleda grafičkih proizvoda.

ISTRAŽIVANJE TEORIJSKIH PRILAZA U REŠAVANJU PROBLEMA

2. OSNOVE CTP TEHNOLOGIJE

Tehnička revolucija, koja je primetna u svim područjima industrije, usled automatizacije i brzine rada, pretvara tradicionalne procese reprodukcije u procese prošlosti. Kada je reč o grafičkoj industriji, može se reći da je poslednju deceniju obeležio niz značajnih promena koje su prouzrokovane napretkom tehnologije. Simultani razvoj uređaja, računarskih sistema kao i programskih aplikacija, u velikoj meri je uticao na razvoj mnogobrojnih noviteta u različitim procesima grafičke industrije. Područje grafičke pripreme je doživelo značajne promene upravo zahvaljujući tehničkoj revoluciji. Grafički film, koji je korišćen kao prenosni medij u grafičkoj tehnologiji, gde je postupak izrade štamparskih formi sastavljen od tri segmenata: računar-film-štamparska forma (Computer to Film to Plate), skoro u potpunosti je zamenjen novom tehnologijom direktnog osvetljavanja štamparske forme iz računara koja se naziva tehnologijom od računara do ploče (Computer to Plate - CtP). Computer to Plate, je do nedavno bio nov pojam u svetu grafičke tehnologije, međutim, danas je sve više štamparija koje su stare metode zamenile novom i koje već neko vreme koriste novu tehnologiju.

CtP tehnologija predstavlja postupak direktnog, kompjuterski kontrolisanog osvetljavanja štamparske forme koja ujedno eliminiše deo procesa povezanih sa osvetljavanjem i razvijanjem filma i njegovim kopiranjem na ofset ploču. Ova tehnologija, takođe omogućava izradu štamparskih formi mnogo brže, redukuje troškove, izostavljajući tradicionalne korake u procesu grafičke pripreme (Adams i Romano, 1996). Kao i većina tehnoloških otkrića, CtP postupak izrade štamparskih formi proizvod je i rezultat istraživanja na nekoliko različitih područja. Proširenje upotrebe štamparskih formi, laserske tehnologije, fotopolimerne hemije i stonog izdavaštva uticalo je na stvaranje postojećih CtP sistema (Kipphan, 2001), (Holland, 2002), (Gemeinhardt, 2001).

Istraživanja su pokazala da operacije u proizvodnji primenom CtP tehnologije smanjuju troškove za 50%, u poređenju sa CtF tehnologijom, i da je primenom CtP tehnologije za povratak investicija pri ulaganju u ovaj sistem potrebno manje od godinu dana (Baker, 1997).

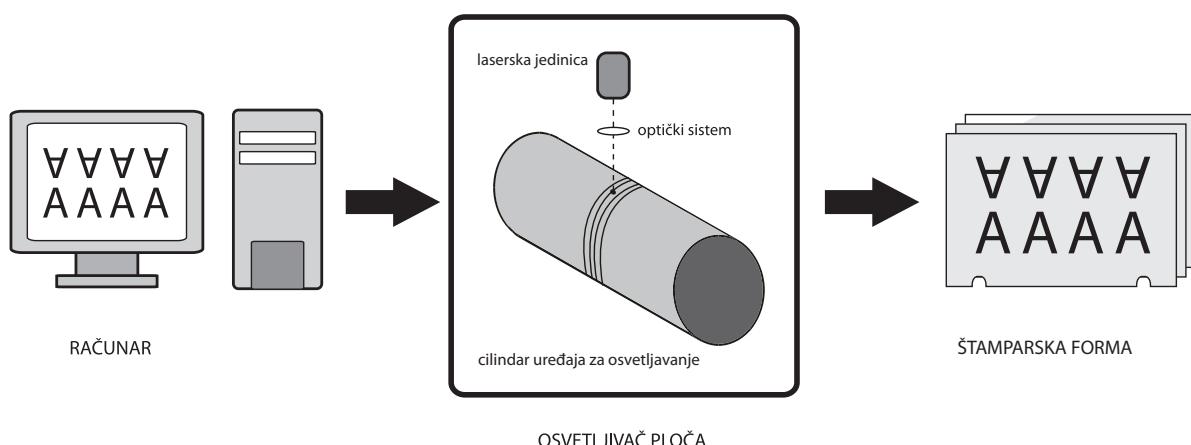
CtP tehnologija olakšava proces štampe jer daje bolji kvalitet tonskih vrednosti na štamparskim formama. U ovom domenu je prisutan i visok nivo automatizacije izrade štampajućih elemenata, pozicioniranja ploče, uklanjanja zaštitnih slojeva ploče, osvetljavanja, pranja, termičke obrade i odlaganja u završnoj fazi. Trenutne tendencije na ovom polju su usmerene ka razvijanju tehnologija koje otvaraju mogućnost uklanjanja preostalih varijabli i procesnih koraka u CtP postupku osvetljavanja i obrade ploča.

Kada je reč o počecima CtP tehnologije, oni su vezani za firmu EOCOM i prezentaciju Laserite sistema, početkom 1975. god. Ovaj sistem je bio prilagođen osvetljavanju Wipe ofset ploča, a

proba je obavljena u štampariji dnevnih novina Star Gazette u Elmiru, NY, USA. Narednih dvadeset godina odlikuje period različitih pokušaja i nažalost, skoro nijedno ponuđeno rešenje nije dovelo do značajnijeg uspeha. U letu 1993. god. u austrijskom gradu Bregenz kod izdavača Voralberger Nachrishten instaliran je sistem Gerber LE 55 APT/Autologic. Geografski položaj Bregenza omogućio je da na ovoj instalaciji IFRA, NATS, EMPA i UGRA urade seriju testova ekonomičnosti i kvaliteta. Dobijeni rezultati su pokazali da je kvalitet isti, pa čak i znatno viši u odnosu na konvencionalnu negativ ploču, a da su ukupni troškovi (investicija, prostor, radna snaga i troškovi materijala) po jednoj strani/ploči niži (Pešterac, 2004). Ova analiza stvorila je tehnologiji Computer to Plate slobodan prostor na svetskom tržištu.

Danas CtP predstavlja industrijski standard u razvijenim zemljama sveta, pre svega dominantno u području offset štampe, gde zahtevi za kvalitetom i brzinom već izvesno vreme ne ostavljaju mnogo mesta za druge opcije. Iako je u međuvremenu razvijena tehnologija koja je otisla jedan korak dalje, Computer to Press, gde je CtP sistem praktično integriran u visoko automatizovanu štamparsku mašinu, te se osvetljavanje štamparskih formi odvija direktno u mašini za štampu. Međutim, ovi sistemi nisu toliko dominantni jer su troškovi eksploatacije veoma visoki, optimalno su prilagođeni vrednostima tzv. srednjih tiraža, što na kraju cenu konačnog otiska čini nekonkurentnom na tržištu.

Osnovni elementi svakog CtP sistema (slika 1) su: računar, uređaj za osvetljavanje i štamparska forma. Sve tri komponente su u poslednjoj deceniji dostigle visok tehnološki nivo za širok spektar praktične upotrebe (Kipphan, 2001).



Slika 1. Osnovni elementi CtP sistema

Računar – zauzima prvo mesto, jer od njega polaze informacije u digitalnom obliku potrebne za osvetljavanje ploče. Praktično sve operacije koje su prethodile dobijanju latentne slike na pozitiv ili negativ offset ploči pri nekadašnjem načinu dobijanja štamparske forme se sada obavljaju softverski, unutar računara (slaganje teksta i fotografija tj. prelom, položaj stranica na tabaku) ili uz eventualnu pomoć eksternih uređaja (skeniranje ili fotografisanje digitalnim fotoaparatom). Korišćenje Raster Image Processor softvera za dobijanje rastiranih separacija

i skladištenje velikih količina podataka, bilo ono privremeno ili trajno, takođe se obavlja pomoću računara. Posledica toga je skraćeno vreme potrebno za dobijanje digitalnog predloška i absolutna preciznost. Međutim, i pored izuzetnih kapaciteta i performansi modernih računara, pravilo je da se ovi zadaci obavljaju na odvojenim konfiguracijama, a raspored i organizacija se često razlikuju od jednog radnog toka do drugog. Primera radi, preporuka je da funkcije RIP-ovanja i impozicije budu na odvojenim računarima, ali u primeru radnog toka koji funkcioniše kao PostRIP (stranice se rasterizuju odvojeno, a tek onda sklapaju u celinu), moguće je ove dve funkcije obavljati na istom sistemu bez bitnih promena po pitanju opterećenja resursa.

Pored ovih funkcija, računar se koristi i da direktno kontroliše sam osvetljivač, ali ovde je izuzetno važno da je jednom računaru dodeljena isključivo ta funkcija. Zavisno od proizvođača, za ovu namenu se isporučuje standardna ali programski optimizovana konfiguracija (dakle, bez bilo kakvih suvišnih funkcija koje bi usporavale manipulaciju i transfer podataka) ili je računar već ugrađen u upravljačku konzolu osvetljivača.

Sistem za osvetljavanje – informacije o štamparskim elementima koji će biti oslikani na ploči se iz računara prosleđuju do osvetljivača, koji najčešće laserskim putem prenosi svetlosnu ili toplotnu energiju (zavisno od vrste lasera, tj. tehnologije osvetljavanja) na osjetljivu površinu ploče. Ovo je svakako centralni element CTP sistema sa svim svojim specifičnostima i faktorima koji utiču na izradu štamparske forme. Postoji više različitih konstrukcionih rešenja, ali i u okviru istog tipa konstrukcije funkcionisanje u izvesnim detaljima varira od proizvođača do proizvođača.

Štamparska forma – trenutno postoji širok spektar ofset ploča dostupnih na tržištu koje se razlikuju po materijalu od kojih je izrađen osnovni sloj, po vrsti materijala i osjetljivosti kopirnog sloja, kao i po fizičko-hemijskom tretmanu koji zahtevaju nakon osvetljavanja (Kipphan, 2001).

2.1 Konstrukcija CtP sistema za ofset štampu

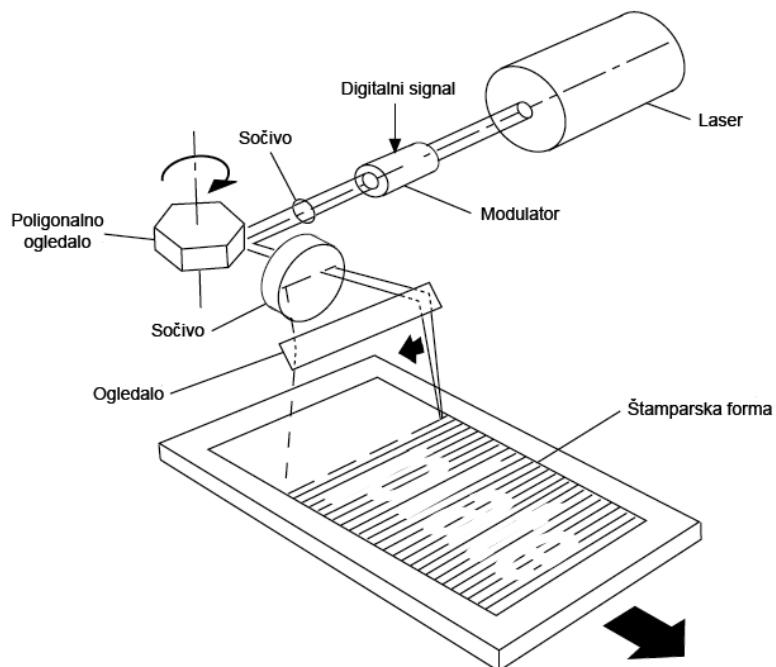
Tehnologija osvetljavanja ploča je direktno preuzeta i prilagođena novom materijalu na osnovu postojećih osvetljivača filmova (CtF – Computer To Film). Prema konstrukcijskoj izvedbi, razlikuju se tri tipa uređaja za osvetljavanje ploče: ravni tzv. flat-bed osvetljivači, osvetljivači sa spoljašnjim cilindrom i sa unutrašnjim cilindrom (Pešterac, 2002).

2.1.1 Ravni osvetljivači

Kod ravnih osvetljivača štamparska forma se postavlja horizontalno na ravnu podlogu tokom osvetljavanja, a najčešća izvedba se sastoji iz optičkog sistema sa ogledalom i korekturnim sočivima koji prenosi laserski zrak liniju po liniju po površini ploče. Uprkos ovako kompleksnom optičkom sistemu javljaju se deformacije u obliku rasterske tačke koje postaju izraženije kako

zrak ide prema ivicama ploče (Slika 2). Ovakvi problemi se takođe pojačavaju sa povećanjem formata. Rešenja za ovaj nepoželjni efekat postoje, ali se njihova implementacija pokazala skupom.

Zbog distorzije rasterske tačke, ovakvi uređaji za osvetljavanje štamparskih formi se uglavnom koriste za manje formate (maksimalno 50 x 70 cm), te su svoju idealnu primenu našli u novinskoj produkciji, gde je brzina veoma bitna. Kako se u novinskoj produkciji najčešće upotrebljava jedna štamparska forma za jednu stranicu novina, te forme su relativno male tako da distorsija rasterskih tačaka i nije toliko izražena. Jednostavno rukovanje štamparskim formama i veoma kratko vreme za osvetljavanje, u kombinaciji sa tehnologijom CtP ploča koje koriste vidljivi ili UV deo svetlosnog spektra, dovele su do masovnog korišćenja ovih uređaja u novinskoj štampi (Kipphan, 2001).



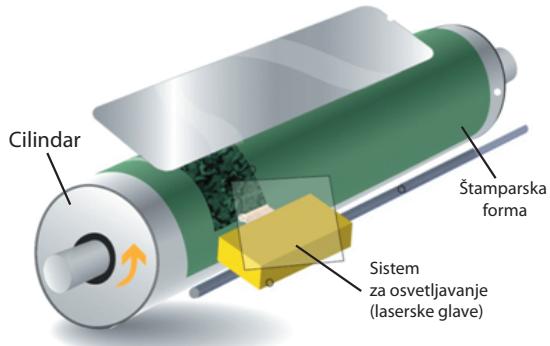
Slika 2. Princip osvetljavanja ravnog CtP osvetljivača

Jedini postojeći CtP sistemi koji koriste UV lampe umesto lasera (proizvođača BasysPrint), takođe su ravne konstrukcije, ali ne sadrže optički sistem koji izaziva pomenuti problem, već glavu za osvetljavanje koja se kreće na bliskom rastojanju od ploče i direktno je osvetljava. Slična rešenja su iskorišćena i kod modela drugih proizvođača koji koriste laserski izvor svetlosti kod ravnih osvetljivača (Basysprint, 2010).

Najveća prednost ovakvih sistema leži u lakov i jednostavnom rukovanju pločom, što ih opet čini primamljivim u sektoru novinske štampe, zbog skraćenja ukupnog vremena koje je potrebno za dobijanje osvetljene ploče, tj. štamparske forme (Basysprint, 2010).

2.1.2 Osvetljivači sa spoljašnjim cilindrom

Kod ovakvih uređaja, ploča se pozicionira po spoljašnjoj strani cilindra na sličan način kao što je to slučaj na standardnoj offset mašini. Glava za osvetljavanje je postavljena iznad cilindra i fokusira jedan ili više laserskih zraka na površinu ploče i ispisuje sliku pomerajući se duž ose cilindra (Slika 3), koji se pritom okreće definisanim brzinom, zavisno od modela između 150 i 1400 obrtaja u minuti, obezbeđujući na taj način idealno pozicioniranje svake tačke na ploči (Pešterac, 2002). Brzina rotiranja nije ograničena mehanizmom za učvršćivanje ploče ili balansom cilindra, već snagom laserom tj. vremenom potrebnim da se izvrši osvetljavanje (Kiphann H., 2001).



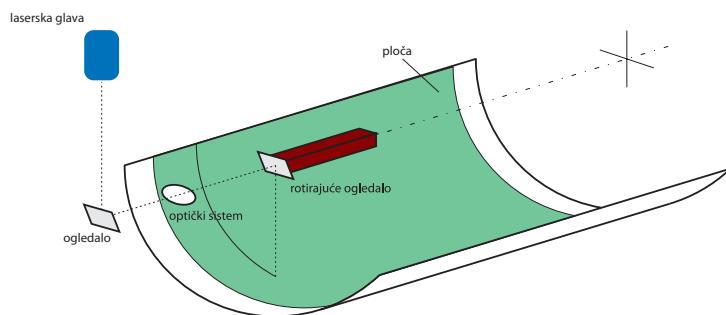
Slika 3. Princip osvetljavanja CtP osvetljivača sa spoljašnjim cilindrom

Prednost ovakve konstrukcije je jednostavnost (mehanička i optička), koja omogućava lako fokusiranje više lasera istovremeno, što skraćuje vreme potrebno da se ploča osvetli. Sa druge strane, ovakav način montiranja ploče na cilindar skoro onemogućava integraciju uređaja za bušenje (registar sistem), te je neophodno posedovati ovaj uređaj van osvetljivača.

2.1.3 Osvetljivači sa unutrašnjim cilindrom

Kod osvetljivača sa unutrašnjim cilindrom, ploča se pozicionira po unutrašnjem obodu cilindra (obično pod uglom većim od 180°). Na geometrijskoj osi takvog cilindra se nalazi optički sistem na čijem je kraju ogledalo koje rotira velikom brzinom (više od 40 000 obrtaja u minuti) i usmerava zrake ka površini ploče, dok se ceo sistem polako pomera aksijalno. Da bi osigurali stabilnost sistema i vibracije sveli na minimum, neki proizvođači ovakvih osvetljivača ugrađuju granitnu osnovu. Sama ploča je po pravilu fiksirana u jednom položaju. Kod ovih uređaja štamparska forma se pričvršćuje pomoću podprtiska, tako da je kopirni sloj okrenut prema unutrašnjosti cilindra (ploča se pozicionira po unutrašnjem obodu cilindra). Glava za

osvetljavanje se nalazi u centru cilindra (ili izvan nje) i snop svetlosti se usmerava prema štamparskoj formi, tj. prema kopirnom sloju (slika 4).



Slika 4. Princip osvetljavanja CtP osvetljivača sa unutrašnjim cilindrom

Postoje dva načina osvetljavanja štamparske forme: rotiranje svetlosnog izvora oko ose ili rotiranje optičkog sklopa. Pri prvom načinu rotira se svetlosni izvor i pomera se po dužini štamparske forme i tako je osvetljava. Prednosti ovakvog sistema se ogledaju u blizini svetlosnog izvora prema štamparskoj formi, te je moguće koristiti izvore manjih snaga zbog manjeg rasipanja svetlosnog intenziteta. Takođe, ovakva konstrukcija omogućava i izuzetnu tačnost pri oslikavanju, jer se rotacijom svetlosnog izvora mnogo lakše manipuliše nego rotacijom optičkog sklopa (ogledala) (Kipphan, 2001).

Drugo rešenje je kada je svetlosni izvor fiksiran, a rotira se optički sklop, tj. ogledalo, uz istovremeno pomeranje duž ose cilindra. Ta rotacija je izuzetno brza, preko 40.000 obrtaja u minuti, i pomoću nje ogledalo usmerava zrake ka površini ploče, a svetlosni izvor (zajedno sa optičkim sklopom) se pomera duž ose cilindra. Negativne pojave u vidu vibracija su dovele do problema da je bilo izuzetno teško usmeriti više zraka precizno prema štamparskoj formi.

Kako je teško precizno usmeriti više zraka na ovaj način, neki proizvođači su odbacili sistem sa ogledalima u korist rotirajuće glave sa laserskom grupom (npr. Lüscher XPose!). Ovako postavljen, izvor svetlosti je blizu površine ploče, te se povećava preciznost i smanjuje rasipanje laserske energije. Često se ovakve konstrukcije postavljaju na anti-vibracione podloge, što dodatno povećava izdatke kao i samu težinu uređaja, i ponekad može da predstavlja određeni problem (uredaji za osvetljavanje se često nalaze na spratovima u štamparijama).

Prednosti svih ovih uređaja ogledaju se u jednostavnosti promene formata štamparskih formi jer nema potrebe da se izvrši rebalansiranje uređaja, kao što je to slučaj sa sistemom sa spoljašnjim cilindrom. Takođe, moguća je ugradnja uređaja za bušenje štamparskih formi, te se tako eliminiše potreba za dodatnim uređajem koji bi izvršio naknadno bušenje.

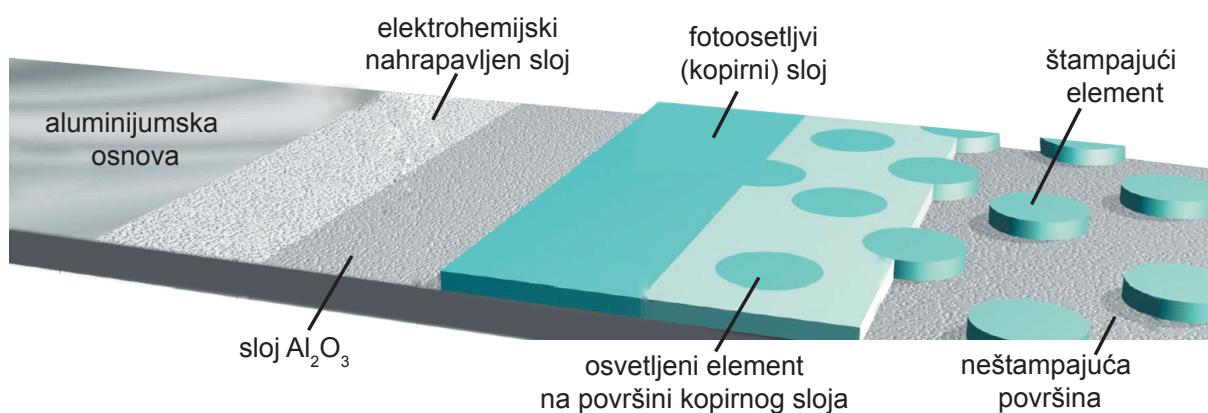
Negativne osobine ovakvih sistema predstavljaju komplikovanost pozicioniranja štamparskih formi prema unutrašnjem delu cilindra (zapravo polucilindra), i nemogućnost korišćenja više izvora svetlosti istovremeno. To naravno omogućuje i pristupačniju cenu ovih uređaja, ali ujedno i manje brzine osvetljavanja.

3. STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

Štamparska forma je nosilac grafičkog zapisa, koji se uz pomoć boje za štampu i odgovarajućeg pritiska prenosi na podlogu za štampu. U osnovi, svaka offset ploča sastoji se od podloge ili nosača, najčešće aluminijuma sa nahrapavljenom i anodiziranom površinom, koji je presvučen slojem aluminijum oksida (Al_2O_3), preko kojeg je nanet fotoosetljivi kopirni sloj (Slika 5.). U procesu offset štampe, prenos slike sa štamparske forme je omogućen uz karakterističan odnos neštampajućih i stampajućih površina koje se nalaze u prividno istoj ravni. Međutim, razlika u visini, koja se iz tehnoloških razloga ne može izbeći, je oko 2 do 3 μm i nema značajnijeg uticaja na sam proces reprodukcije (Magdy Ezzat Abd El Kader, 2004).

U funkcionalnom smislu, slobodne i stampajuće površine imaju različita fizičko-hemijujska svojstva, pri čemu su slobodne površine hidrofilne - oleofobne i sastoje se od polarnog aluminijum oksida, dok su stampajuće površine sačinjene od nepolarnog fotoosetljivog sloja te se ponašaju kao hidrofobne - oleofilne. Ova karakteristika stampajućih i neštampajućih elemenata omogućava sredstvu za vlaženje da se adsorbuje za slobodne - hidrofilne površine, dok se boja vezuje za stampajuće - oleofilne površine (Lovereček i Gojo, 2003).

Imajući u vidu da nijedna metalna površina nije istovremeno hidrofilna i hidrofobna, za izradu offset štamparske forme posebno se obrađuju slobodne površine koje su sačinjene od aluminijum oksida, a posebno stampajuće površine koje su sačinjene od fotoosetljivog - kopirnog sloja. Iako aluminijum ima sposobnost da spontano oksidira sa kiseonikom iz vazduha, elektrohemijujskim procesom anodne oksidacije se na površini aluminijuma stvara oksidni sloj određene debljine i osobina. Zbog svoje porozne strukture, aluminijum oksid će u procesu nanošenja fotoaktivnog sloja omogućiti njegovu bolju adheziju na površinu, te će tako uticati na bolju adsorpciju sredstva za vlaženje na slobodne površine u toku procesa štampe (Mahović, 2007).



Slika 5. Površinska struktura offset CtP štamparske forme

Osvetljavanjem se, u postupku izrade štamparskih formi, na površini fotoosetljivog sloja stvara budući štampajući element - slika, koja će se u procesu štampe preneti na podlogu za štampu. Prilikom procesa osvetljavanja dolazi do fotohemiske promene u kopirnom sloju, pri čemu eksponirane površine sloja postaju hemijski rastvorljive u određenom rastvoru i nazivamo ih pozitiv štamparske forme. One štamparske forme čija površina nakon osvetljavanja postaje hemijski postojana u određenom rastvoru nazivamo negativ štamparske forme (Urano, Kohori, Okamoto 2004).

U toku procesa štampe, sredstvo za vlaženje će se usled pojave tzv. selektivne adsorpcije zadržati samo na slobodnim - hidrofilnim površinama. Boja za štampu, koja se nanosi preko cele površine štamparske forme će se prihvati samo za štampajuće elemente, odnosno hidrofobne površine. U toku procesa štampe, na podlogu se prenosi boja sa štampajućih površina i sredstvo za vlaženje sa slobodnih površina. Rezultat procesa je reprodukcija sa informacijom prenesenom sa štamparske forme na podlogu za štampu, dok sredstvo za vlaženje, koje se u procesu štampe u tankom sloju prenosi na površinu štamparske podloge, ubrzo nakon reprodukcijskog procesa isparava (Aurenty, Lemery i Gandini, 1997).

Na proces štampe i na prenos slikovnih elemenata sa površine štamparske forme na podlogu za štampu utiče niz parametara, koji u osnovi obuhvataju uslove u kojima se odvija izrada štamparskih formi (Mahović, 2007), kao i uslove u kojima se odvija proces štampe i tiraž za koji se štamparska forma upotrebljava (Pavlović, Novaković, Gojo, 2010). Zbog toga je mehanizam formiranja štampajućih i neštampajućih elemenata i izrada štamparskih formi, a posebno karakterizacija štampajućih i neštampajućih površina, kao i njihova interakcija sa supstancama i materijalima koji učestvuju u procesu reprodukcije, od posebnog interesa za određivanje površinskih svojstava i stabilnosti štamparskih formi.

3.1 Svojstva metala za izradu ofset štamparskih formi CtP tehnologije

Od ukupno oko 80 metala koji se nalaze u prirodu, samo su neki pogodni za izradu štamparskih formi. Upotrebljavaju se uglavnom metali u valjanom obliku, što znači limovi i folije, kao i žice za izradu sita. Limom se smatra valjani metal debljine od 0,5 mm dok se tanji metali obično zovu folije. Osim ovih, štamparske forme mogu predstavljati i metalne prevlake, koje se izrađuju hemijskim ili elektrohemijskim postupcima.

Prikladnost metala za izradu štamparskih formi zavisi od njegovih mehaničkih i hemijskih svojstava. Mehanička svojstva metala koja su značajna za izradu ofset štamparskih formi su: tvrdoća, elastičnost, dimenzionalna stabilnost, zatezna jačina, mogućnost valjanja u limove i folije, otpornost na habanje itd.

Pre početka procesa štampe, štamparska forma je izložena zatezanju pri postavljanju na cilindar i zakrivljenju po krivini cilindra. Ovako napregnuta ploča treba da izdrži i naprezanja tokom štampe. Ako fizičko-mehanička svojstva ploče ne odgovaraju predviđenim naprezanjima,

u toku štampe može doći do plastičnih deformacija ploče, pa i loma, najčešće u vidu pucanja na sastavima.

Za ispitivanje mehaničkih svojstava materijala od kojih su načinjene offsetne ploče, koriste se metode ispitivanja zatezne jačine i relativnog izduženja offset ploče, ispitivanje tvrdoće, ispitivanje dvostrukim previjanjem i ispitivanje na duboko izvlačenje.

Tvrdoća je svojstvo čvrste materije da se odupire mehaničkim silama koje nastoje da razbiju njenu površinu. Tvrdoća metala i legura za izradu štamparske forme mora da bude što veća, da bi se postigao veliki tiraž.

Dimenzionalna stabilnost je svojstvo čvrste materije da ne menja svoje dimenzije pod uticajem promena temperature i relativne vlažnosti vazduha i najviše zavisi od tačke topljenja metala ili legura - metali sa niskom tačkom topljenja imaju slabiju dimenzionu stabilnost.

Elastičnost je svojstvo metala da svoj oblik prilagodi delovanju spoljašnjih mehaničkih sila i da ga zadrži sve dok te sile deluju. Po prestanku delovanja ovih sila metal se vraća u prvobitni oblik. Elastičnost je ograničena granicom elastičnosti, zbog čega štampar mora pažljivo da napinje štamparsku formu na štamparski cilindar. Usled prekoračenja granice elastičnosti, dolazi do plastične deformacije ili kidanja štamparske forme, što je poseban problem kod rotacione štampe, jer se pri napinjanju na štamparski cilindar offsetna ploča jako zakriviljuje.

Relativna rastegljivost (izduženje) ukazuje koliko se metal rastegne prilikom loma u poređenju sa početnom dužinom:

$$R_o = \frac{I_i - I_o}{I_o} \times 100 \quad (1)$$

Gde je:

I_o - početne dužina metalnog uzorka

I_i - dužina nakon loma

R_o - relativna rastegljivost

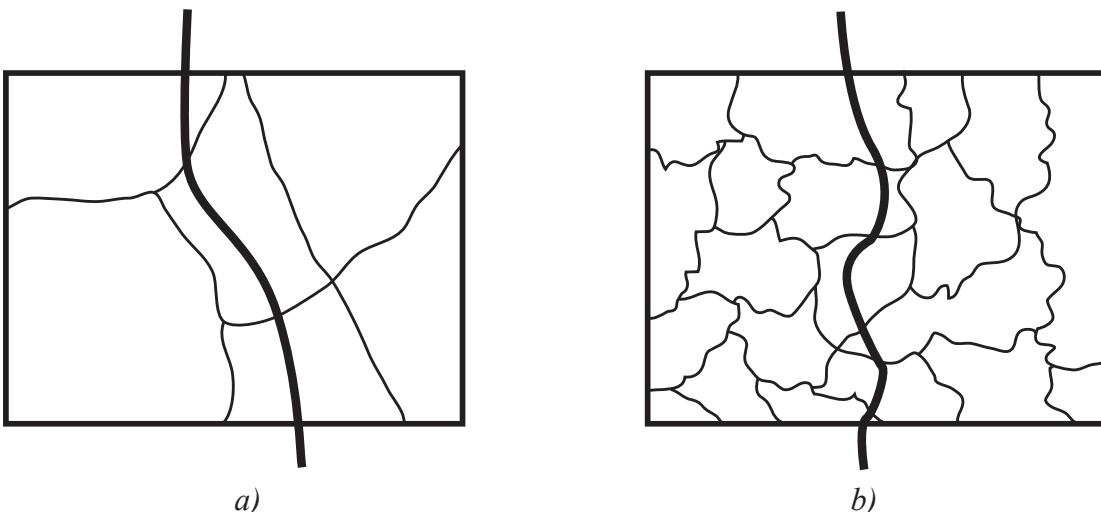
Čvrstoća je svojstvo čvrstog tela da se odupire mehaničkom i termičkom naprezanju prouzrokovanim spoljašnjim silama. Štamparska forma, koja je naneta na štamparski valjak offsetne mašine, napregnuta je uglavnom na istezanje i pritisak.

Na tvrdoću i čvrstoću metala i legura utiče atomska građa elementarnih kristalnih rešetki i veličina kristalnih zrna. Pri normalnoj temperaturi i pritisku metali su kristalne čvrste materije.

Metali i legure, pravilne kristalne rešetke, su meki i neotporni na mehanička naprezanja, dok su metali i legure deformisane kristalne rešetke, u kojima se nalaze i različite veličine atoma dodatih komponenata, mnogo tvrdi i otporniji na razne vrste mehaničkih naprezanja. Na primer, legura sa deformisanom kristalnom rešetkom se u štamparskoj mašini teže kida, elastičnija je i ima bolju dimenzionalnu stabilnost, jer se prekid vrši duž neravnih površina.

Kristalna struktura metala za izradu štamparskih formi mora biti sastavljena od što manjih kristala, jer su takvi metali tvrdi i čvršći, što daje povoljne rezultate u procesu jetkanja ili

graviranja štamparskih formi. Što je veći broj kristalnih zrna, više je neravnina i defekata na graničnim površinama, pa je takav metal tvrdi i čvršći od metala sa malim brojem velikih kristalnih zrna. Veličina i broj kristalnih zrna u metalu prikazani su na slici 6.



Slika 6. Prikaz veličine i broj kristalnih zrna u metalu a) metal sa malim brojem velikih kristalnih zrna , b) metal sa velikim brojem malih kristalnih zrna

Veća tvrdoća i čistoća legura je razlog što se za izradu ofset ploča ne koriste čisti metali, već metali sa malim nečistoćama ili različite legure (Kiurski, 2004).

Za izradu štamparskih formi koriste se sledeći metali: cink (Zn), aluminijum (Al), magnezijum (Mg), bakar (Cu), hrom (Cr), nikal (Ni), čelik (Fe). Od navedenih, Zn, Al, Mg, Cu i Fe se koriste u valjanom obliku a Ni, Cr i Cu kao galvanske prevlake. Cink (Zn) se upotrebljavao u visokoj stampi za izradu štamparskih formi za reprodukciju višetonskih originala.

Bakar (Cu) se upotrebljava za izradu štamparskih formi za duboku štampu. Bakar se u tehnici duboke štampe upotrebljava u obliku galvanskih prevlaka. Izuzetno je bitna njegova čistoća koja nosi oznaku 9999. Postupak izrade štamparskih formi za duboku štampu izvodi se hemijskim i elektrogravirnim postupkom.

Hrom (Cr) se upotrebljava u ravnoj i dubokoj štampi u obliku galvanskih prevlaka.

3.1.1. Fizičko - hemijska svojstva metala za izradu ofset ploča

Karakteristike površinske mikrostrukture osnove ofsetne štamparske forme, tačnije fizičko-hemijska svojstva i stvarni reljef površine, su važni faktori koji utiču na krajnja svojstva dobijenog štamparskog otiska. Od fizičko - hemijskih svojstava metala koji se koriste za izradu štamparskih formi važna su: otpornost prema koroziji, sposobnost za jetkanje, mogućnost izrade galvanske prevlake, hidrofilnost i oleofilnost.

STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

Pri izradi štamparske forme za ravnu štampu potrebno je ostvariti takvu adsorpciju sloja na štampajućim elementima da kosinus ugla bude približno -1 ($\Theta = 180^\circ$) i na slobodnim površinama 1 ($\Theta = 0^\circ$). Ova svojstva moraju biti očuvana i u toku procesa štampe, kada na štamparsku formu naizmenično deluju rastvor za vlaženje i štamparska boja.

Sposobnost štampajućih i slobodnih površina da tokom štampanja zadrže svoja hidrofobna i hidrofilna svojstva naziva se fizičko-hemijska stabilnost. Na fizičko-hemijsku stabilnost utiču površinska svojstva i specifična površina offsetnih ploča.

Obzirom da su metali aktivne materije, njihova površina može da adsorbuje molekule drugih materija sa kojima su u kontaktu. U vazduhu se adsorbuje sloj molekula kiseonika koji menja površinska svojstva metala, jer sa nekim metalima kiseonik reaguje hemijski i na površinama se stvara metalni oksid (hemisorpcija). Čiste površine metala, bez oksidne prevlake su hidrofobne ili oleofilne, odnosno ne adsorbuju vodu (Đorđević i Dražić, 1989).

Oksidna prevlaka bitno utiče na površinska svojstva metala. Obzirom da je prevlaka polarna, više ili manje privlači molekule vode, te je oksidovana površina metala hidrofilna. Aluminijum sa oksidnom prevlakom pokazuje jak hidrofilan karakter (tabela 1).

Tabela 1. Kvašenje metala uljem

Metal	Kontaktni ugao na metalu	
	Sa oksidnom prevlakom	Bez oksidne prevlake
Cink	33°	30°
Bakar	77°	60°
Bronza	86°	83°
Nikl	100°	83°
Nerđajući čelik	120°	86°
Aluminijum	140°	50°
Hrom	150°	107°

Pojava oleofilnosti pored postojanja oksidne prevlake, objašnjava se dobrom adsorpcijom sredstva za oleofilizaciju na površini prevlake, usled čega se metalne prevlake ponašaju oleofilno.

Na osnovu laboratorijskih merenja je utvrđen litografski red metala (tabela 2), koji ukazuje na ponašanje metala sa oksidnom prevlakom i na ponašanje bez nje.

Postojanost štampajućih elemenata na metalima pri vrhu tabele je velika, dok su na metalima pri dnu tabele postojanje slobodne površine. Tabela ukazuje na činjenicu da je aluminijum, uz pogodnu obradu, prikladan i za formiranje slobodnih i za formiranje štampajućih površina.

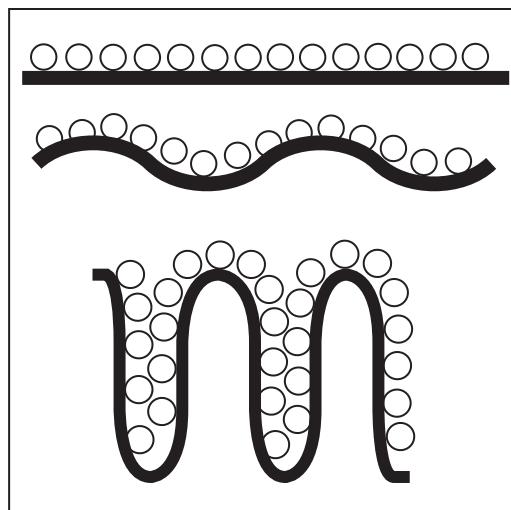
STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

Tabela 2. Litografski red metala

Maksimalna hidrofobnost	Metal sa oksidnom prevlakom	Metal bez oksidne prevlake	Maksimalna oleofilnost
↑ ↓	Cink Zlato Bakar Bronza Nikal Nerđajući čelik Aluminijum Hrom	Cink Aluminijum Zlato Bakar Bronza Nikal Nerđajući čelik Hrom	↑ ↓
Maksimalna hidrofilnost			Maksimalna oleofobnost

Površina štamparske forme za ravnu štampu treba da je uvek dovoljno nahrapavljena, jer se time postiže specifična površina ofsetne ploče, što omogućava adsorpciju većih količina materija za hidrofilizaciju i hidrofobizaciju i bolju adsorpciju kopirnih slojeva.

Hrapave površine adsorbiju mnogo više molekula nego glatke površine. Na istaknutim tačkama hrapave površine (vrhovima, šiljcima) adsorpciona sposobnost je mnogo veća nego na drugim mestima, jer one imaju više kristalnih centara i takva mesta nazivaju se aktivnim centrima. Nasuprot tome, udubljenja imaju manju adsorpcionu moć. Ako je koncentracija adsorbata mala, molekuli se adsorbiju samo na vrhovima. Ali, ako je koncentracija dovoljna ili ako se vreme delovanja produži, molekuli se adsorbiju i na manje aktivnim površinama (Mortimer, 2008). Uz dovoljno dugo delovanje adsorbata molekuli potpuno prekrivaju površinu adsorbensa. Na slici 7 je prikazana adsorbcija na različitim specifičnim površinama.



Slika 7. Adsorbcija na različitim specifičnim površinama

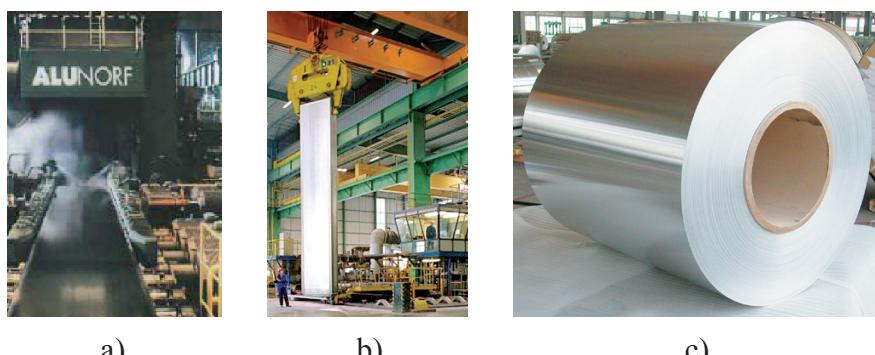
Zbog neznatne debljine adsorpcionog sloja, adsorbens može da sakupi veliku količinu neke materije samo ako ima veliku specifičnu površinu.

Zato se u offset štampi za izradu štamparskih formi koriste hrapave, ozrnčane metalne ploče. Na hrapavim slobodnim površinama manja je deformacija otiska i rastvor za vlaženje se ravnomernije raspoređuje, što zahteva manju količinu vode pri kvašenju (Kiurski, 2004).

3.1.2 Karakteristike aluminijuma i njegovo dobijanje iz prirode

Aluminijum (Al) je metal koji se najčešće koristi za izradu osnova za offset štamparske forme na koje se kasnije nanosi fotoosetljivi sloj. Aluminijum je metal (redni br. 13 u PSE) iz III grupe periodnog sistema elemenata (PSE) sa atomskom težinom 26,98. U prirodi se ne javlja u atomskom stanju, već samo u obliku jedinjenja. Po rasprostranjenosti elemenata u prirodi zauzima treće mesto, posle kiseonika i silicijuma. Osim što je jedan od najrasprostranjenijih elemenata, aluminijum je zbog svojih svojstava i jedan od najvažnijih tehničkih metala. Mala gustina, visoka termička i električna provodljivost daju mu veoma širok spektar primene. Aluminijum je plavičasto-beo metal čija je površina obično presvučena finim slojem oksida. Osnovne fizičko-hemijuške karakteristike aluminijuma su: gustina (na 20°C) 2,7 kg/m³; tačkatopljenja 659,7°C i tačka ključanja 1800°C. Kovan je i tegljiv i može se izvlačiti u listiće, žicu, folije (aluminijumski lim). Otpornost na kidanje aluminijuma je relativno mala, ali kada se dodaju male količine drugih metala, otpornost se višestruko uvećava. Čist aluminijum je najčešće suviše mekan, te se u industriji koristi kao legura, sastavljena od 99,5% Al uz 0,5% dodataka koji mu obezbeđuju veću tvrdoću, elastičnost, relativnu rastegljivost i bolju čvrstoću (Filipović, Lipanović, 1991), što mu u grafičkoj reprodukciji omogućava bolja funkcionalna svojstva u procesu offset štampe (Kumar, 1978).

Kao supstrat za offset ploče, čist aluminijum (99,5% - serija 1S) se postupkom toplog i hladnog valjanja oblikuje u folije debljine od 0,1 do 0,5 mm (Slika 8), kod visokih tiraža (posle osvetljavanja i razvijanja podvrgavaju se termičkoj obradi – pečenju) koriste se legure aluminijuma serije 3S, sastava: 98,5% Al, 1% Mn ili 5S, sastava: 98% Al, 1% Mg (Doyle, 1995).



Slika 8. a) i b) Valjaonica aluminijuma sa toplim postupkom AluNorf u Nemačkoj;
c) fabrikama offset ploča isporučuju se aluminijumske folije u rolama

STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

Prema svom položaju na negativnom kraju reda potencijala ne može se očekivati da će aluminijum biti vrlo otporan prema koroziji. Međutim, aluminijum pokazuje postojanost veću od očekivane u atmosferi, vodi, a delimično i u kiselim i baznim sredinama. Činjenica da je relativno postajan na vazduhu ili u neutralnim vodama objašnjava se stvaranjem čvrstog nevidljivog filma aluminijum oksida na površini metala. Ako se taj film ošteti, sam se obnavlja, međutim, on uzrokuje relativne teškoće u elektroplatiranju na aluminijumu i lemljenju aluminijuma. Film je topljiv u jakim kiselinama i bazama, pa se aluminijum izložen takvim sredstvima otapa uz razvijanje vodonika.

U neutralnim rastvorima aluminijum korodira, tzv. pitting korozijom, koja se pospešuje prisutnošću hlorovih jona. U prirodnim vodama pitting aluminijuma se najbolje objašnjava mehanizmom kombinovanog delovanja kalcijum bikarbonata (prolazna tvrdoča), otopljenog kiseonika (kao katodnog depolarizatora), hlorovih jona i jona plemenitih metala (koji stvaraju galvanski članak različitih metala). Zbog toga, prisutnost malih količina otopljenog bakra (otprilike 0,01 ppm) izaziva u znatnoj meri pitting aluminijuma u vodovodnim vodama. Proizvodi korozije sastoje se uglavnom od vodonika i porozne mase aluminijum oksida stvorenog verovatno hidrolizom aluminijumovih soli, koje su primarni proizvodi reakcije.

Koroziona stabilnost nastalog oksidnog sloja, koji se radi zaštite, ali i drugih tehničkih razloga, može naneti na aluminijum hemijskim ili elektrohemijskim postupcima daje povoljna svojstva aluminijumu i proširuje njegovu primenu, naročito u području grafičke tehnologije za izradu štamparskih formi za offset štampu (Lovreček, 1990).

Aluminijum, u reakciji sa drugim vezama aluminijuma učestvuje kao elektron-donor, a svoje veze stvara isključivo u oksidacijskom stepenu (+3). Prema tome, jednoznačno je određen kao trovalentan, pa u reakcije ulazi u jonskom obliku Al^{3+} prema izrazu (Pourbaix, 1966):



Aluminijum reaguje sa rastvorima kiselog i baznog karaktera, što ukazuje na njegov amfoteran karakter. Međutim, reakcije sa kiselinama su selektivne, jer oksidativne kiseline, bez obzira na koncentraciju, spontano stvaraju na površini aluminijuma zaštitni oksidni sloj koji sprečava dalju reakciju, odnosno rastvaranje. Sa druge strane, neoksidirajuće kiseline razaraju oksidni sloj nakon čega sledi rastvaranje metalnog aluminijuma. Kao produkt te reakcije nastaje hidratizovani Al^{3+} ion prema izrazu:



Rastvaranjem u baznim rastvorima nastaju odgovarajući aluminati, takođe uz razvijanje vodonika:



3.1.2.1 Hemijske osobine aluminijuma

Na specifična svojstva aluminijuma i svojstva njegovih veza utiče upravo njegov položaj u periodnom sistemu, kao i njegova elektronska konfiguracija: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$. Prema njoj aluminijum, kao i ostali elementi iz grupe, ima samo jedan nespareni elektron u poslednjoj orbitali, što je razlog relativno velikog afiniteta aluminijuma prema stvaranju spojeva. Mali koeficijent elektronegativnosti, koji iznosi 1,5 ukazuje na nepostojanje spojeva sa negativnim nivoom oksidacije. Međutim, aluminijum vrlo lako prelazi u viši stepen oksidacije (+3), u kojem stvara većinu svojih veza. Dokaz tome je položaj u redu potencijala, gde se aluminijum nalazi u gornjem delu negativnog reda potencijala tablice sa redoks potencijalom $E^0 = -1,66\text{ V}$, prema reverzibilnoj vodonikovoj elektrodi pri 25°C (Filipović, Lipanović, 1991).

Iako je aluminijum neplemenit metal, vrlo je otporan prema atmosferi i mnogim hemijskim sredstvima. Uzrok postojanosti je film oksida koji se stvara odmah na svežoj površini čistog aluminijuma i tako ga štiti od uticaja atmosfere. Iako je debljina tog filma minimalna, on praktično hermetički pokriva metal i štiti ga od dalje oksidacije. Na površini se takođe, pri postupku topljenja aluminijuma, stvara oksidna korica, koja ga štiti od jake oksidacije. Zaštitni oksidni film stvara se i na aluminijumskim legurama i na drugim legurama koje sadrže aluminijum (tehnička enciklopedija, 1963).

Vodonik se dobro rastvara u tekućem aluminijumu, a delimično i u čvrstom (rastvorljivost drugih gasova: azota, kiseonika, ugljen dioksida i sumpor dioksida je minimalna). Aluminijum može primiti vodonik i iz vlage sadržane u gasovima loženja. Vlaga se raspada u tečnom aluminijumu po reakciji :



Iako je kompaktni aluminijum na vazduhu postojan, aluminijumska prašina oksidiše već na sobnoj temperaturi i vlažnom vazduhu. Pri tome se oslobađa velika količina toplote i metalna prašina se može upaliti, a zbog vodonika koji nastaje dolazi i do eksplozija.

Hlor i ostali halogeni elementi reaguju direktno sa aluminijumom. Stvara se hlorid AlCl_3 i mnogo topline. Prisutnost vlage ubrzava ovu reakciju. Uvođenjem hlora u tečni aluminijum stvara se hlorid, koji isparava. Sličan uticaj kao hlor ima i gas HCl , naročito uz prisustvo vlage i na povišenoj temperaturi.

Ugljen-monoksid i *ugljen-dioksid* reaguju sa aluminijumom tek na visokim temperaturama: stvaraju se aluminijum-oksidi i aluminijum-karbid Al_4C_3 i ugljenik.

Amonijak dejstvuje tako da oksidni film odeblja i time se pojačava otpornost metala prema koroziji.

Sumpor i njegovi spojevi SO_2 , SO_3 i H_2S sa aluminijumom do temperature oko 800°C uopšte ne reaguju, a na višim temperaturama stvara se manja količina Al_2S_3 .

STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

Ugljenik je u tečnom aluminijumu vrlo malo rastvorljiv. Na visokim temperaturama može se stvoriti karbid Al_4C_3 .

Rastvorljivost aluminijuma je velika u natrijumovoj ili kalijumovoj bazi, kao i u sonoj i fluorovodoničnoj kiselini. Aluminijum i neke njegove legure su vrlo postojani prema mnogim organskim kiselinama i drugim spojevima, zbog čega se upotrebljavaju u prehrambenoj industriji za ambalažu i sudove (Mortimer, 2008).

3.1.2.2 Proizvodnja aluminijuma

Aluminijum se u prirodi ne pojavljuje u elementarnom stanju. Najveće količine aluminijuma se nalaze u raznim alumosilikatima. Dobija se uglavnom iz ruda bogatih aluminijumom: kriolita i boksita. Za industrijsko dobijanje aluminijuma upotrebljava se isključivo ruda boksit.

Boksit je sastavljen od aluminijumovog hidroksida, kao što su hidrargilit, bemit i dijaspor, te je obično zaprljan različitim količinama hidratizovanih oksida gvožđa(III) i silicijuma. Oni se po svojim osobinama dosta razlikuju što je prikazano u tabeli 3.

Kako se aluminijum dobija elektrolizom rastvora čistog aluminijum(III)-hidroksida u rastopljenom kriolitu, postupak za njegovo dobijanje se deli na dobijanje čistog Al_2O_3 i na elektrolizu Al_2O_3 (Filipović, Lipanović, 1991).

Tabela 3. Osobine mineralnih vrsta od kojih se dobija aluminijum oksid

	Hidrargilit	Bemit	Dijaspor
Sastav	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Kristalni sistem	monoklinski	rompski	rompski
Relativna gustina	2,42	3,01	3,44
Temperatura dehidratacije	150°	350°	450°
Dehidratacija nastaje	$\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$	$\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$	$\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$
Topljivost u bazi konc. 100g/l Na_2O na 125°, Al_2O_3 g/l	128	54	netopljivo
Sadržaj Al_2O_3 %	65,4	85	85

Kako zbog fizičko-hemijskih razloga nije moguća direktna redukcija aluminijum-oksida u dovoljno čist aluminijum, danas se tehničko dobijanje komercijalnog aluminijuma izvodi u dve faze i to (tehnička enciklopedija, 1963):

- a) Odvajanje dovoljno čistog aluminijum-oksida (glinice) iz prirodnih sirovina podesnim postupcima pri čemu se danas pretežno primenjuje *Bayerov postupak*.
- b) Elektroliza dobijenog aluminijum-oksida u rastopljenom kriolitu po postupku *Herulta i Halla*.

Za proizvodnju aluminijuma po spomenutim postupcima potrebne su sirovine, pomoći materijal i energija.

Kao sirovina za proizvodnju čiste glinice, u principu se može upotrebiti svaka stena koja sadrži aluminijum-oksid, ali budući da u svetu ima dovoljno lako pristupačne rude bogate aluminijum-oksidom, boksita, ekonomičnost i rentabilnost prerade u sadašnjim odnosima svode izbor sirovina za dobijanje glinice gotovo isključivo na tu rudu, sa strogim ograničenjem u sastavu, naročito u pogledu odnosa Al_2O_3 i SiO_2 . Pomoći materijali za proizvodnju glinice su uglavnom kaustična soda (kalcijumova soda i kreč), a za elektrolizu ugljene elektrode (sirovine od kojih se proizvode ugljeni materijali i smola) i fluorni spojevi (kriolit i aluminijum-fluorid). Osim toga, za obe faze proizvodnje, potrebna je znatna količina vode, tehnološke i za hlađenje. Energija se troši kao toplotna, u obliku pregrijane pare dobijene sagorevanjem jeftinog goriva u obliku generatorskog gasa ili mazuta, te električna za pogon mašina u prvoj fazi proizvodnje, a za elektrolizu u drugoj (tehnička enciklopedija, 1963).

Iz navedenog su vidljive određene poteškoće pri postupku dobijanja aluminijuma. Mnogo jednostavniji postupak, elektroliza vodenog rastvora neke aluminijumove soli, nije moguće provesti zbog izuzetno negativnog reduksijskog potencijala aluminijuma (-1,66V). Ipak, metalni aluminijum ne pokazuje svojstva koja bi bila u skladu sa ovako niskim reduksijskim potencijalom, jer se njegova oksidacija vrlo brzo zaustavlja. Na površini aluminijuma se, naime, stvara zaštitni sloj, verovatno oksidnog karaktera, zbog kojeg aluminijum poprima znatno plemenitiji karakter (Filipović, Lipanović, 1991).

3.1.3 Osobine oksida i hidroksida aluminijuma

Za karakterizaciju površinskih struktura ofset štamparskih formi od niza spojeva aluminijuma svakako je najinteresantniji aluminijum oksid. Spojevi aluminijum oksidnog i oksihidratnog karaktera, bez obzira jesu li nastali spontano ili su hemijski ili elektrohemski formirani, predmet su istraživanja mnogih autora, jer je evidentno njihovo značenje u interakciji aluminijuma sa raznim medijima.

3.1.3.1 Aluminijumovi oksidi

U literaturi se navodi više modifikacija aluminijum oksida, označenih sa α , β , γ , δ , ali svi autori ne smatraju postajanje tih modifikacija dokazanim. Praktično, zanimljive su samo dve modifikacije aluminijum oksida i to (tehnička enciklopedija, 1963):

- a) heksagonalni $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$, koji se u prirodi nalazi kao korund, nastaje pri zagrevanju svih hidroksida i ostalih modifikacija aluminijum oksida na temperaturama iznad 1000°C i
- b) teseralni $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$, koji nastaje kad se iz aluminijum hidroksida izbaci voda na temperaturi ispod 950° i naziva se glinica.

Prirodni korund, kad je bezbojan, naziva se takođe hijalin i leukosafir, a obojen malim količinama drugih metalnih oksida zove se rugin (crven), safir (tamno plav), orijentalni topaz (žut), orijentalni ametist (ljubičast), orijentalni smaragd (zelen). U smeši sa magnetitom, hematitom, kremenom i silikatima stvara smirak (šmirgl).

Veštački korund se proizvodi od boksita topljenjem u električnoj peći sa dodatkom koksa ili antracita i strugotina gvožđa i sl. Prirodni i veštački korund se upotrebljavaju kao abraziv - sredstvo za brušenje ili poliranje i kao kiseli vatrostalni materijali. Granulirani korund dodaje se i materijalu od kojeg se prave podovi, kako bi im se povećala otpornost na habanje i smanjila klizavost (tehnička enciklopedija, 1963).

Glinica se dobija kalciniranjem aluminijumovog oksida u okretnim pećima na temperaturi od 1200°C . Najveće količine glinice se upotrebljavaju za proizvodnju aluminijuma. Osim toga, upotrebljava se kao abraziv, za proizvodnju specijalnog stakla sa malim koeficijentom rastezanja, za specijalne glazure na porculanu, kao sirovina za proizvodnju zubarskih porculana...

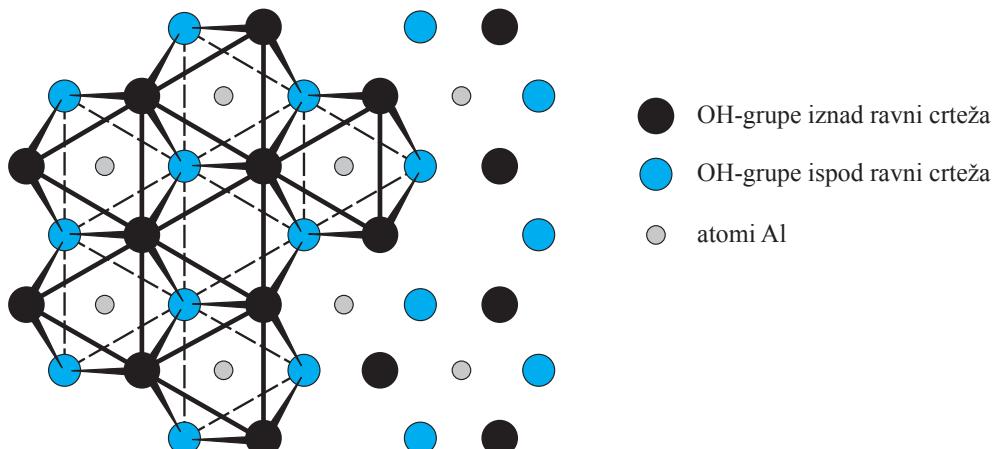
3.1.3.2 Aluminijumovi hidroksidi

Dodatkom baze rastvoru koja sadrži Al^{3+} jone, taloži se voluminozni aluminijum hidroksid $\text{Al}(\text{OH})_3$ sa promenljivim sadržajem vode. Daljim stajanjem polako, a zagrevanjem brže, amorfni aluminijum hidroksid prelazi u kristalizirani $\text{Al}(\text{OH})_3$. Postoje dva definisana oblika ovog hidroksida:

- α -hidroksid (bajerit) i
- γ -hidroksid (hidrargilit i gibsit).

Osim hidroksida poznat je i oksi-hidroksid, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Oksihidroksid se takođe javlja u dva definisana oblika: α -oksi-hidroksid (dijaspor) i γ -oksihidroksid (bemit). α - i γ -hidroksidi i oksi-hidroksidi imaju isti sastav, ali se razlikuju u strukturi. Naši boksiti sadrže najviše dijaspor, premda se ponegde u njihovom sastavu nađe i hidrargilit. Inače se u boksu mogu naći svi navedeni oblici hidroksida i oksihidroksida aluminijuma, osim bajerita.

Struktura hidrargilita je slojevita, a idealizovani deo jednog sloja $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ prikazan je na slici 9.



Slika 9. Idealizovani deo jednog sloja $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Dijaspor, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ima analognu strukturu, tj. svaki atom aluminijuma je okružen sa šest atoma kiseonika. Međutim, kod dijaspora su sve oktaedarske rupe zauzete atomima aluminijuma. Struktura bemita, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, razlikuje se od strukture dijaspora po tome što atomi kiseonika nisu tako gusto složeni i stvaraju nepravilan oktaedar oko atoma aluminijuma. Na taj način se u neposrednoj blizini atoma Al nalaze četiri atoma kiseonika (tehnička enciklopedija, 1963).

Svi navedeni oblici hidroksida i oksi-hidroksida dehidratacijom daju odgovarajuće oblike Al_2O_3 . Dehidratacijom dijaspora, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, nastaje $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (korund) jer su i u korundu atomi kiseonika raspoređeni na isti način. Dehidratacijom γ -hidroksida nastaje prvo γ -oksi-hidroksid (bemit), ali dehidratacijom bemita se ne dobija $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ sa strukturom tipa spinela, nego dehidratacija prolazi nekoliko međufaza. Broj i strukture međufaza su još uvijek predmet mnogih istraživanja, ali je uobičajeno da se sve međufaze zajednički nazivaju $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Međutim, većim zagrevanjem sve strukture $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ prelaze u $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Kao posledica razlika u strukturi, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ je gust, tvrd, nije hidrofilan i ne otapa se u kiselinama. Međutim, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ je hidrofilan, nije tvrd i otapa se u kiselinama. Osim toga, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ima veliku površinu pa se može upotrebiti kao odličan adsorbent.

Na formiranje, rast i konačan oblik i svojstva oksida utiče čitav niz faktora. Koji će od ovih oblika nastati na površini aluminijuma, zavisi pre svega od medija kojem je aluminijum izložen, pH rastvora, temperature rastvora i pritiska. Transformacija iz jednog oblika u drugi posledica je procesa rekristalizacije i dehidratacije (Filipović, Lipanović, 1991).

Barišić i Bolanča (1989) su vršili istraživanja vezana za hidrofilnost bemitiziranog aluminijuma, da bi kasnije (1991, 1992) ispitivali hidrofilnost aluminijuma oksida sa različitim pristupom, te njegovo ponašanje u zavisnosti od temperaturnih promena i uslova oksidacije. Novija istraživanja (Aerts i drugi 2007) su pokazala da temperatura pri formiranju sloja aluminijum oksida ima značajan uticaj na mehaničke osobine poroznog anodiziranog oksida aluminijuma, što direktno može imati uticaja na dugotrajnost štamparske forme, tj. neštampajućih elemenata u procesu štampe.

3.2 Površinska obrada aluminijumskog lima

Površina aluminijuma adsorbuje molekule kiseonika iz vazduha što dovodi do promene njegovih površinskih svojstava i stvaranja zaštitne oksidne prevlake. Čista površina bez oksidnih prevlaka je hidrofobna, odnosno oleofilna. Površina aluminijuma je nepolarna i ne može da adsorbuje vodu. Međutim, oksidna prevlaka (Al_2O_3) je polarna i hidrofilna, te se kod proizvodnje offset ploča koristi površinski oksidiran aluminijumski lim.

Da bi se aluminijum koristio kao podloga offset ploče, njegova površina mora biti nahrapavljena (ozrnčana) jer se time obezbeđuje (Pešterac, 2005):

- povećanje specifične površine, što omogućava bolju adsorpciju sredstva za hidrofilizaciju i bolje prijanjanje kopirnog sloja;
- ravnomernije rasporedjivanje rastvora za vlaženje, čime se smanjuje njegova potrošnja (dolazi do smanjenja međufaznog napona čvrsto-voda i povećavanja međufaznog napona čvrsto-vazduh);
- smanjenje mogućnosti klizanja štamparske boje van štampajućih površina.

Ako se ne izvrši odgovarajuće hrapavljenje površine, ona može imati sledeće negativne efekte, koji mogu uticati na proces štampe:

- kada je zrno prekrupno, na ploči se zadržava previše rastvora za vlaženje, što dovodi do rastezanja papira, ispiranja boje sa štampajućih površina, emulgovanja i toniranja;
- krupna zrna dovode do nazubljivanja granica između štampajućih i slobodnih površina, što pri stampi tonske vrednosti (TV) može da dovede do gubitaka malih rasterskih tačaka;
- presitno nahrapavljena površina dovodi do loše adsorpcije kopirnih slojeva, lošeg vlaženja i klizanja štamparske boje van štampajućih površina.

Postoji više načina hrapavljenja (zrnčanja) površine aluminijumskog lima koji se koriste za izradu offset ploča:

- mokro ili suvo peskarenje,
- vazdušno peskarenje,
- četkanje,
- hemijsko i elektrohemski zrnčanje.

Mokro ili suvo peskarenje je mehaničko hrapavljenje površine abrazivnim sredstvom, kao što je silicijum karbid u obliku kuglica, prečnika do 15 mm, koje vibriraju po površini aluminijumskog lima. Ako se procesu doda voda, radi se o mokrom peskarenju. Tačnim doziranjem količine abraziva i vode direktno se utiče na finoću i strukturu formiranih mikrozrna na površini aluminijumskog lima (Hoshino i drugi 2005).

STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

Vazdušno peskarenje je postupak u kome pesak (abrazivna zrnca) pod visokim vazdušnim pritiskom udara po površini aluminijumskog lima i hrapavi površinu.

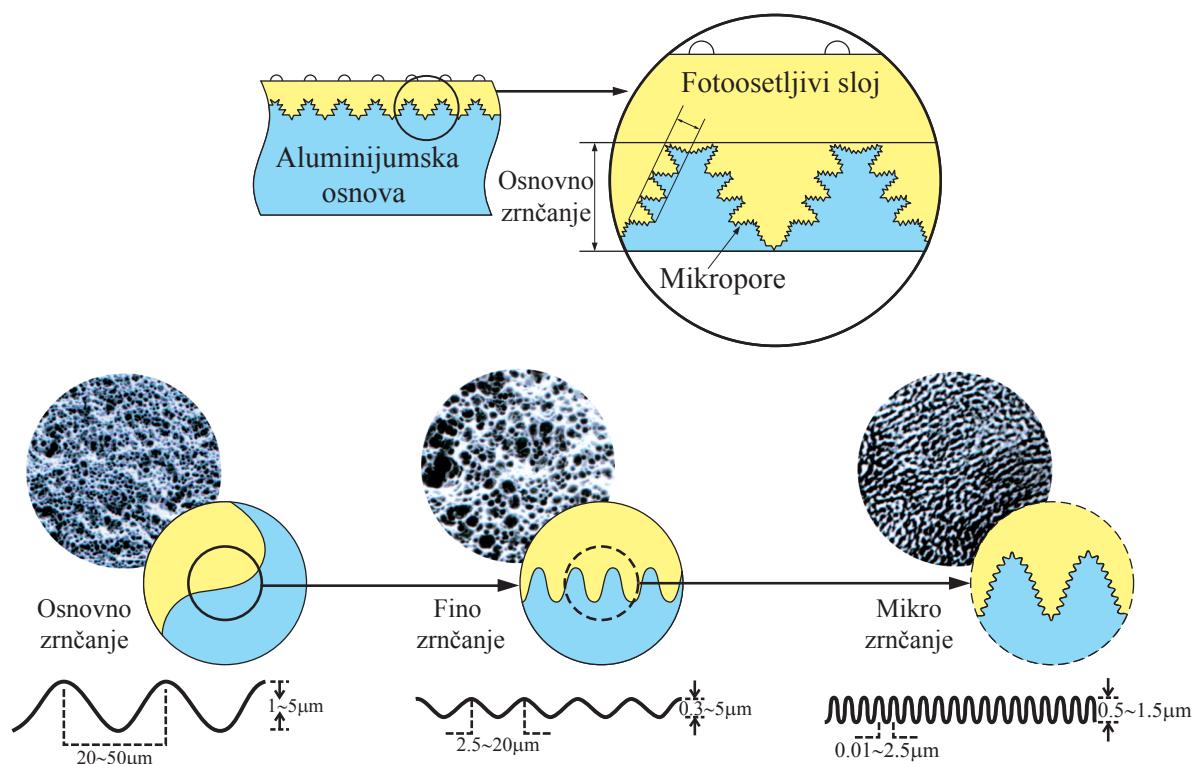
Četkanje je postupak hrapavljenja kod kojeg se aluminijumska folija provodi između valjaka sa gustim čeličnim četkama. Veoma fino zrno postiže se upotrebom najlonskih četki i korunda (aluminijum oksid u prahu), koji se nanosi na površinu aluminijuma neposredno pre četkanja. Ako se za vreme četkanja koristi i rastvor za zaštitu od prirodnih oksida, govoriti se o mokrom četkanju.

Hemijsko zrnčanje je hrapavljenje površina aluminijuma delovanjem hlorovodonične kiseline. Postupak hemijskog zrnčanja je analogan hemijskom nagrizanju metala, pri čemu sam proces nagrizanja traje samo nekoliko minuta i zavisi od vrste metala, vrste i koncentracije elektrolita i temperature.

Različita hrapavost ili veličine zrna, koji nastaju na površini offsetne ploče nakon nekog od postupaka ozrnčavanja, možemo klasifikovati prema obliku. Zahteve offset tehnike najbolje zadovoljavaju nejednako trouglasta i nejednako šiljata zrna (Pešterac, 2005).

Najzastupljeniji postupak u današnje vreme je svakako elektrohemski postupak, koji uključuje proces elektrohemskog otapanja površine aluminijuma da bi se dobila sitnozrnasta nahrapavljena površina i proces hemijskog oplemenjivanja površine, kojim se na površini aluminijuma stvara sloj aluminijum oksida (Mahović, 2007).

Na slici 10. prikazana je površina offset ploče dobijene višestrukim zrnčanjem. Osnovno zrnčanje ima najkrupnije zrno i obezbeđuje hidrofilizaciju. Na osnovnom zrnu izvedena su dodatna zrnčanja: fino zrnčanje koje obezbeđuje izdržljivost površine na tiraž, i mikro zrnčanje koje omogućava dobar balans između boje i sredstva za vlaženje.



Slika 10. Površina offset štamparske ploče dobijena višestrukim zrnčanjem

3.2.1 Oplemenjivanje površine aluminijumskog lima

Da bi se izbegla dezoksidacija i obezbedili što stabilniji hidrofilni slojevi, oplemenjuje se prethodno ozrnčana površina aluminijumskog lima. Hemijskim ili elektrohemijskim oplemenjivanjem površine aluminijuma pojačava se hidrofilnost aluminijum oksida.

Hemijsko oplemenjivanje je postupak kojim se na površinu ozrnčanog aluminijuma nanose hidrofilni teško rastvorljivi slojevi, kao što su fosfati, hromati ili fluoridi. Ovi slojevi formiraju na površini aluminijuma tanke, tvrde i porozne prevlake koje odlično adsorbuju sredstva za hidrofilizaciju.

Elektrohemski oplemenjivanje površine aluminijumskog lima naziva se anodizacija aluminijuma. U ovom slučaju stvara se na površini aluminijuma prevlaka aluminijum oksida (Al_2O_3). Debljina oksidne prevlake iznosi od 2 do 4 μm . Ona je porozna i obezbeđuje veliku specifičnu površinu za adsorpciju sredstava za hidrofilizaciju. Oksidne prevlake su nekoliko puta tvrde od aluminijuma, pa su na elektrohemski formiranim oksidnim prevlakama slobodne i štampajuće površine vrlo stabilne (Brinkman i Kernig, 2006).

Proces anodizacije prati elektrohemski zrnčanje i pretvaranje zrna aluminijuma na površini u aluminijum oksid Al_2O_3 , bez promene topografije površine. Na morfologiju i svojstva anodiziranog sloja prvenstveno utiču uslovi postupka anodizacije: sastav i koncentracija elektrolita, napon, gustina struje, temperatura i vreme anodizacije (Dimogerontakis, Campestrini i Terryn, 2004). Pokazalo se da se variranjem uslova anodizacije mogu dobiti oksidni slojevi čija debljina, veličina celija, debljina zidova, te širina i dubina pora variraju u širokom rasponu vrednosti.

Gobbetti (1991), Lin i drugi (2001) su u svojim istraživanjima i prijavljenim patentima detaljno opisali potrebne tehničke uslove za anodizaciju. Prema Limbachu i drugima (2003) postignut je određen kompromis između plitkih pora koje stvaraju sitnozrnastu hrapavost, omogućavaju bolju reprodukciju detalja, a zahtevaju minimalnu količinu sredstva za vlaženje, ali istovremeno lako gube svojstvo adsorpcije vode i lako na sebe prihvataju boju i dubokih pora, koje sačinjavaju grublju površinsku strukturu štamparske forme, daju lošije reprodukcije, ali i bolju adsorpciju sredstva za vlaženje i veću stabilnost u procesu štampe (Nishino i drugi 2004).

3.2.1.1 Anodizacija aluminijuma

Sloj filma na aluminijumu, dobijen hemijskim putem, je skoro nevidljiv i veoma tanak, te se lako može oštetiti, ali se sam obnavlja na vazduhu, kao i u mnogim vodenim rastvorima zahvaljujući ekstremno brzoj oksidaciji svakog izloženog dela aluminijuma. Proces elektrohemiskog formiranja oksidnog filma za različite tehničke namene, a prvenstveno za veću zaštitu od korozije, prerađenog aluminijuma i njegovih legura poznat je pod nazivom anodizacija.

STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

Anodizacija aluminijuma je kompleksan proces, a mehanizam formiranja poroznog sloja nije do sada jednoznačno određen. Pri tome, aluminijum prelazi u jonski oblik 3+ prema izrazu (1), a sumarna reakcija uključuje (Groves, 2002):



Tri uobičajena procesa za anodizaciju aluminijuma, koja funkcionišu na istom principu su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4. Procesi anodizacije aluminijuma

Proces	Konc. elektrolita	Trajanje procesa	Temperatura	Gustina struje	Napon	Izgled prevlake
Hromna kiselina	3%	1 sat	40-45°C	3-10 mAcm ⁻²	0-40 V, 15 min. 40-50 V, 5 min 5 V, 5 min.	mlečno bela
Sumporna kiselina	10-75% (10-30%)	10-50 min (30 min)	20-25°C	15 mAcm ⁻² , pada na 5 mAcm ⁻²	10-20 V	bezbojna
Oksalna kiselina	3-8%	1 sat	25-35°C	30-50 mAcm ⁻²	50-100 V izmerene ili istosmerne struje	transparentna žuta ili smeđa

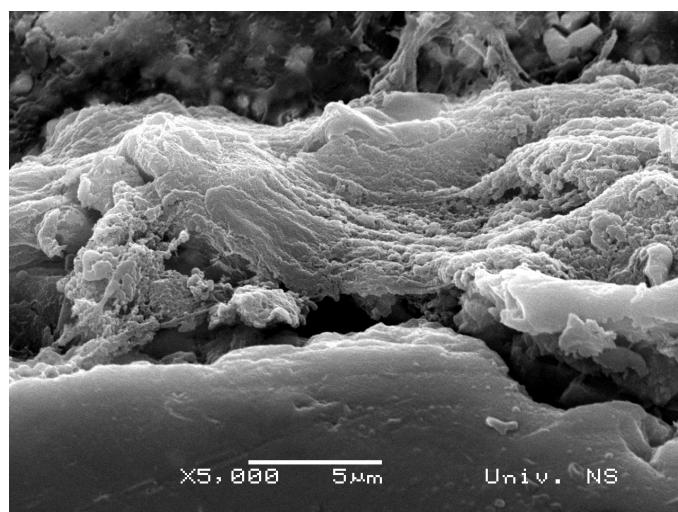
Odmašćeni aluminijum, spojen kao anoda, uroni se u kiseli elektrolit uz podešenu gustinu struje od 3 do 5 mAcm⁻², u zavisnosti od procesa. Anodna reakcija je izbacivanje kiseonika iz vode, pri čemu se deo tog kiseonika troši za oksidaciju aluminijuma u delimično hidratizovani oksid. Nastali oksid vrlo dobro prianja na metal, nije provodnik i porastom debljine uzrokuje sve teži prolaz struje. Međutim, brzina povećavanja njegove debljine zavisi od struje kroz čeliju, tako da je u poslednjim stadijumima procesa povećavanja debljine filma potrebno neproporcionalno dugo vreme, ili se povećanjem napona ubrzava ionako spori rast nastalog debljeg, ali nejednakog oksidnog filma (Potter, 1968).

Gustina, čvrstina, fleksibilnost i debljina anodiziranih filmova menjaju se u zavisnosti od elektrohemijskih radnih uslova. Debljina oksidnog sloja, u zavisnosti od namene, iznosi od 2,5 do 25 µm. Anodizirani filmovi su u određenoj meri topljivi u kiselom elektrolitu u kome se stvaraju. Ipak, moguć je rast oksida do zadovoljavajuće debljine, jer brzina njegovog stvaranja prelazi brzinu rastvaranja.

Od tri najčešće korišćena elektrolita za anodizaciju aluminijuma, sumporna kiselina pokazuje najveću brzinu otapanja oksidnog filma i uzrokuje da nakon, otprilike dva sata anodiziranja, film

postigne graničnu debljinu od oko 50 μm . U tom stadijumu, brzina nastajanja filma dovoljno se smanji da postane jednaka brzini njegovog rastvaranja.

Oksalna kiselina najmanje rastvara anodizirani film, te se u tim uslovima i nakon četiri sata anodizacije, još uvek stvara oksidni film uz iskorišćenje struje iznad 60%. Kada se anodizacija vrši u boratnim rastvorima, koji ne rastvaraju aluminijumov oksid (Slika 11), film je neporozan i vrlo tanak (oko 0,25 μm) (Gobbetti, 1991).



Slika 11. Izgled preseka oksidne prevlake Al_2O_3

Anodizacija sa hromnom kiselinom je naročito pogodna za obrađene delove, jer kiselina zaostala u pukotinama nakon obrade, ne utiče značajno na aluminijum. Međutim, u ovom slučaju je naročito zanimljivo što oksidni film, pri tom postupku, raste približno istom brzinom na svim površinama nepravilno oblikovane anode. To znači da postoji odgovarajuća uniformnost gustine struje na anodi ili da je sposobnost ujednačenog pokrivanja visoka. Za elektrohemijuću ćeliju sa hromnom kiselinom, razlika između anodne i katodne sposobnosti ujednačenog pokrivanja je veoma značajna, razvijanje kiseonika i oksidacija aluminijuma su vrlo dobro raspodeljeni na anodi, sa time da je za katodu karakteristično slabije ujednačeno pokrivanje hroma.

Bengough i Stuart su 1923. godine prvi uveli primenu 3%-tne hromne kiseline. Proces anodizacije traje jedan sat, a u toku tog vremena napon ćelije se postepeno podiže na 50V. Beli oksidni film koji se dobije je gust, debeo oko 2,5 μm , a na kraju se obrađuje u vreloj vodi (Groves, 2002).

Suprotno tome, anodizacija u sumpornoj kiselini daje mnogo deblji i bezbojni film u kraćem vremenu. Napon se održava uglavnom nepromenjen na oko 20V, a protok struje pada sa porastom debljine oksidnog sloja. Pošto je sumporna kiselina previše korozivna prema anodiziranom metalu, retko se upotrebljava za anodizaciju komplikovano oblikovanih metalnih predmeta gde bi mogla zaostati u šupljinama. Međutim, na taj način se može dobiti oksidni sloj, posebno pogodan za bojenje i dekorativnu završnu obradu metala. Razni dodaci, među

kojima kalijum bihromat, glicerin i dekstrin se mogu upotrebiti za modifikaciju strukture filma dobijenog oksidacijom. Fleksibilniji filmovi dobijaju se upotrebom naizmenične struje, mada su čak i najfleksibilniji veoma krti i podnose samo najblaže izvlačenje anodiziranog lima (Potter, 1968).

Otpornost na koroziju se povećava postupkom anodizacije, koja stvara porozne šestougaone ćelije na površini metala i koje su odvojene od osnovnog sloja barijernim slojem. Porozna struktura anodnog filma poboljšava upijajuće karakteristike aluminijuma što mu omogućava širu primenu u industriji (npr. anodizovan aluminijum se lakše može obojiti različitim tehnikama i kao takav se može upotrebljavati za različite industrijske namene) (Suay i drugi, 2003). Generalno, otpornost aluminijuma na koroziju zavisi od svojstva anodnog sloja, kao i od njegove čvrstine i debljine. Svaka prevlaka koja se stvara preko anodnog sloja smanjuje poroznost anodnog sloja, ali istovremeno povećava otpornost metala na koroziju, što je veoma važno za industrijsku upotrebu aluminijuma (Xu-hui i drugi, 2006).

3.2.1.1.1 Uticaj anodizacije na hidrofilnost površine osnove ploče

Oksidni sloj na aluminijumu menja površinska svojstva aluminijuma kao što su tvrdoća površine, hidrofilnost, sposobnost adsorpcije. Različito formirani oksidni slojevi na aluminijumu utiču na krajne karakteristike površine ploče, posebno na hidrofilnost.

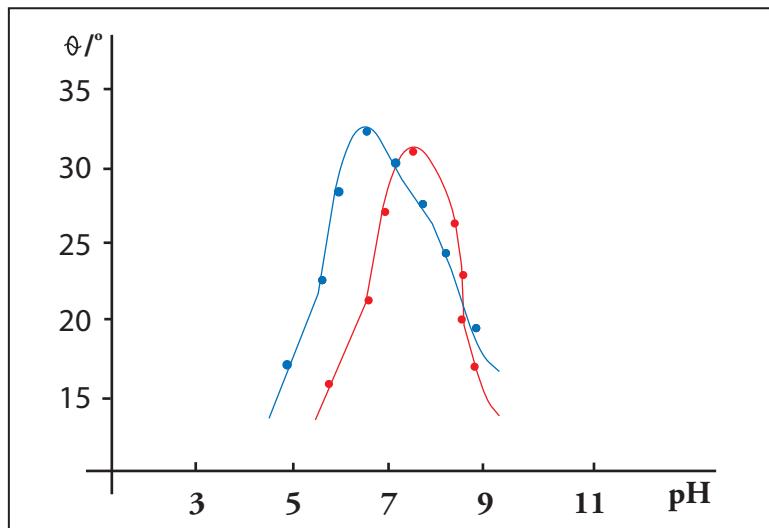
Površinski tretman aluminijumske površine anodnom oksidacijom u rastvoru fosfatne kiseline, pri različitim koncentracijama rastvora i promenom vremena trajanja anodizacije, daje drugačije rezultate.

Da bi se ustanovile promene nastale na ovaj način, upotrebljena je metoda merenja kontaktnog ugla kod različitih pH vrednosti. Vrednost kontaktnog ugla zavisna je od promene pH vrednosti rastvora kojim je anodizirana površina aluminijuma, kao i od koncentracije elektrolita pri anodizaciji (Bolanča, Barišić i Bolonča, 1989).

Vrednost kontaktnih uglova zavisi od pH vrednosti rastvora sa kojom je anodizovani aluminijum u kontaktu. Sa smanjenjem trajanja anodizacije, povećava se maksimum kontaktnih uglova, koji se i u jednom i u drugom slučaju nalazi u području vrednosti pH oko 6,7.

Na grafiku 1 je prikazana zavisnost kontaktnog ugla od pH vrednosti rastvora sa kojim je anodizovana površina Al u kontaktu i koncentracije elektrolita pri anodizaciji aluminijuma.

Kada se oksidirani aluminijum, odnosno čvrsta faza, nalazi u kontaktu sa rastvorom elektrolita, na granici faza se formira dvosloj. Situacija u dvosloju, odgovorna je za ponašanje oksidnog sloja. Na oksidiranom aluminijumu u prisustvu elektrolita dolazi do amfoterne disocijacije. Pri manjim pH vrednostima na površini preovladava pozitivni, a pri većim negativni naboј.



- - koncentracija elektrolita pri anodizaciji $w_{H_3PO_4} 0.25$
- - koncentracija elektrolita pri anodizaciji $w_{H_3PO_4} 0.30$

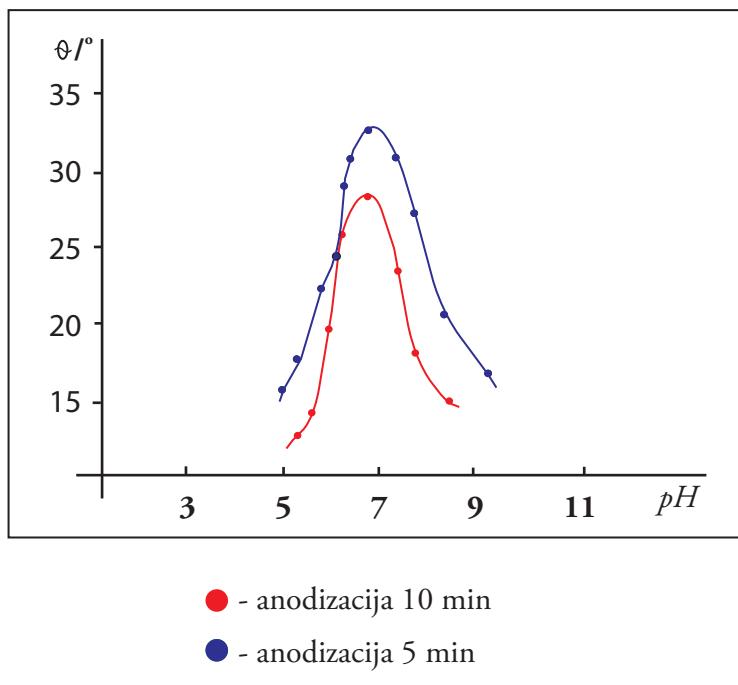
Grafik 1. Zavisnost kontaktnog ugla od pH vrednosti rastvora sa kojim je anodizovana površina Al u kontaktu i koncentracije elektrolita pri anodizaciji Al

Vrednost pH je faktor koji bitno utiče na gustinu i raspored naboja. Uz prisustvo električnog naboja vezana je i pojava hidrofilnosti površine. Maksimum na krivama kontaktnog ugla, vezan je za najslabiju interakciju između rastvora i podloge. U toku anodizacije, joni iz rastvora elektrolita se vežu uz ili u oksidni sloj. Između ostalog, i njihova prisutnost utiče na tokove dobijenih kriva.

Na grafiku 2. je prikazana zavisnost kontaktnog ugla od pH vrednosti rastvora sa kojim je anodizovana površina Al u kontaktu i vremena trajanja anodizacije.

Istraživanja pokazuju da je hidrofilnost oksidnog sloja vezana za karakteristike anodizacije kao i interakciju na granici faza oksidni sloj/elektrolit. Veća hidrofilnost oksidnog sloja se postiže upotrebom elektrolita manje koncentracije uz duže vreme anodizacije.

Adsorbacija, koja je merilo poroznosti površine ploče raste zajedno sa debljinom oksidnog sloja. Pri debljem sloju, pore oksida su udaljenije i imaju veći volumen (Bolonča, Barišić i Bolonča, 1989).



Grafik 2. Zavisnost kontaktnog ugla od pH vrednosti rastvora sa kojim je anodizovana površina Al u kontaktu i vremena trajanja anodizacije

3.2.2 Oksidna prevlaka i njene fizičke karakteristike

Oksidna prevlaka, koja se formira na površini tzv. košuljice metala, je od velikog značaja za poboljšanje svojstva metala, pogotovo za industrijsku primenu. Zbog toga su formiranje i karakteristike oksidne prevlake predmet istraživanja mnogih autora (Moon i Pyun, 1998, Moon i Pyun, 1999, Lin, Chang i Fu, 2001, Van Gils i drugi, 2003, Hagelsieb, 2007, Aerts i drugi 2007).

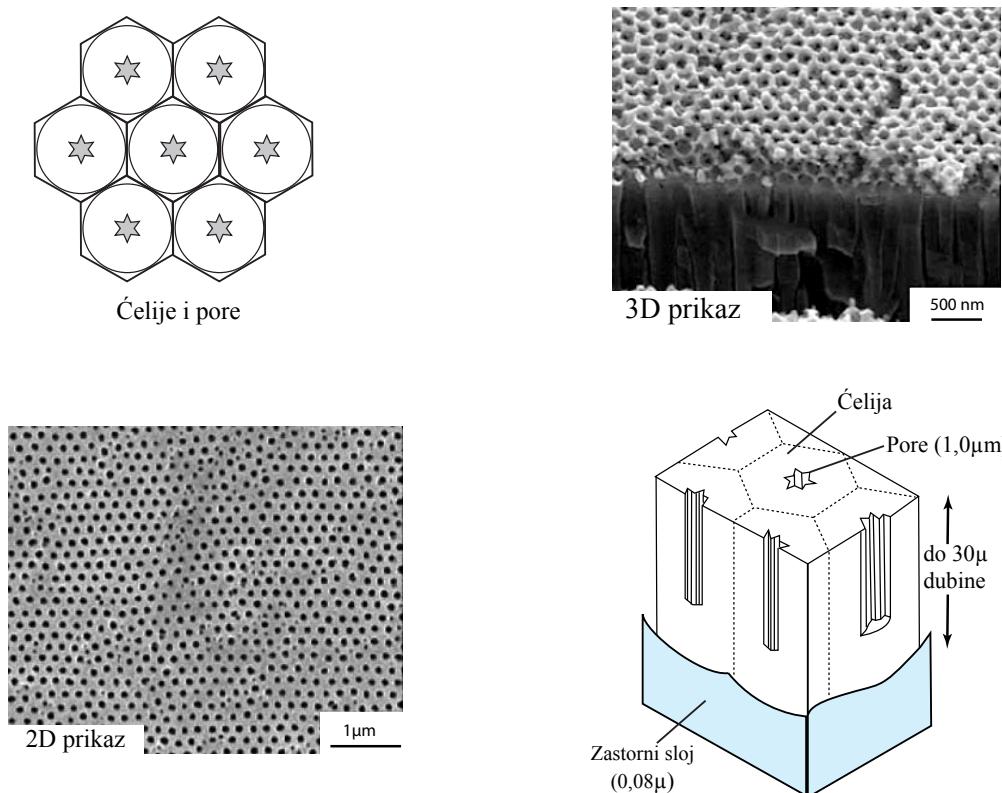
Formiranje anodiziranog oksidnog sloja na površini aluminijuma, pri postupku pripreme za izradu štamparskih formi, do danas nije uniformno definisano. Prepostavlja se da se na površini aluminijuma inicijalno stvara kompaktan, uslovno neporozan sloj, tzv. zastor, debljine oko $0,15 \mu\text{m}$, a time i izrazito porozni i znatno deblji sloj oksida.

Nastali oksid je bezvodan, ali sa tendencijom hidratacije. Sastoje se od kristalnog i amorfног $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ i anjona iz elektrolita. Udeo kristalnog oksida povećava se sa rastom napona formiranja oksida i temperature, te smanjenjem koncentracije elektrolita. Postojanje kristalnog i amorfног $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ važna je komponenta većine teorija o stvaranju oksida na površini aluminijuma, s time da još uvek nije u potpunosti razjašnjeno raste li sloj zastora prvenstveno na površini kontakta oksid-elektrolit, metal-oksid ili u sredini između (Bolanča, Barišić, Mikota, 1992).

Zbog nehomogene strukture i debljine zastornog sloja, na nizu tačaka dolazi do lokalnog povećanja gustine struje, pa uz rastvaranje tog, primarno stvorenog sloja, na tim mestima dolazi do prolaska Al^{3+} jona, koji dalje reaguju sa vodom i ili anjonima. Time započinje rast drugog,

STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

poroznog i znatno debljeg sloja Al_2O_3 . Porozni sloj oksida je građen od niza pravilnih celija heksagonalnog oblika, koje se sastoje od centralne pore dijametra $1 \pm 2,5 \mu\text{m}$ okružene oksidnim „zidom“ debljine $1 \pm 2 \mu\text{m}$ koji je pozicioniran normalno na površinu i razdvojen od metala zastornim slojem (Gonzalez i drugi, 1999). Među njima ne postoji slobodan prostor, već su kompaktno smeštene jedna uz drugu. Broj celija je velik i kreće se oko $4 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$. Sloj dobija porozni karakter u vertikalnim porama, koje su smeštene u sredinu svake heksagonalne prizme i prikazan je na slici 12.



Slika 12. Prikaz oblika celije i pore oksida

U idealnom slučaju, sve prizme su jednake visine, međutim zbog lokalnih uslova kristalizacije (gustina struje, temperatura, koncentracija anjona) one mogu rasti do različitih nivoa. Ukoliko se pore ne zatvore, npr. postupkom siliranja, aluminijum uprkos poroznosti oksidnog sloja više neće doći u kontakt sa okolinom. Na taj način će se spriječiti da zastorni sloj, pa i same pore, svojom dubinom ne dosegnu celu visinu celija (Lizarbe i drugi, 1992).

Postupak zatvaranja pora (siliranja) se najčešće odvija u vreloj destilovanoj vodi ili vrućem baznom rastvoru radi poboljšanja antikorozivnih svojstava aluminijuma. Siliranjem se zatvaraju pore, odnosno, otvor pore u heksagonalnim prizmama, što je posledica transformacije bezvodnog aluminijumovog oksida u bemit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Moon i Pyun, 1998).

U postupku pripreme ofset štamparskih formi, anodizacija i formiranje površinske strukture oksida odvija se u različitim elektrolitima. Najčešće se u tu svrhu primenjuje anodizacija u

STRUKTURA ŠTAMPARSKIH FORMI ZA CTP TEHNOLOGIJU

vodenom rastvoru hlorne kiseline (Dimogerontakis i drugi, 2006), anodizacija u kombinovanom elektrolitu hlorne i fosforne kiseline (Gobbetti, 1991), anodizacija u vodenom rastvoru nitratne kiseline (Koroleva i drugi, 2005), anodizacija u sumpornoj kiselini (Bolanča, Barišić i Bolanča, 1991) i anodizacija u kombinovanom elektrolitu nitratne i borne kiseline (Amor i Ball, 1998).

Sastav i koncentracija elektrolita, napon, gustina struje, temperatura i vreme anodizacije utiče na morfologiju i svojstva anodiziranog sloja. Pokazalo se da različiti uslovi anodizacije utiču na formiranje anodiziranih slojeva različitih debljina, različite veličine celija, debljine zidova, te na različitu širinu i dubinu pora u površinskoj strukturi aluminijuma.

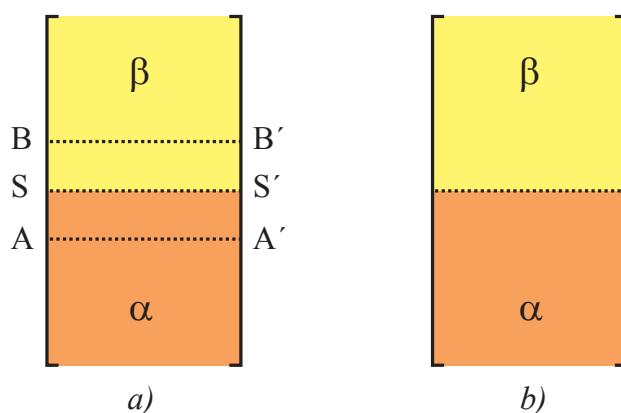
S obzirom da navedene veličine variraju u širokom rasponu, u zavisnosti od uslova anodizacije, međusobno će se razlikovati i interakcija oksidnih slojeva u kontaktu sa tečnom fazom, npr. u postupku razvijanja štamparskih formi i prilikom adsorpcije sredstva za vlaženje u toku procesa štampe.

4. POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI

Proces ofet štampe u suštini počiva na fizičko-hemiskim odnosima graničnih površina. Pri prenosu boje sa štampajućih elemenata ofet štamparske forme na podlogu (papir, karton, PE...) od značaja su molekularni procesi adhezija i kohezija. Uzajamno delovanje površinskog napona, graničnog površinskog napona, vlaženje, odnos tečnosti za vlaženje i boje, rast temperature boje i drugo, čine ofet štampu kompleksnim procesom, a poznavanje navedenih pojmovra, njihovo delovanje i međusobni odnosi su od velikog značaja u kontroli procesa ofet štampe.

4.1 Granična površina

Granična površina je zajednička površina dodira dva materijala. Sredstvo za vlaženje i površina ofet štamparske forme čine zajedničku površinu dodira. Kada se dve faze dodiruju, razdvojene su graničnim slojem.



Slika 13. Šematski prikaz granice dve faze

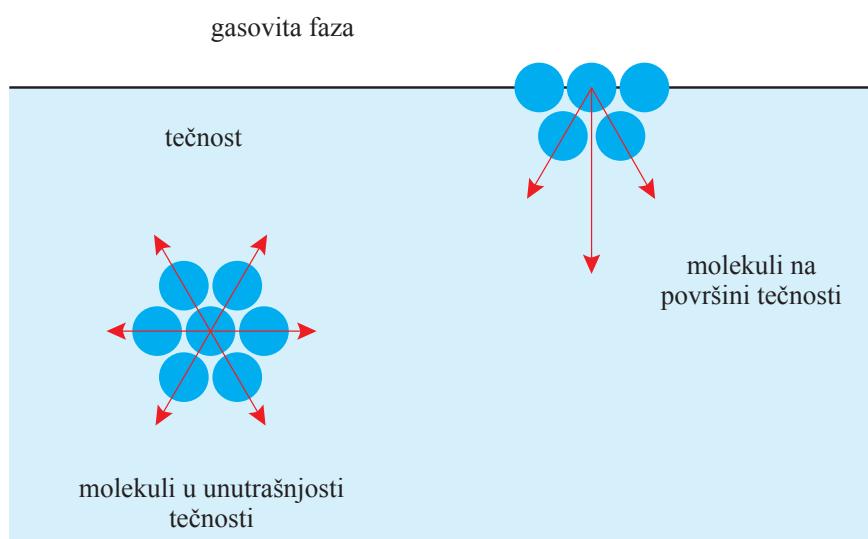
Na slici 13 a. prikazane su dve faze α i β , njihove granične površine AA' i BB' , kao i granični sloj SS' . U graničnom sloju S osobine faza α i β se menjaju od čiste faze α , preko pomešanih osobina do čiste faze β . Granični sloj je veoma tanak, njegova debljina iznosi samo nekoliko prečnika molekula.

Na slici 13 b. vide se dve faze u dodiru, ali bez graničnog sloja. Bilo koja površina SS' u graničnoj oblasti paralelna granicama AA' i BB' naziva se granični sloj. Na ovaj način definisan granični sloj ima površinu, ali ne i debljinu. Granični sloj ne sprečava prelaženje čestica iz jedne faze u drugu (Van Oss i drugi, 1993).

4.2 Površinski napon

Sila koja sprečava širenje tečnosti po određenoj površini naziva se površinski napon. Molekuli tečnosti se međusobno privlače, a međumolekulske privlačne sile uslovjavaju postojanje tečnosti. Na slici 14. prikazan je presek kroz tečnost iz koga se vidi da su privlačne sile između molekula u unutrašnjosti tečnosti u ravnoteži, jer je svaki molekul unutar tečnosti okružen istim molekulima. Na molekule na površini s jedne strane deluju privlačne sile molekula tečnosti, a sa druge strane privlačne sile molekula gasovite faze, koje privlačne sile molekula tečnosti nisu u stanju da uravnoteže, tako da na površini tečnosti dolazi do tangencijalnog zatezanja.

Rezultanta međumolekulske sila za molekule u površinskom sloju nije jednaka nuli, već je upravljena u unutrašnjost tečnosti, pa se molekuli u površinskom sloju tečnosti nalaze pod dejstvom pritiska, koji je upravljen u unutrašnjost tečnosti. Ovaj pritisak se naziva kohezioni pritisak.



Slika 14. Šematski prikaz međumolekulske sile tečnosti

Da bi se jedan molekul tečnosti doveo na površinu, potrebna je određena energija što ukazuje da svi molekuli na površini tečnosti poseduju izvestan iznos potencijalne energije koja se zove površinska energija. Dovođenje molekula tečnosti na površinu znači povećanje površine, i obrnuto odvođenje molekula tečnosti sa površine predstavlja njeno smanjenje.

Kako ravnotežnom stanju odgovara minimum potencijalne energije, a svaki sistem teži da dođe u stanje ravnoteže, to površina tečnosti teži da dobije najmanju vrednost, tj. da se skupi. Ova sila u tečnosti se naziva:

$$\text{površinski napon, } \gamma \text{ (} \text{Nm}^{-1} = \text{kgs}^{-2} \text{)}$$

Izraz površinski napon odnosi se na silu koja postoji između tečnosti i vazduha, tečnosti i čvrstog tela, čvrstog tela i vazduha, kao i između dve tečnosti i naziva se još međufazni napon i predstavlja meru odbojnosti između dve materije (Đorđević i Dražić, 1989).

Vlaženje je pojava do koje dolazi kada su u kontaktu čvrsta i tečna faza. U grafičkoj industriji do vlaženja dolazi pri nanošenju vode na štamparsku formu, nanošenju boje na podlogu, pri lepljenju i slično. Različite se materije različito vlaže istom tečnošću, a različite tečnosti različito vlaže istu materiju.

Pri vlaženju vodom razlikujemo hidrofilna i hidrofobna tela. Hidrofilna su ona tela koja se dobro kvase, hidrofobna ona koja se ne kvase vodom. Konsekventno ovome, oleofilna su ona tela koja se dobro kvase, a oleofobna ona koja se ne kvase uljima.

4.2.1 Slobodna površinska energija

Slobodna površinska energija je posledica privlačnih sila između molekula. Čestica koja se nalazi u masi supstance okružena je istovrsnim česticama, sile međusobnog delovanja tih čestica se zbog toga kompenzuju i njihova je resultantna sila jednaka nuli. Kod čestica koje se nalaze na granici faza sile međudelovanja nisu kompenzovane ili su kompenzovane tek delimično. Ako posmatramo sistem tečno-gasovito, čestice tečnosti na granici faza nemaju kompenzovane privlačne sile obzirom da je u donjoj polukugli okružena istovrsnim molekulima tečnosti, a u gornjoj polukugli česticama gasa. Kako tečnosti imaju jače privlačne međumolekularne sile, na čestice na površini tečnosti deluje resultantna sila usmerena prema unutrašnjosti tečnosti (slika 14). Takve čestice stalno prelaze s površine tekućine u njenu unutrašnjost i obrnuto. Višak energije površinskog sloja supstance u poređenju sa energijom čestica u unutrašnjosti te iste supstance naziva se površinskom energijom (Moore, 1955).

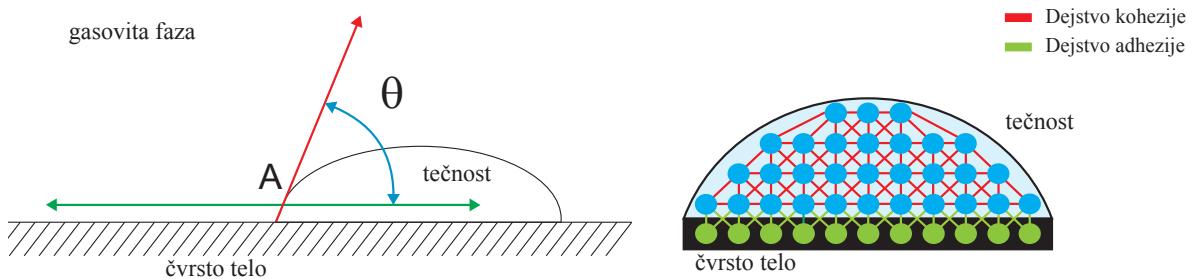
Usled površinske energije javlja se sila koja deluje paralelno sa površinom i nastoji njenu veličinu maksimalno smanjiti - površinski napon (σ). Površinska energija neke supstance je jednak:

$$E = \sigma * A [J] \quad (7)$$

gde je σ [Nm^{-1}] površinski napon, A [m^2] površina supstance.

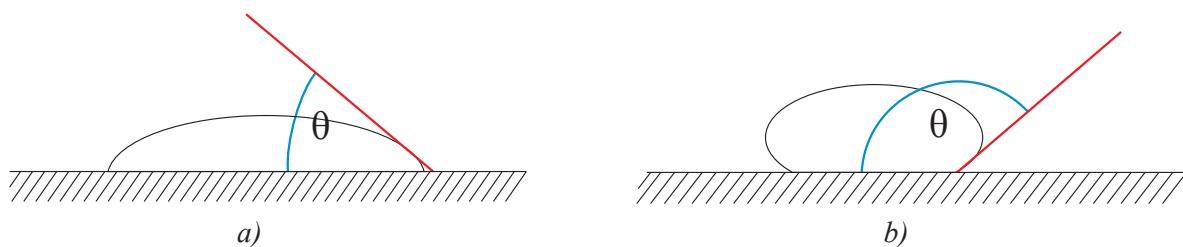
4.2.2 Kontaktni ugao

Mera sposobnosti čvrstog tela da se kiasi nekom tečnošću naziva se kontaktni ugao i označava se sa θ . Kontaktni ugao definišu tri različite međufazne površine: tečnost – čvrsto; tečnost – gasovito i čvrsto – gasovito, zbog čega postoje tri različita međufazna napona koji se dotiču u tački A (Slika 15). Kontaktni ugao je ugao između tangente povučene iz tačke A na kružnu liniju koja predstavlja konturu kapi tečnosti i površine čvrstog tela koje kap tečnosti vlaži (međufazni napon tečnost – čvrsto).



Slika 15. Kontaktni ugao

Kap vode na čvrstoj hidrofilnoj površini dobija oblik kao na slici 16 a, koja prikazuje kapljicu koja teži da na njoj zauzme što veću površinu. Kontaktни ugao je oštar, a vrednost mu je manja od 90° . Adhezija između podloge i vode je veća od kohezionih sila molekula vode, pa se otuda voda rasprostire po hidrofilnoj površini. Kap vode na čvrstoj hidrofobnoj površini dobija oblik kao na slici 16 b, koja prikazuje kapljicu koja ne vlaži površinu i kontaktni ugao je veći od 90° . Kohezija između molekula vode je jača od adhezija između vode i čvrste hidrofobne površine.



Slika 16. Vlaženje na hidrofilnoj površini pri uglu a) $\theta < 90^\circ$ b) $\theta > 90^\circ$

Konsekventno prethodno navedenim primerima mogu se izvesti i primeri za oleofilne i oleofobne površine. Hidrofilne će biti one čvrste materije koje privlače vodu, a oleofilna koja privlače ulja. Hidrofilni su metali sa oksidnom prevlakom (aluminijum oksid kao hidrofilna neštampajuća površina kod offset štamparske forme) i organske materije sa – OH funkcionalnom grupom ili – COOH karboksilnom grupom.

Hidrofobni su metali bez oksidne prevlake i organska jedinjenja kao što su ugljovodonici, ulja i masti, tj. ona organska jedinjenja koja nemaju funkcionalne grupe u svojoj strukturi.

U ekstremnim slučajevima, kada je kontaktni ugao jednak 0, tečnost će potpuno vlažiti površinu čvrste supstance ($\cos \Theta = +1$), a suprotno tome, kada je ugao jednak 180° , vlaženja neće biti ($\cos \Theta = -1$). Naravno, pri praktičnom razmatranju raznih veličina uglova vlaženja treba isključiti ekstremne vrednosti Θ od 0° , 90° i 180° , jer kap na površini, zbog delovanja raznih faktora, ne može postići oblik i položaj koji bi odgovarao tim vrednostima.

POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI

Na veličinu kontaktnog ugla uticaće slobodna površinska energija tri faze, a njihova međuzavisnost prikazuje se Youngovom jednačinom:

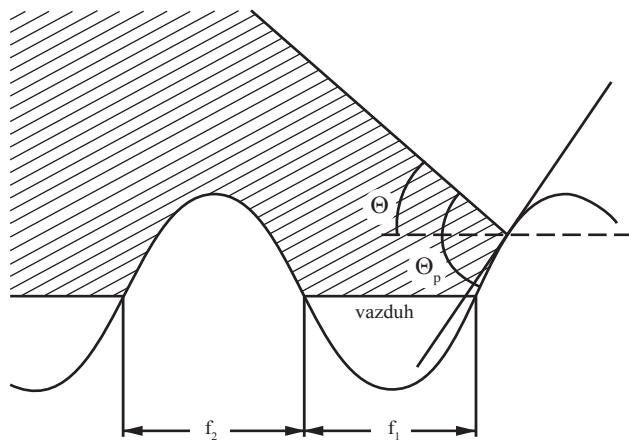
$$\sigma_s - \sigma_{sl} + \sigma_l \cos \Theta \quad (8)$$

gdje su σ_s površinski napon čvrste supstance, σ_{sl} površinska energija između čvrste supstance i tečnosti, σ_l površinski napon tečnosti, Θ kontaktni ugao.

Diskontinuirane površine, odnosno nahrapavljene površine, poput površina štamparskih formi, ponašaju se na granici faza čvrsto-tečno nešto drugačije nego sitnozrnaste ili glatke površine. Kod njih se ugao vlaženja definiše:

$$\cos \Theta_r = r \cos \Theta_1 \quad (9)$$

gde je r odnos stvarne i geometrijske površine (Ojha i drugi, 2008). Međutim, u nekim slučajevima može doći i do suprotne situacije. Naime, na površinama čiji je diskontinuitet jače izražen pojavljuje se tzv. „vazdušna zamka“ (slika 17).



Slika 17. Mogući model vlaženja uz „vazdušnu zamku“

Tečna faza u takvoj situaciji ne penetrira u pore na površini čvrste faze već se oslanja na mehuriće vazduha u udubljenim delovima profila površine. Time se uspostavlja sasvim drugačija dispozicija pojedinih faza, koje tada uzrokuju prividno veći ugao vlaženja između čvrste faze i tečnosti. Prividni ugao vlaženja (Θ_p) može se u takvim slučajevima odrediti kao:

$$\cos \Theta_p = r f_1 \cos \Theta_1 - f_2 \quad (10)$$

Takva situacija zavisi će i od karaktera tečnosti, napetosti površine tečnosti i vazdušnog pritiska u porama površine.

Promena površinskih svojstava aluminijum oksida je istraživana i kroz promenu kontaktnog ugla između uzorka sredstva za vlaženje i izrađenog uzorka štamparske forme (Cigula, Mahović-Poljaček i Gojo 2008). Dosadašnja istraživanja iz pomenute oblasti su pokazala da vreme osvetljavanja i vreme razvijanja štamparske forme imaju veliki uticaj na kontaktni ugao, odnosno površinska svojstva slobodnih površina. Cigula, Pavlović i drugi (2010) su u svojim istraživanjima dokazali da sredstva za vlaženje, koja se koriste u toku štampe i imaju promenljivu pH vrednost, ne utiču u većoj meri na promenu kontaktnog ugla u toku štampe, ali da upotreba štamparske forme za veće tiraže (Pavlović i drugi 2010) utiče na mikrostrukturne promene na površini neštampajućih površina. Time se smanjuje mogućnost za formiranje odgovarajućeg kontaktnog ugla (Kwok i Neumann, 1999) na površini aluminijum oksida (Gajewski, 2008), a kasnije i dinamičkog kontaktnog ugla (Sciffer, 2000), gde bitnu ulogu ima temperatura sredstva za vlaženje (Martic, De Coninck i Blake, 2003) i porozna struktura površine slobodnih elemenata (Redón i drugi 2005), što direktno utiče na adekvatno vlaženje štamparske forme odnosno na formiranje odgovarajućeg kontaktnog ugla između sredstva za vlaženje i slobodnih površina štamparske forme.

4.2.2.1 Određivanje slobodne površinske energije

Određivanje slobodne površinske energije, odnosno njenog polarnog i disperznog dela određuje se indirektno merenjem kontaktnog ugla između tečnosti poznate slobodne površinske energije i ispitivane čvrste površine. Postoje razne metode izračunavanja površinskog napona, a baziraju se na Youngovoj jednačini (8). Za ispitivanja površina sličnih površini štamparske forme preporučuje se korišćenje OWRK metode (razvijena od strane Owensa, Wendta, Rabela i Kaeblea) (DataPhysics Instruments, 2006).

Površinska napetost svake faze se može rastaviti na polarnu i disperznu komponentu površinske napetosti:

$$\sigma = \sigma^P + \sigma^D \quad (11)$$

Owens i Wendt upotrebljavaju jednačinu za površinsku napetost i uvrštavaju ju u Youngovu jednačinu uz jednakost:

$$\sigma_{LS} = \sigma_l + \sigma_s - 2\sqrt{\sigma_l^P * \sigma_s^P} - 2\sqrt{\sigma_l^D * \sigma_s^D} \quad (12)$$

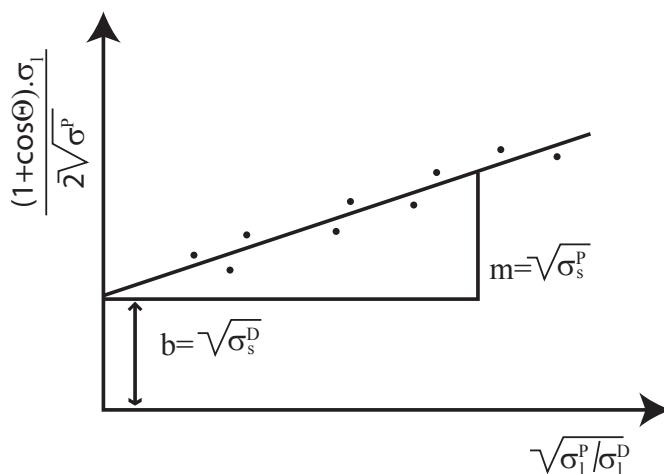
gdje je σ_{LS} površinska napetost sistema čvrsto-tečno, σ_l površinska napetost tečne faze, σ_s površinska napetost čvrste faze, a σ^D disperzna faza površinske napetosti, σ^P polarna faza (Owens i Wendt, 1969).

Uključujući (12) u (8) dobija se rešenje za kontaktni ugao uz poznate vrednosti površinskih napetosti.

Kaeble je jednačinu rešio kombinujući dve tečnosti računajući srednje vrednosti dobijenih vrednosti površinske napetosti. Rabel računa polarni i disperzni deo površinske napetosti:

$$\frac{(1 + \cos \sigma) * \sigma_s}{2\sqrt{\sigma_l^p}} = \sqrt{\sigma_s^p} \sqrt{\frac{\sigma_l^p}{\sigma_l^p}} + \sqrt{\sigma_s^d} \quad (13)$$

Izraz (13) je zapravo linearna funkcija, $y = mx + b$ te se površinska energija može izračunati iscrtavanjem grafika te funkcije (slika 18).



Slika 18. Određivanje disperznog i polarnog dela površinske napetosti čvrstog tela

4.2.2.2 Selektivno vlaženje

Kada na čvrstu površinu istovremeno deluju dve tečnosti različitog površinskog naponu (voda–ulje) doći će do pojave selektivnog vlaženja. Tečnosti se ne mešaju, a čvrsto telo se kiasi onom tečnošću koja ima bližu polarnost vlastitoj polarnosti (veća adhezija i zbog toga manji međufazni napon tečno – čvrsto).

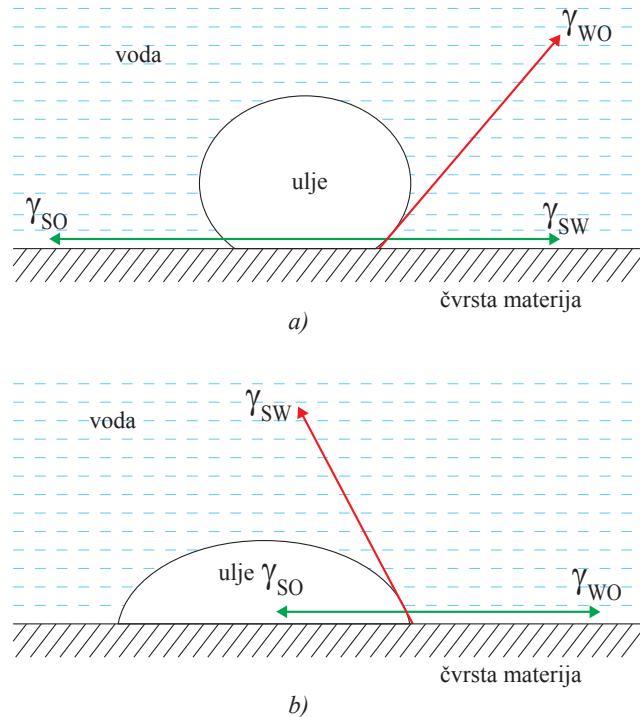
Na površini štamparske forme za ofset štampu su istovremeno prisutne dve tečnosti (sredstvo za vlaženje i štamparska boja). Štampajuće i neštampajuće površine ofset štamparske forme imaju različitu površinsku hrapavost i obradu, i vlaže se samo jednom tečnošću (u prisustvu druge). Neštampajuće površine vlaže se rastvorom za vlaženje uz prisustvo štamparske boje, i obrnuto, štampajuće površine vlaže se štamparskom bojom uz prisustvu sredstva za vlaženje (Teschner, 2003).

U uslovima selektivnog kvašenja ni jedna materija se ne graniči sa vazduhom, već uvek jedna sa drugom, pa se govori o sledećim međufaznim naponima:

- γ_{so} - međufazni napon na granici čvrsto - ulje
- γ_{wo} - međufazni napon na granici voda - ulje
- γ_{sw} - međufazni napon na granici čvrsto - voda

POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI

Na slobodnim površinama štamparske forme za ravnu štampu, koje se u toku procesa štampe ne smeju vlažiti štamparskom bojom, međufazni napon između vode i čvrste faze γ_{sw} mora biti manji od međufaznog napona između ulja i čvrste faze γ_{so} (Slika 19 a).



Slika 19. a) Slobodne površine u uslovima selektivnog kvašenja $\gamma_{so} > \gamma_{sw}$
b) Štampajuće površine u uslovima selektivnog kvašenja $\gamma_{so} < \gamma_{sw}$

Na štampajućim površinama situacija je obrnuta, što je prikazano na slici 19 b. Ulje stvara mali kontaktni ugao, a voda veliki. Ako je međufazni napon na granici čvrsto – ulje γ_{so} manji od međufaznog napona na granici čvrsto – voda γ_{sw} , tada je kosinus negativan i granični ugao je veći od 90° . Površina se u uslovima selektivnog vlaženja bolje vlaži uljem nego vodom.

4.3 Karakterizacija površinskih osobina materijala

Površinska struktura materijala, poznata i pod nazivom topografija, u velikoj meri karakteriše osobine materijala i njegovu otpornost na habanje. Površinska hrapavost materijala se prema ISO standardu 4287 definiše kao sveukupna mikrogeometrijska nepravilnost na površini predmeta, koje su mnogo puta manje od površine celog predmeta, a koje su prouzrokovane postupkom obrade ili nekim drugim uticajem. Iako su te topografske varijacije nano veličina u odnosu na veličinu površine, često je njihov uticaj merljiv nekim od mikroskopskih mernih metoda. Tačna karakterizacija površina sa razvojem metodologija i instrumenata igra sve veću ulogu u karakterizaciji površina.

POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI

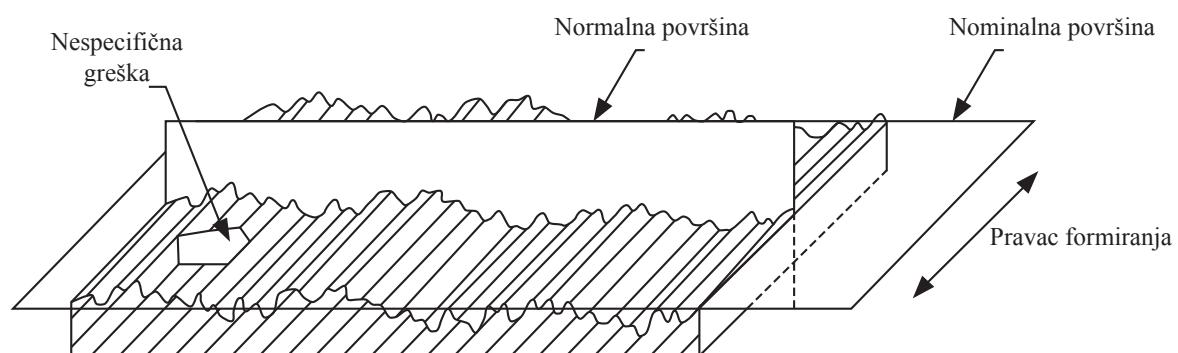
Skoro sve površine koje prolaze kroz neki tehnološki ciklus obrade su daleko od idealnih površina i sadrže u većoj ili manjoj meri određenu hrapavost. Hrapavost je pojam koji definiše odstupanje površine od idealnog oblika, posmatran kao nepravilnost površine, odnosno kao kratke talasne dužine. Sama karakteristika teksture neke površine je određena rasporedom, oblikom i veličinom pojedinačnih elemenata u formi neravnina koje mogu biti izbočine ili udubljenja u odnosu na srednju „idealnu“ površinu.

Künzler (2007) je u svojoj doktorskoj tezi detaljno izneo niz eksperimentalnih metoda i podataka za karakterizaciju površine, te time ukazao na značaj definisanja karakteristike materijala. Suh, Polycarpou i Conry (2003) su u svom istraživanju opisali važnost karakterizacije površinske topografije i hrapavosti površine kao veoma bitne faktore za utvrđivanje trošenja i oštećenja koja se dešavaju na površini materijala, a koja je jako bitna u inženjerskim tribologičkim ispitivanjima. Chung (2009) je takođe u svojoj disertaciji ukazao na značaj karakterizacije površina, u ovom slučaju, aluminijum oksidnih prevlaka, a Mahović-Poljaček, Risović, Furić i Gojo (2008) su u svom radu analizirali profilometrijske metode za karakterizaciju površine oksidne prevlake aluminijuma, te na taj način potvrdili važnost pomenutih metoda kao bitnih za evaluaciju površinskih karakteristika materijala.

Myshkin i drugi (2003) su u svom istraživanju opisali važnost različitih metoda pri različitim pristupima i karakterizaciji mikro površina materijala kao i njihovih osobina.

Za opisivanje geometrijskih osobina neke površine i njihova odstupanja koriste se jednodimenzionalni parametri na osnovu dvodimenzionalnih profila površine, iako se kod realnih materijala radi o trodimenzionalnim, često nehomogenim kompleksnim sistemima, osnovni koncepti geometrijskih varijacija neke površine se mogu izraziti i kroz analogiju odstupanja od nekog jednostavnog oblika kao što je krug ili linija (Czichos, Saito i Smith, 2006).

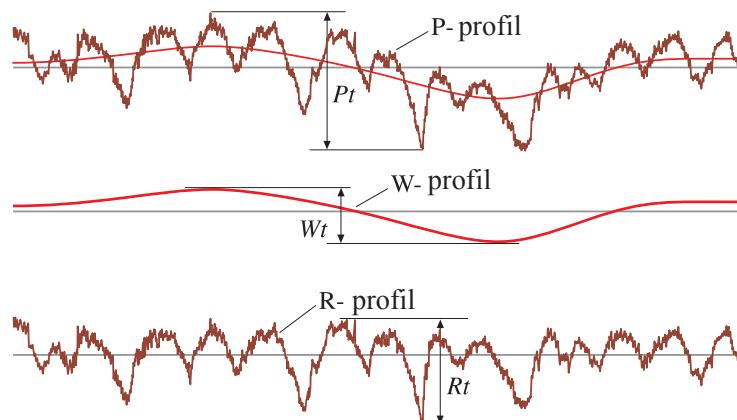
Na slici 20. su prikazani osnovni elementi koji karakterišu površinu materijala. Bitno je napomenuti da su navedene karakteristike, koje definišu osnovne veličine neke posmatrane i merene površine, nerazdvojive od tih površina i nezavisne su od metode merenja.



Slika 20. Osnovni elementi za karakterizaciju površine

Tri prepoznatljiva uzroka devijacije, koje se mogu podeliti prema komponenti frekvencije na površini, mogu se prepoznati kao hrapavost, talasastost i pravac formiranja (Mainsah, Greenwood, Chetwynd, 2001), i prikazani su na slici 21.

- **Hrapavost** predstavlja komponentu sa najvećom frekvencijom (kratkom talasnog dužinom) od interesa na površini. Ona predstavlja manje nepravilnosti na teksturi površine koji su rezultat nekog procesa tokom obrade ili stanja materijala,
- **Talasastost** je komponenta sa manjom frekvencijom (dužom talasnog dužinom) od hrapavosti. Ova komponenta je prostorno šira od hrapavosti i može da bude izazvana nekim od spoljašnjih uticaja tokom procesa obrade. Hrapavost je često nadgradnja komponente talasastosti.
- **Pravac formiranja** je komponenta sa najdužom talasnog dužinom (najmanjom frekvencijom) i predstavlja dominantni smer i pravac površinske strukture i najčešće je određen procesom formiranja površine.



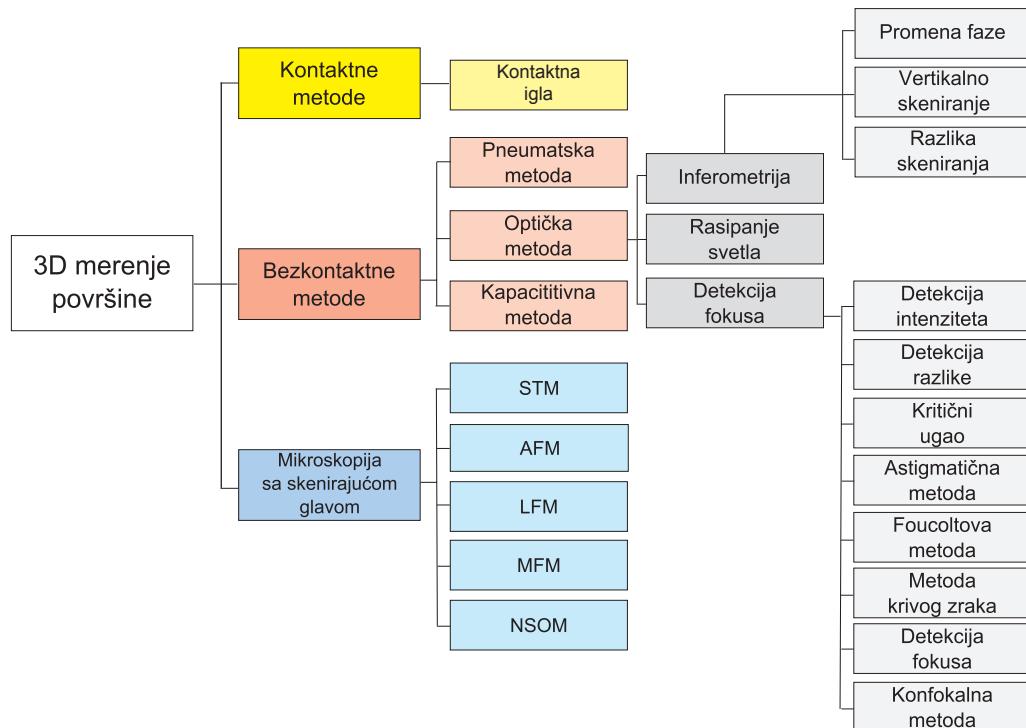
Slika 21. Prikaz profila: P - pravac formiranja, W - talasastost i R - hrapavost

4.3.1 Instrumentalne metode za karakterizaciju površina

Merne metode za merenje površinske hrapavosti se mogu klasifikovati na: dvodimenzionalne (profili) i trodimenzionalne (površine) kao i na kontaktne i bezkontaktne metode (Czichos, Saito i Smith, 2006). Tehnike koje koriste profilometriju mere visinu površine po sistemu tačka po tačka sa mernom sondom, kao što je igla ili fokusirni snop svetla. Izmerene vrednosti profila se mogu iskoristiti za dobijanje niza statističkih parametara i funkcija površine koje karakterišu srednju vrednost visine izbočina ili razdaljinu između neravnina (Czichos, Saito i Smith, 2006). Bezkontaktne metode uključuju detekciju optičkog fokusa, optičku inferometriju, svetlosno rasipanje i varijacije mikroskopa sa skenirajućom sondom. Najčešće korištene metode za kvantitativno određivanje 3D površine su: skenirajuća mehanička merna igla, tehnike detekcije fokusa, svetlosna inferometrija i AFM (eng. Atomic Force Microscopy).

POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI

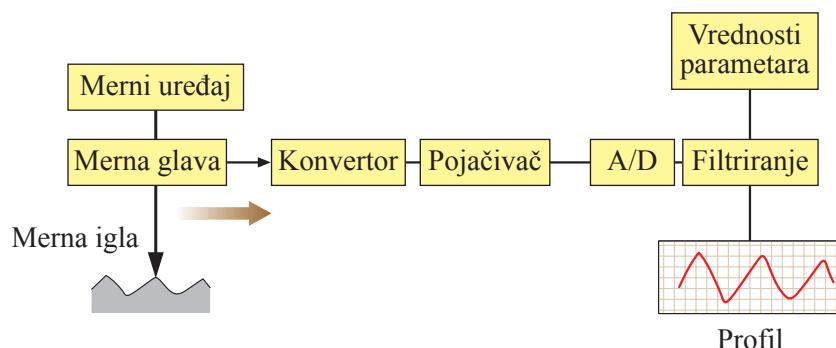
Jedna od mogućih podela mernih metoda za karakterizaciju instrumentalnih metoda za istraživanje površinskih karakteristika različitih materijala je prikazana na slici 22. (Mainsah, Greenwood i Chetwynd, 2001).



Slika 22. Klasifikacija metoda za kvalitativnu analizu površina

Primarne instrumentalne metode za merenje površine se mogu podeliti na nekoliko osnovnih elemenata: pretvarač (igla, pipak, sonda) koji vrši interakciju sa razlikama u visini površine, uređaj za prikupljanje i pojačavanje signala i uređaj za pretvaranje ovog signala u poznate numeričke parametre.

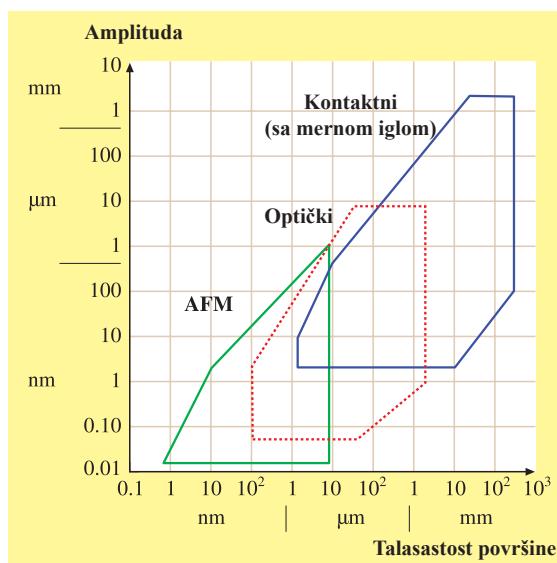
Pregled metoda za profilisanje najčešće se započinje mernim metodama koje koriste kontaktne igle (pertometre). Na slici 23. je predstavljena šema uređaja za kontaktnu analizu površine sa mernom iglom.



Slika 23. Metod rada kontaktnog profilometra sa mernom iglom

Najpoznatiji i najrasprostranjeniji uređaj za merenje površinske hrapavosti je uređaj sa kontaktnom iglom za merenje dvodimenzionalne hrapavosti. Ovakav uređaj se upotrebljava u industriji i za svrhe naučnih istraživanja preko 60 godina jer je veoma precizan, robustan i jednostavan za upotrebu. Kod tipičnog uređaja sa mernom iglom, merna glava prevlači iglu preko merne površine konstantnom brzinom, pri čemu se električni signal dobija uz pomoć konvertora, koji može biti piezoelektrični, induktivni ili interferometrijski laser. Kod složenijih sistema moguće je merenje i analiza trodimenzionalne površine. Svestranost ovog uređaja leži u mogućnosti korišćenja na površinama raznih oblika. Merna igla se najčešće sastoji od kupaste dijamantske glave sa uglom od 60° ili češće 90° . Standardne vrednosti za radius merne glave je $2,5$ i $10 \mu\text{m}$, ali se upotrebljavaju i druge veličine.

Na dijagramu 24. je prikazan odnos veličina koje se mogu izmeriti pri upotrebi različitih uređaja za merenje hrapavosti.



Slika 24. Prikaz vertikalne i horizontalne rezolucije za merenje površinske hrapavosti

Instrumente sa kontaktnom iglom odlikuju vertikalni raspon do nekoliko milimetara, sa najboljom rezolucijom na nanometrijskom nivou i mogućnosti skeniranja do stotog podeljka milimetra. Standardizovane vrednosti za maksimalno opterećenje odgovaraju pomenutim radiusima i iznose $0,7$, 4 i 16 mN . Pri tom, najčešće upotrebljavana brzina merenja je 0.5 mm/s (Czichos, Saito i Smith, 2006).

Princip merenja sa mehaničkom iglom i mernom glavom je veoma raznovrstan i najčešće može da pokrije širok spektar zahteva i vrsta za merenje. Ipak, postoje neki specifični nedostaci koji ograničavaju njenu upotrebu. Kod 3D analize površina stilusne metode su jako spore. Drugi nedostatak, zbog velikog pritiska koji generiše kontaktni vrh merne igle na tačku na mernoj površini, može da dođe do oštećenja površine i zbog toga je ova metoda nepodesna za meke materijale. Ovi nedostaci sistema za merenje sa mernom iglom su u najvećoj meri rešeni (na

račun drugačijih ograničenja) sa razvojem nekih drugih metoda za merenje, tačnije optičkih i ređe korišćenih pneumatskih tehnologija. Najčešće korišćene optičke metode za karakterizaciju površina se zasnivaju na tri principa – detekciji optičkog fokusa, inferometriji i rasipanju svetla (Mainsah i drugi, 2001). Inferometrijska merenja imaju visoku tačnost, visoku rezoluciju i omogućavaju brzo merenje.

Kod odabira odgovarajućih mernih metoda veoma je važno da merni uređaj poseduje dobru lateralnu rezoluciju i dužinu profila koja odgovara vrsti površinskih deformacija koje se mere. Takođe, potrebno je poznavati karakteristike materijala kako bi se pravilno odredio metod i vrsta uređaja koji će se koristiti za merenje. Poon i Bhushan (1995) su upoređivali kontaktnu i bezkontaktnu mernu metodu da bi Whitehead, Shearer, Watts i Wilson (1999) u svojoj studiji pokazali da je vrsta materijala čija se hrapavost meri veoma bitna, jer se na osnovu nje može izvršiti odabir merne metode i uređaja za merenje.

Istraživanja iz ove oblasti koja su vršili Risović, Mahović Poljaček i Gojo (2009) su, između ostalog, pokazala da međuzavisnost metoda nije slučajna i da su kod merenja štamparskih formi korelacije pogodnije za analizu rezultata dobijenih klasičnom – kontaktnom metodom analize hrapavosti nego one dobijene metodom laserske analize površine. U literaturi (Othmani i Kaminsky, 1999) se takođe mogu pronaći podaci da je kombinovanje dve metode, 2D i 3D analize površine najpouzdanije, jer daje uvid u sve parametre relevantne za pravilno određivanje površinske hrapavosti.

4.3.2 Parametri hrapavosti površine

Hrapavost bilo koje površine određuje njene promene u kontaktu sa nekom drugom površinom, reakciju u kontaktu sa tečnošću, adsorpciju tečnosti, definiše osetljivost površine, izgled, trošenje i podnošenje opterećenja. Da bi se topografski prikazi površina mogli i brojčano izraziti i međusobno uporediti, definisani su 2D i 3D parametri hrapavosti koji omogućavaju pojašnjenje strukture površina štamparskih formi, te njihovu korelaciju sa funkcionalnim svojstvima štamparskih formi.

Merenje površinske teksture pomoću parametara hrapavosti danas je standardizovano (ISO 4287-1997), iako su često razvoj i primena pojedinih parametara vezani isključivo uz namenu istraživanja. Takav pristup je prouzrokovao razvoj velikog broja parametara koji ne znače neminovno i njihovu zajedničku primenu (Smith, 2003) pri ocenjivanju teksture površine (Váradi i drugi 2004). Koji će se parametar određivati i meriti zavisi isključivo od toga koja se karakteristika i funkcionalno svojstvo želi opisati ili numerički izraziti. U literaturi se navodi čak i više od trideset parametara hrapavosti (Nowicki, 1985) i detaljno se opisuje karakteristika svakog od njih (Gadelmawla, 2002), a njihov izbor i broj zavisi od funkcije površine (Bigerelle, Najjar, Iost, 2003) i procesa primene. Neki parametri se retko susreću u praksi, upravo zbog toga što jednostavno nisu našli opštu primenu.

POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI

Važne karakteristike koje razdvajaju dva profila su visinska devijacija od nominalnog profila i razlike između uporedivih devijacija. Da bi se adekvatno opisalo stanje merenih površina potrebno je odabrati parametre hrapavosti.

Relevantni nazivi geometrijskih parametara hrapavosti (preporuka norme ISO 4287-1997):

- R - parametar - parametar izračunat iz profila hrapavosti;
- Vrh profila - van usmeren ideo (od ispitivane površine prema okolnom mediju) promatranog profila koji povezuje dve susedne tačke preseka profila sa X osom;
- Udubljenje profila - unutra usmeren ideo (od okolnog medija prema ispitivanoj površini) promatranog profila koji povezuje dve susedne tačke preseka profila sa X osom;
- Visina i/ili odabiranje razmaka - minimalna visina i minimalni razmak vrhova i udubljenja promatranog profila koji se treba uzeti u obzir;
- Element profila - vrh profila i susedno udubljenje profila;
- Visina vrha profila (Z_p) - udaljenost između X ose i najviše tačke vrha profila;
- Dubina udubljenja profila (Z_v) - udaljenost između X ose i najniže tačke udubljenja profila;
- Širina elementa profila (X_s) - dužina segmenta X ose koja se preseca sa elementom profila.

U zavisnosti od karakteristika profila merene površine, parametri hrapavosti mogu se podeliti u tri osnovne grupe:

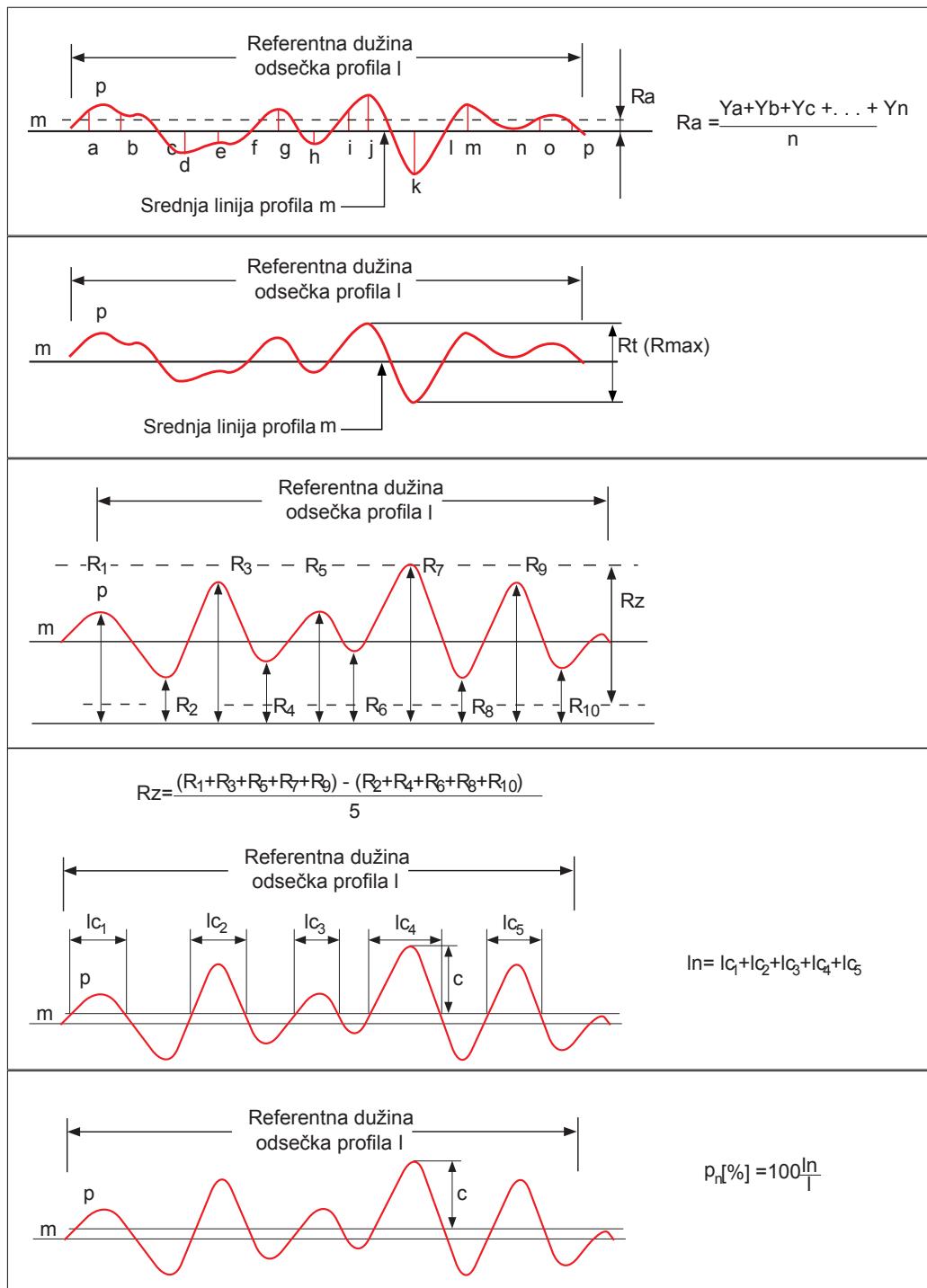
1. amplitudni ili vertikalni parametri hrapavosti,
2. uzdužni ili horizontalni parametri i
3. hibridni parametri hrapavosti.

Amplitudni parametri hrapavosti su mere vertikalnih karakteristika odstupanja površine, tj. parametri koji su u potpunosti određeni visinama vrhova ili dubinama udubljenja ili oboje, nezavisno o horizontalnim razmacima hrapavih nepravilnosti površine (Križan, 1984):

- R_a - srednje aritmetičko odstupanje profila (aritmetička sredina apsolutnih vrednosti kordinata $Z(x)$ unutar referentne dužine);
- R_p - najveća visina vrha profila (najveća visina vrha profila Z_p unutar referentne dužine);
- R_v - najveća dubina udubljenja profila (najveća dubina udubljenja profila Z_v unutar referentne dužine);
- R_z (JIS) - visina neravnina u deset tačaka (norma ISO 4287/1-1984) numerički je razlika srednje visine između pet najviših vrhova i pet najnižih udubljenja unutar referentne dužine.

Na slici 25 su predstavljene neke od veličina koje određuju parametre hrapavosti.

POVRŠINSKE POJAVE NA ŠTAMPARSKOJ FORMI



Slika 25. Parametri koji definišu površinsku hrapavost profilisanog predmeta

Efektivni profil p ima referentnu dužinu I i srednju liniju m . Slovom p označen je efektivni profil površine predmeta, slovom I referentna dužina odsečka profila, a slovom m srednja linija profila. Referentna dužina je odabrana dužina jednog odsečka profila, koja omogućava određivanje hrapavosti. Srednja linija profila je tako povučena da srednje kvadratno rastojanje efektivnog profila od te linije bude minimalno (Mainsah, Greenwood i Chetwynd, 2001).

Uzdužni parametri hrapavosti - parametri koji su potpuno određeni uzdužnim razmacima hrapavih nepravilnosti površine, nezavisno od amplituda vrhova i udubljenja.

- Broj vrhova profila S, HSC – suma istaknutih tačaka, odnosno, broj svih vrhova profila unutar dužine procene (10 mm) koje se nalaze iznad srednje linije ili iznad linije paralelne sa srednjom linijom (DIN 4762, ISO/DIS 4287-1) (Slika 26).



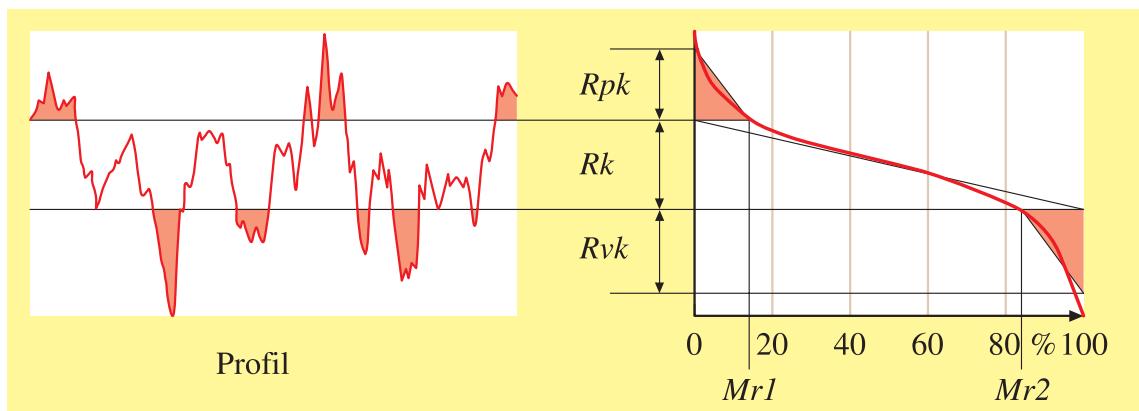
Slika 26. Prikaz uzdužnog profila hrapavosti

Hibridni parametri hrapavosti - parametri koji zavise i od amplituda vrhova i udubljenja, i od horizontalnih razmaka, tj. to su parametri koji zavise od oblika profila.

- R_{pk} - redukovana visina vrhova profila (glavni deo površine koji će brzo biti istrošen nakon početka štampe);
- R_k - dubina jezgra hrapavosti profila (radna površina dugog veka koja će uticati na kvalitet i trajnost štamparske forme);
- R_{vk} - redukovana dubina udubljenja profila;
- Mr_1 - udeo materijala koji odgovara gornjoj granici jezgra hrapavosti profila;
- Mr_2 - udeo materijala koji odgovara donjoj granici jezgra hrapavosti profila.

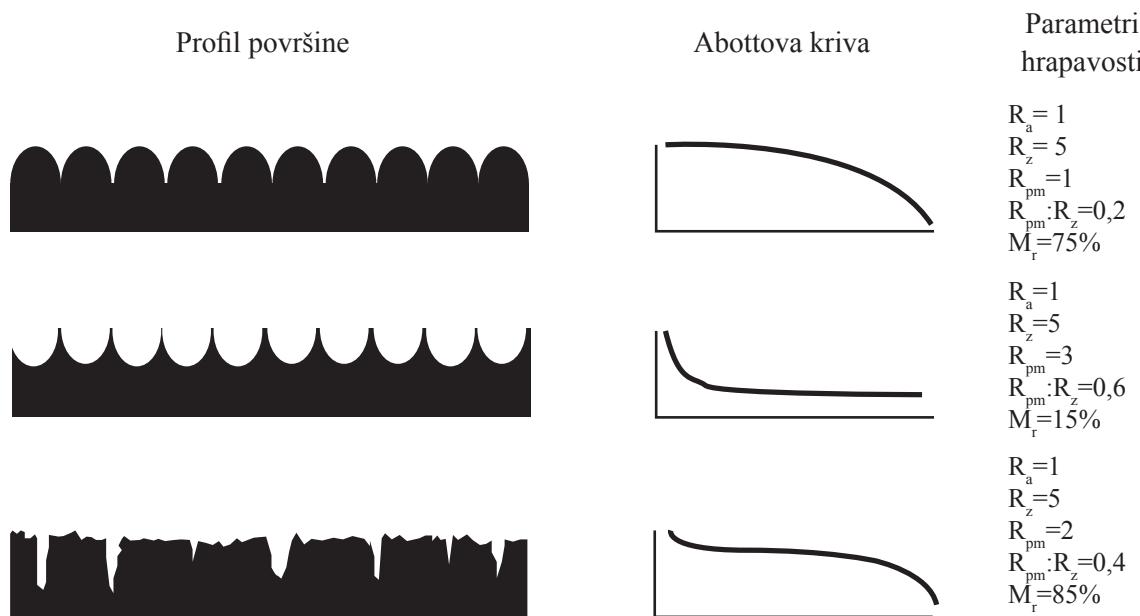
Navedeni parametri određeni su isključivo za specifičnu kontrolu trošenja određene površine. Definisani su prema standardu ISO/DIS 13565/2-1949,10 na krivi relativne nosive dužine profila, tzv. Abbottovoj krivi, koja daje relativni udeo materijala kao funkciju visine linije preseka i opisuje relativni porast udela materijala sa povećanjem profila (ISO/DIS 13565 1, 2, 3 (1994)). Na njoj je naznačen niz hibridnih parametara hrapavosti (definisani prema standardu DIN 4776 (ISO 13565-1)).

Na slici 27 prikazana je Abbottova kriva sa naznačenim vrednostima navedenih parametara za neki karakteristični profil unutar referentne dužine.



Slika 27. Izgled Abbottove krive prema ISO 13565- 2:1996

Whitehead i drugi (1999) te Mahović - Poljaček, Gojo i drugi (2007) ukazuju na različit pristup merenja površine sa različitim parametrima hrapavosti, te ističu Abbottovu krivu kao izrazito tačan način za karakterizaciju različitih profila površine. Prema autorima, površina sa istim vrednostima parametara hrapavosti R_a i R_z može imati potpuno različit profil površine i različitu Abbottovu krivu (Slika 28).



Slika 28. Prikaz profila površine i Abbottove krive

Na slici se može videti da Abbottova kriva daje jednu od najznačajnijih informacija o profilu površine, naročito što su na ovom primeru uzorci površina različiti, a imaju iste vrednosti parametara hrapavosti R_a i R_z . Odnos između parametara $R_{pm}:R_z$ naznačen je kao jedan od značajnijih parametara koji će takođe dati detaljniju informaciju o profilu površine. Isto tako, parametar koji govori o udelu materijala, M_r uzima se kao osnovni parametar koji govori o poroznosti materijala.

EKSPERIMENTALNI DEO

Površinska svojstva štamparskih formi, odnosno hidrofilnost slobodnih i hidrofobnost štampajućih površina, su bitne karakteristike koje određuju funkcionalna svojstva i stabilnost štamparskih formi u procesu reprodukcije. Razvoj novih postupaka i materijala za izradu štamparskih formi uzrokovao je pojavu novih pojmove koji opisuju nivo kvaliteta štamparskih formi, kao i pojavu novih parametara koji mogu uticati na nju. Zbog toga su ova istraživanja usmerena isključivo na reprodukcionu proces, odnosno na dugotrajnost i izdržljivost neštampajućih elemenata štamparskih formi, jednog od veoma bitnih segmenata pri postupku štampe. Proces reprodukcije može uzrokovati neželjene promene u površinskoj mikrostrukturi, utičući na taj način na kvalitet i funkcionalnost štamparskih formi.

Naime, do sada definisani standardi iz područja grafičke tehnologije o postupcima izrade štamparskih formi za offset štampu (ISO 12218:1997 i ISO 12647-2:2004) odnose se na procesnu kontrolu konvencionalnih postupaka izrade štamparskih formi (CtFtP), s time da je navedena mogućnost primene određenih postavki i na digitalne postupke osvetljavanja (CtP).

Njima su definisani parametri za praćenje ekspozicije štamparskih formi pomoću test formi koje sadrže niz kontrolnih polja i mikroelemenata.

Ostali parametri koji utiču na kvalitet štamparskih formi, poput procesa hemijskog razvijanja, sastava i temperature razvijača su spomenuti, ali metode kontrole i uticaj njihovih promena na kvalitet štamparskih formi nisu definisane. Schmitt (2005) je konstruisao kontrolne mikroelemente koji omogućavaju praćenje procesa razvijanja, ali isključivo u smislu praćenja nivoa kvaliteta štamparskih formi, a ne slobodnih površina. Neka istraživanja definišu hemijsku obradu i mikrostrukturu aluminijumske folije kao primarne faktore koji utiču na kvalitet štamparskih formi (Schmitt, 2005). Mahović (2007) je u svojoj disertaciji vršila ispitivanja vezana za proces hemijskog razvijanja štamparskih formi i promena koje ovaj proces može uzrokovati pri interakciji razvijača sa površinskim strukturama CtP štamparskih formi, a posebno slobodnih površina (površina aluminijum oksida).

Međutim, sva prethodna istraživanja su vezana za pripremni proces štamparskih formi. Upravo iz tog razloga, predmet ovog istraživanja su promene koje se događaju u površinskoj strukturi slobodnih površina - neštampajućih elemenata CtP štamparskih formi nakon određenog perioda eksploatacije u procesu reprodukcije.

Karakterizacija površinskih struktura CtP termalnih štamparskih formi sprovedena je iz sledećih razloga:

- Moguće je uvesti nov način kontrole i praćenja nivoa kvaliteta štamparskih formi prilikom postupka izrade kao i prilikom njihove primene za određene tiraže u procesu reprodukcije.

Ovakav pristup je naročito značajan u procesima primene štamparskih formi sa različitim površinskim mikrostrukturama, čija je detaljna analiza neizbežna sa svrhom praćenja svih parametara koji mogu uticati na nivo kvaliteta reprodukcije.

- U radu su izučavane površinske strukture slobodnih površina štamparskih formi, odnosno mikrostrukture aluminijum oksida, koje u najvećoj meri određuju funkcionalna svojstva štamparskih formi. Amfoternost aluminijum oksida je značajna, kao i promene koje se mogu dogoditi u postupku štampe usled interakcije papira, boje, sredstva za vlaženje i aluminijum oksida. Naime, adsorpcija sredstva za vlaženje na slobodnim površinama štamparskih formi ima jednu od najznačajnijih uloga za održavanje optimalnog balansa između sredstva za vlaženje i boje u procesu reprodukcije. Mešanje tečnosti za vlaženje i boje je do određenih granica prihvatljivo, tako da je poznato da se za vreme procesa reprodukcije sredstvo za vlaženje emulgije sa štamparskom bojom, te se dobija 20% emulzije u boji (Anon, 2006). Veće oscilacije mogu uticati na neželjene posledice u toku reprodukcije.
- Analitičke metode za karakterizaciju mikropovršina materijala imaju širok trend u naučnoj, ali i praktičnoj primeni. Razvoj metoda uzrokuje i širenje njihove primene, te su naročito popularne u područjima kompleksnih površina, kod kojih omogućuju praćenje mikrostrukturalnih promena, morfoloških promena, promena u topografiji površine, fizičko-hemijskih promena svojstava površina itd. Upravo su zbog toga i zanimljive u karakterizaciji površinskih mikrostruktura štamparskih formi.

U eksperimentalnom delu sprovedena su istraživanja na jednom tipu štamparskih formi, na uzorku koji se nije koristio u procesu štampe i koji je bio referentan i na uzorcima koji su korišćeni za različite tiraže od 123.000, 177.000 i 300.000 otisaka na rotacionoj „heat-set“ štamparskoj mašini.

Radi dobijanja što preciznijih rezultata, korišćena je jedna ista vrsta CtP termalne štamparske forme.

Za kvalitativnu i kvantifikovanu analizu površina uzoraka je korišćena metoda površinske analize uređaja sa kontaktnom iglom, metoda merenja kontaktnog ugla i SEM mikroskopske metode. Iz dobijenih merenja su izračunate vrednosti pojedinačnih parametara površinske hrapavosti i određene su druge površinske karakteristike od važnosti. Za kvalitativnu analizu površina urađena je SEM mikroskopska analiza površina. Nakon prikupljanja svih izmerenih i izračunatih vrednosti urađene su statističke analize i korelacije dobijenih rezultata u cilju potvrđivanja hipoteza.

Broj metoda koje se mogu primeniti za kvantitativno izučavanje površinskih struktura štamparskih formi je ograničen, prvenstveno iz razloga što vrednosti površinskih struktura ne prelaze veličine od nekoliko mikrometara. Zbog toga su u ovom istraživanju površine štamparskih formi obrađene pomoću mernih metoda koje su pažljivo izdvojene da bi omogućile egzaktno i precizno definisanje vrednosti za jasnu karakterizaciju tih površina.

Analiza referentnih površina i formi koje su korišćene u procesu reprodukcije pronalazi svoje razloge u činjenici da se oksidni sloj na površini aluminijuma može promeniti usled delovanja pritiska i ostalih činioca koji učestvuju u procesu štampe (sredstvo za vlaženje, boja i papir). Upravo iz tog razloga su za potrebe ovog istraživanja posebno izdvojene izmerene vrednosti

EKSPERIMENTALNI DEO

tih, referentnih uzoraka (anodno oksidiranih površina aluminijumskih folija). Rezultati merenja dobijeni na štamparskim formama koje nisu korišćene za proces štampe smatraće se nominalnim vrednostima za dalja istraživanja, te će se tako utvrditi njihova korelacija sa rezultatima merenja na ostalim uzorcima štamparskih formi.

Na osnovu već objavljenih istraživanja (Mahović i Gojo, 2005) utvrđeno je da bazni karakter razvijača i njegovo trenutno stanje (pH vrednost, temperatura i period korišćenja) za štamparske forme može u određenoj meri promeniti površinsku mikrostrukturu aluminijum oksida i uticati na smanjenje kvaliteta istih. Iz tog razloga, za potrebe ovog istraživanja, a kako bi se izbegle promene koje mogu uticati na kvalitet izrade štamparskih formi, svi uzorci analiziranih štamparskih formi su razvijeni u svežem baznom razvijaču, pri konstantnim uslovima razvijanja (pH i temperatura).

Prilikom planiranja istraživanja detaljno su odabrane određene mehaničke i optičke metode istraživanja površina, te su izdvojene metode analize površina od kojih su neke ovom prilikom prvi put upotrebljene za karakterizaciju slobodnih površina štamparskih formi za ofset štampu.

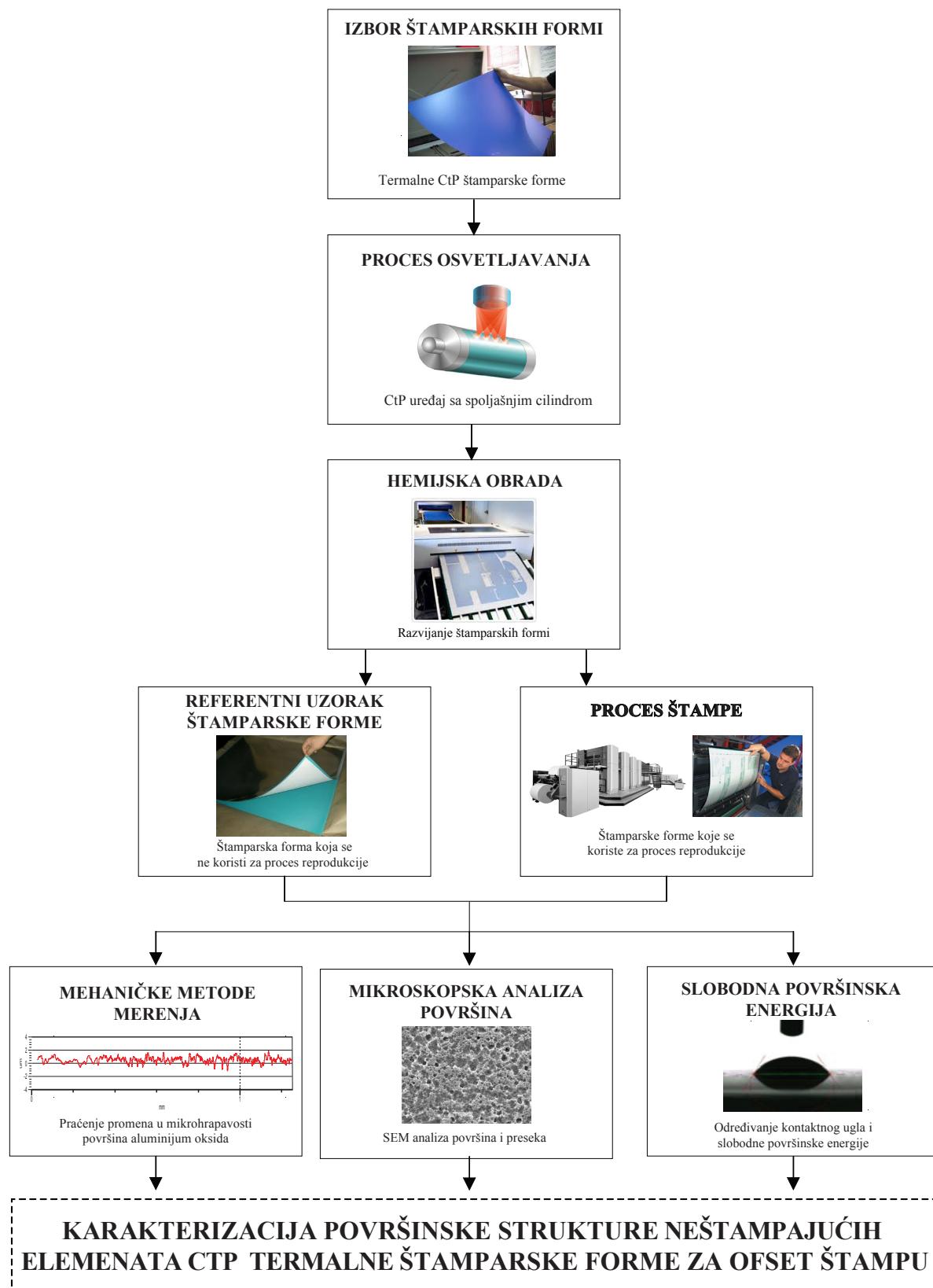
Izvršiće se topografska merenja površinskih struktura pomoću elektro-mehaničkog uređaja sa mernom igлом (Mechanical Stylus Profilometry - MSP). Tim merenjima će se definisati razlike u topografiji mikropovršina, te naznačiti eventualne promene i granične vrednosti dopuštenih odstupanja u profilima površina. Utvrđeni rezultati će dati novi uvid u strukturu slobodnih površina na štamparskim formama.

Detaljan uvid u strukturu površina dobiće se analizom izvršenom elektronskom mikroskopijom (SEM) čime će se, zbog izuzetnog uvećanja i preciznosti, dobiti osnovne informacije o mikrostrukturi površina štamparskih formi.

Dalja istraživanja sproveće se aplikacijom sredstva za vlaženje i određivanjem kontaktnog ugla na površinama uzorka. Primenom različitih tečnosti definisanih disperznih i polarnih faza odrediće se slobodna površinska energija na uzorcima, koja će u korelaciji s aplikacijom sredstva za vlaženje ukazati na moguće promene u površinskim strukturama štamparskih formi.

Plan istraživanja prikazan je na slici 29.

EKSPERIMENTALNI DEO



Slika 29. Plan eksperimentalnog istraživanja

5. UREĐAJI, METODE I MATERIJALI

5.1 Karakteristike štamparske forme, uređaja za osvetljavanje i razvijanje

Za potrebe eksperimentalnog istraživanja korišćene su Kodak Sword Ultra pozitiv termalne CtP štamparske forme debljine 0,3 mm izrađene prema standardu (ISO 12218:1997). Za oslikavanje kopirnog sloja Kodak Sword Ultra štamparske forme potrebno je koristiti infra crvene lasere sa zračenjem talasnih dužina između 800 i 850 nm, koje poseduju energiju zračenja između 120 mJ/cm² i 150 mJ/cm². Sve štamparske forme koje su korišćene za merenja u ovom radu su osvetljavane na CtP osvetljivaču sa spoljašnjim cilindrom Kodak Magnus VLF. Pri procesu osvetljavanja korišćena je energija zračenja od oko 140 mJ/cm.

Nakon osvetljavanja, proces razvijanja je izvršen u mašini za razvijanje Kodak Mercury, gde je fotoosetljivi sloj, uz pomoć baznog razvijača Kodak Goldstar premium, uklonjen sa osvetljenih, budućih neštampajućih površina. Razvijanje je izvršeno na osnovu preporučenih parametara proizvođača koji su prikazani u tabeli 5.

Tabela 5. Parametri razvijanja štamparske forme

Temperatura razvijača (°C)	Brzina prolaska ploče kroz uređaj za razvijanje (m/min)	Vreme potrebno za razvijanje (s)
22 ± 3	0,7 – 1,2	18 ± 4

Takođe, za proces razvijanja je korišćen svež razvijač, jer je u prethodnim istraživanjima (Mahović, 2007), (Gojo, Cigula i Mahović Poljaček 2010) dokazano da uslovi razvijanja i stanje razvijačke supstance imaju bitan uticaj na promenu mikrohrapavosti štampajućih i slobodnih površina štamparske forme.

Prema deklaraciji proizvođača, pomenute štamparske forme mogu da izdrže tiraže do 400.000 otisaka. Ukoliko se naknadno pristupi termalnoj obradi, tzv. pečenju štamparske forme, mogu da izdrže tiraže do 1.500.000 otisaka.

Međutim, te procene se odnose na izdržljivost kopirnih slojeva odnosno štampajućih elemenata. Naime, naknadnom termičkom obradom učvršćuju se, a time i poboljšavaju mehanička svojstva kopirnih slojeva, dok se problemu trošenja neštampajućih površina ne pridaje veliki značaj. Neštampajuće površine su od izuzetnog značaja za pravilno odvijanje procesa štampe, odnosno razdvajanje štampajućih od neštampajućih elemenata, jer njihov

površinski kvalitet određuje sposobnost pravilnog raspoređivanja sredstva za vlaženje, koje je od presudnog značaja za taj proces. Tokom procesa štampe, trošenje štampajućih površina se odvija istovremeno sa trošenjem neštampajućih površina te se time smanjuje njihova površinska hrapavost, što ujedno smanjuje i specifičnu površinu koja omogućava pravilno raspoređivanje sredstva za vlaženje. Kako se ta specifična površina smanjuje, smanjuje se i količina sredstva za vlaženje koja se pravilno može rasporediti po toj površini. U daljem procesu ovaj efekat može biti uzrok smanjenja nanosa sredstva za vlaženje, kako ne bi došlo do prevelikog emulgovanja sredstva za vlaženje i boje. Time se ujedno i povećava rizik, usled smanjivanja nanosa sredstva za vlaženje, da neštampajući elementi postanu štampajući.

5.2 Metoda uzorkovanja i merenja

Radi što tačnijeg merenja, nakon procesa štampe izdvojene su štamparske forme koje su korišćene na sva četiri agregata štamparske mašine za crnu, cijan, magentu i žutu boju, koje su korišćene za štampu prethodno pomenutih tiraža. Ove štamparske forme su kasnije korišćene za merenja hrapavosti u laboratorijskim uslovima u prostorijama Grafičkog centra na Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn.

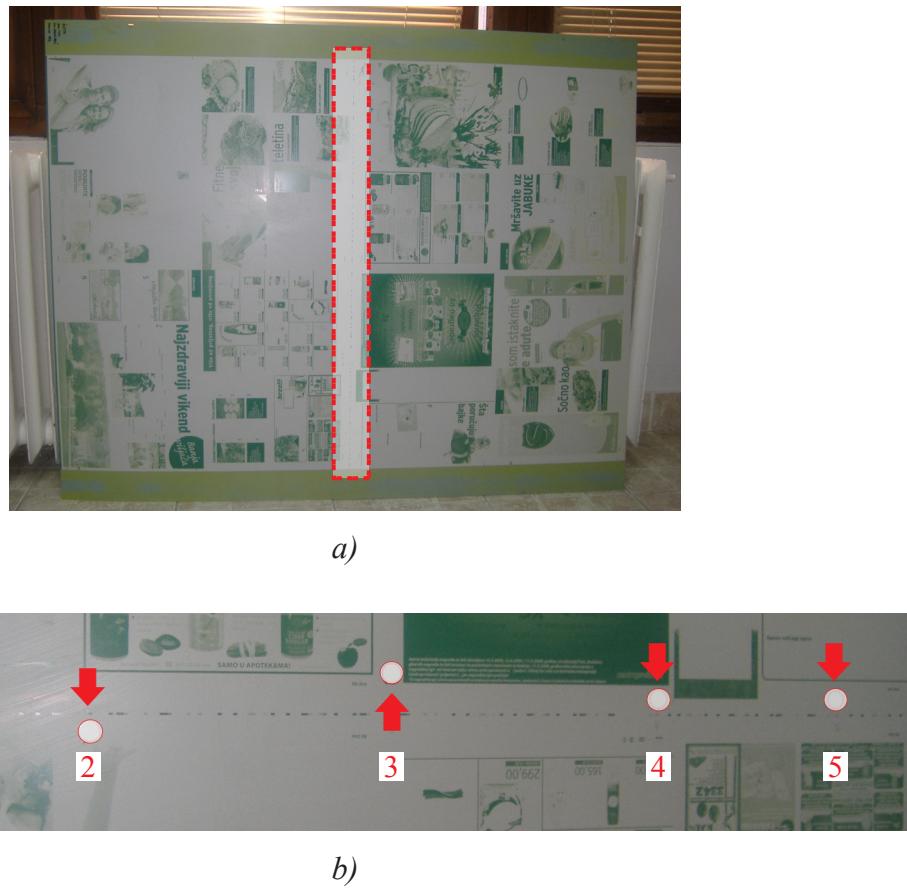
Usled širine (dužine) valjaka i cilindara, štamparske forme se u procesu štampe po sredini uvijaju. To ugibanje je skoro i neprimetno, ali ipak čak i takva mala deformacija dovodi do razlike u pritisku. To dovodi do toga, da će se po sredini javljati veći pritisak, što dalje dovodi do veće pojave trenja, dok će sa strane taj pritisak biti manji, što analogno dovodi do manjeg trenja.

Tako se došlo do prepostavke da će promena mikrohrapave strukture štamparske forme biti intenzivnije po sredini, dok će sa strane ona biti manja.

Kako bi se dobili što precizniji rezultati, uzorci (radijus 1,5 cm) su uzorkovani sa pet pozicija, na svakoj štamparskoj formi, sa međusobnim razmakom od 20 cm (Slika 30 a). Uzorkovane su neštampajuće površine štamparske forme. Selekcija je izvršena tako da su uzorci uzimani sa pozicija koje su se nalazile na istoj liniji, gde je u toku procesa štampe delovao konstantan pritisak cilindra sa gumenim omotačem.

Ovi uzorci su korišćeni za kvantitativnu analizu uzoraka na SEM-u. Uzorci za merenje kontaktnog ugla i slobodne površinske energije su uzorkovani sa istih pozicija, u vidu traka dužine 15 cm i širine 1,5 cm (Slika 30 b).

Pregled podešavanja korišćenih mernih instrumenata je prikazan u pregledu rezultata merenja.



Slika 30. Pozicije uzorkovanih uzoraka sa slobodnih površina štamparske forme

a) Prikaz štamparske forme i predela sa kog su izvršena uzorkovanja

b) Tačne pozicije sa kojih su uzimani uzorci

5.3 Karakteristike uređaja korišćenog za proces štampe

Proces štampe, za koji su korišćene analizirane štamparske forme, je izvršen u štampariji A.D. Politika na „heat-set“ rotacionoj ofset štamparskoj mašini Komori System 38D. Karakteristike maštine su date u tabeli 6.

Tabela 6. Osnovne tehničke karakteristike uređaja za štampanje Komori System 38 D

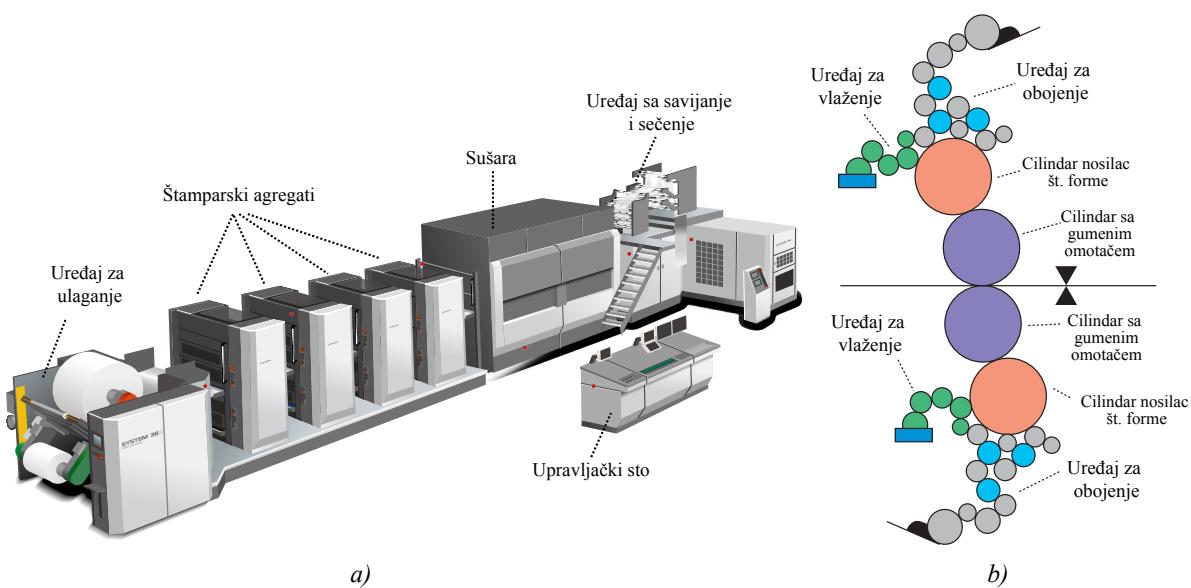
Model maštine	Dužina odsečka (mm)	Maks. širina rolne (mm)	Maks. površina za štampu (dužina x širina) (mm)	Veličina ploče (dužina x širina) (mm)	Opseg gramature papira (g/m ²)
Komori System 38D	625	965	1241 x 965	1275 x 1000	37 - 135

EKSPERIMENTALNI DEO

Za ispitivanje površinske hrapavosti neštampajućih elemenata štamparskih formi od posebnog je značaja konstrukcija mašine, od uređaja za ulaganje pa sve do poslednjeg agregata za štampu. Uređaj za ulaganje podloge, u ovom slučaju papirne trake, izveden je tako da se rolna može zameniti tokom štampe, bez potrebe da se mašina zaustavlja. Jedino je potrebno da se brzina štampe smanji i da se odstrane tabaci kod kojih je izvršen spoj dve trake. To u ovom slučaju znači da mašina može konstantno da radi sve dok se ne postigne određeni broj otisaka, bez zaustavljanja.

To ujedno i omogućava da se štamparska forma non-stop vlaži, bez bojazni da će doći do oksidacije usled stajanja mašine ili do sušenja neštampajućih površina, što dovodi do problema da se one pretvaraju u štampajuće površine, pa je potrebno izvesno vreme kako bi se povratio balans. Dalje, štampa bez zaustavljanja znači i konstantan kontakt gumenog omotača sa podlogom, što znači i konstantno prenošenje nečistoće sa podloge na štamparsku formu. Ta činjenica ujedno i predstavlja najveći uzrok za smanjivanje površinske hrapavosti štamparske forme. Kao što je to već i pomenuto, za smanjivanje površinske hrapavosti štamparske forme najbitniji faktor predstavlja upravo podloga, tj. nečistoće sa podloge, koje sa uz dejstvo sile između gumenog omotača i štamparske forme pretvaraju u abrazivnu površinu i vrše poravnavanje kako slobodnih tako i štampajućih elemenata na štamparskoj formi. Veliki uticaj na brzinu trošenja ima i sama konstrukcija uređaja za obojenje i za vlaženje, kao i uređaji za skidanje prašine (nečistoća) sa podloge.

Posmatrajući skicu jednog agregata za štampu mašine Komori System 38D, vidi se da je agregat izrađen kao "I" konstrukcija (slika 31). To znači da se na papirnu traku u jednom prolazu štampa obostrano, sa donje i sa gornje strane, prema principu „guma prema gumi”, što ukazuje da ne postoji poseban pritisni cilindar već tu ulogu preuzima drugi cilindar međuprenosač.



Slika 31. Mašina Komori System 38 D a) u celosti i b) jedan štamparski agregat

Međutim, ono što je bitno u ovom slučaju, je to da se tako omogućuje istovetan pritisak između dva cilindra, nosioca gumenog omotača i cilindra za pritisak. Time je izbegnuta mogućnost da zbog različite podešenosti agregata dođe do različitih kontaktnih pritisaka između dva cilindra (cilindra koji štampa prednju i zadnju stranu). Takva razlika u pritisku na manjim tiražima možda i ne bi dovela do primetnog problema, ali nakon određenog (većeg) broja otisaka, razlika u pritisku bi neminovno dovela do neravnomernog trošenja prvenstveno gumenog omotača. Zbog te neravnomernosti prenos boje i sredstva za vlaženje bi se poremetio, što bi dovelo i do poremećaja u „povratnom“ prenosu, tj. u prenosu nečistoća sa podloge na štamparsku formu (Komori, 2010).

5.3.1 Karakteristike rastvora za vlaženje korišćenog u procesu štampe

Proces ofset štampe u suštini počiva na fizičko-hemijskim odnosima graničnih površina. Pri prenosu boje sa elemenata štamparske forme na podlogu od značaja su molekularni procesi adhezija i kohezija. Uzajamno delovanje površinskog napona, graničnog površinskog napona, kvašenje, odnos vode i boje, rast temperature boje i dr. čine ofsetnu štampu kompleksnim procesom koji nije u svim detaljima razjašnjen. Uloga rastvora za vlaženje je da se neki od gore navedenih aspekata drže pod kontrolom, tj. u određenim vrednosnim granicama u toku štampe, i njegove funkcije se mogu sažeti u sledećim kategorijama:

- Sprečavanje nanošenje boje na slobodne površine;
- Održavanje hidrofilnog karaktera slobodnih površina;
- Brzo čišćenje boje sa slobodnih površina na početku štampanje;
- Omogućavanje brzog širenja vode po površini ofset štamparske forme;
- Obezbeđivanje jednoličnog dotoka vode preko valjaka za vlaženje;
- Kvašenje ofset štamparske forme i navlake za višer valjke;
- Kontrola emulgovanja vode i boje;

Osnovna namena sredstva za vlaženje u procesu ofset štampe je oleofobizacija slobodnih površina, tj. stvaranje dovoljno velike razlike u fizičko-hemijskim osobinama štampajućih i slobodnih površina na štamparskoj formi. U savremenim procesima ofset štampe sredstvo za vlaženje ujedno reguliše reološka i fizičko-hemijska svojstva boje, sprečava koroziju delova mašine, sprečava nastajanje algi i mikroorganizama u rezervoarima i cevima i slično.

Svi dodaci koji čine sredstvo za vlaženje utiču na njegovu fizičko-hemijsku stabilnost u toku procesa reprodukcije. Sredstvo za vlaženje na površini štamparske forme i boja će biti u ravnoteži ako se proces reprodukcije odvija usklađeno. Pri tome se prvenstveno ističe činjenica da slobodne i štampajuće površine tokom reprodukcije moraju biti prekrivene tankim slojem primarno adsorbovanih supstanci, što su sredstvo za vlaženje i boja. Ipak, iako postoje značajne

EKSPERIMENTALNI DEO

razlike u fizičko-hemijskim svojstvima slobodnih i štampajućih površina, moguća je adsorpcija sredstva za vlaženje i boje na obe površine. Time je upravo naglašena potreba za praćenjem svih parametara koji mogu varirati i uticati na stabilnost štamparskih formi i procesa štampe, te na njihovo održavanje unutar definisanih granica tolerancije.

Sredstvo za vlaženje sadrži sledeće glavne grupe sastojaka: gumičabiku rastvorljivu u vodi, sistem pufera za regulisanje pH vrednosti, soli za hidrofilizaciju, površinske aktivne supstance, rastvarače, dodatke za podmazivanje, agense za kontrolu emulgiranja, sredstva za povećanje viskoziteta i neke druge dodatke kao što su biocidi, sredstva za sprečavanje pojave pene i boje. One obezbeđuju njene osnovne funkcije i u određenoj meri utiču na količinu sredstva za vlaženje koja je potrebna u procesu reprodukcije. Smanjenje potrebne količine sredstva za vlaženje je moguće samo u slučaju ako se u datom sistemu štamparska forma – sredstvo za vlaženje poboljša vlaženje slobodnih površina, ili ako se smanjuje kontaktni ugao. To je moguće samo smanjivanjem površinskog napona sredstva ili međufaznog napona između sredstva za vlaženje i offset štamparske forme. Dodaci za korekciju pH vrednosti uglavnom ne utiču na površinski napon sredstva, ali se pri različitim pH vrednostima na površini offset štamparske forme mogu odvijati različiti procesi koji bi mogli uticati na promenu površinske strukture štampajućih i slobodnih površina.

Puferi u sredstvu za vlaženje zadržavaju pH unutar određenih vrednosti koje su povoljne za kontakt sredstva sa bojom, a najčešće su to određena fosfatna puferska sredstva koja sprečavaju rastvaranje aluminijum oksida i omogućavaju brzo sušenje boje. Najpovoljnija pH vrednost sredstva za vlaženje koja utiče na održavanje maksimalne hidrofilnosti slobodnih površina u toku eksploatacije štamparske forme je od 4,5 do 5,5, ali su dozvoljena i odstupanja u vrednostima od 4,8 do 6,0. Iznad vrednosti pH 5 postupak oksidacije sušenja boje će biti otežano, a ispod pH 4,5 dolazi do rastvaranja hidrofilnog anodnog sloja, te se daljim padom pH vrednosti povećava rizik korozije metala (Bombač, Drev i Žbogar, 1985). Takođe, pretpostavlja se da pH vrednost manja od 4 i veća od 6 uzrokuju rastvaranje bemitne strukture aluminijum oksida na površini aluminijuma (Pourbaix M., 1966).

Sredstvo za vlaženje, korišćeno za proces štampe u ovom istraživanju, je pripremljeno uz pomoć unapred pripremljenih koncentrata sredstva Sunfount (sredstvo koje ne sadrži izopropil alkohol - IPA), koji se u određenoj meri mešaju sa demineralizovanom vodom do preporučene koncentracije. Izmerena pH vrednost, vrednost provodljivosti, površinskog napona i temperature sredstva za vlaženje korišćenog u toku procesa štampe je prikazana u tabeli 7.

Tablela 7. pH vrednost, električna provodljivost, temperatura i površinski napon rastvora za vlaženje u toku procesa štampe

pH vrednost	provodljivost (μS)	temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	površinski napon (J/m^2)
5,4	1710	9,6	0,04131

Preporučene vrednosti proizvođača sredstva za bezalkoholno vlaženje su sledeća:

- pH vrednost = 4,8 - 5,4
- provodljivost (μS) = 1800
- temperatura = 8 -11 °C

Merenja sredstva za vlaženje su pokazala da imamo stabilne vrednosti koje se poklapaju sa preporukama proizvođača, te se pristupilo procesu štampe. Merenja u toku procesa štampe su takođe pokazala konstantne rezultate što je pozitivna strana sredstva za vlaženje bez IPA. Odstupanja od +1000 kod provodljivosti su u granicama tolerancije, ali kod odstupanja od +1200 treba obratiti pažnju, jer je neophodno pristupiti pranju celog sistema za vlaženje, kako ne bi došlo do korozije pojedinih delova sistema (Pavlović i drugi, 2011).

5.4 Karakteristike podloge i boje korišćene za štampu

Tip, struktura i površinske karakteristike podloge imaju znatan uticaj na proces štampe, a samim tim i na promenu hrapavosti štampajućih i neštampajućih elemenata štamparske forme.

Korišćena podloga za eksperiment je papir UPM Ultra H gramature 60 g/m^2 . Ova vrsta papira spada u kvalitetnu grupu papira namenjenih za rotacionu „heat-set“ ofset tehniku štampe. Prvenstveno se koristi za štampu reklamnih materijala, brošura i magazina što znači da se radi o podlozi koja poseduje izuzetna mehanička svojstva, kao što su otpornost na kidanje, otpornost na odvajanje vlakana.

Jedna od karakteristika ovog papira je da je proizveden od recikliranih vlakana i da je njegova hrapavost odnosno poroznost visoka, prema PPS standardu ISO 8791-4 (UPM, 2005).

Naime, Parker Print-Surf - PPS je metoda merenja hrapavosti papira koja je usvojena kao standardna iako se radi o metodi merenja hrapavosti na osnovu propuštene zapremine vazduha. Ova metoda daje slične vrednosti merenja hrapavosti u odnosu na standardne kontaktne metode merenja (Xu i drugi, 2005).

UPM Ultra H papir je papir koji je oslojen sa obe strane što donekle, u toku procesa štampe, sprečava odvajanje slobodnih vlakana sa papira i njihov prenos na gumeni omotač. Korišćenjem takve vrste papira stvaramo skoro idealne uslove rada, te jedna od prepostavki može biti da je zbog ovakve vrste papira promena površinskih karakteristika slobodnih elemenata štamparske forme, usled mehaničkih nečistoća sa podloge svedena na minimum. Ipak, oslojeni papiri poseduju abrazivna svojstva, posebno ako je oslojavanje urađeno nekvalitetno, te se kalcijum karbonat (ili druga materija sa kojom je vršeno oslojavanje) odvaja od štamparske podloge i time vrši taloženje na gumeni omotač, koji se tako pretvara u visoko abrazivnu podlogu. U tom slučaju promena hrapavosti štamparske forme je značajna te je potrebno u određenim vremenskim intervalima izvršiti odstranjivanje nataložene nečistoće sa površine gumenog omotača.

Boja koja se koristi za izradu grafičkog proizvoda ima veći značaj u stabilnom održavanju balansa između sredstva za vlaženje i boje, nego u uticaju na radni vek štamparske forme. Za ovaj eksperiment korišćene su Sun Chemical top gloss štamparske boje i to: procesna cijan, magenta, žuta i crna. Ova serija štamparskih boja je u saglasnosti sa ISO 2846-1:2006 kao i ISO 12647-1:2004 i ISO 12627-2:2004 standardima. One su prilagodene za štampu na premaznim papirima, kao što je LWC (Light Weight Coated) – tanak oslojeni papir.

5.5 Uredaj za merenje hrapavosti

Zbog specifičnosti materijala na kojem je vršeno merenje, za potrebe analize korišćen je PortableTester TR200, uređaj za merenje hrapavosti površine sa dijamantskom iglom. Specifičnost materijala se ogledala u njegovoј debljini i strukturi, tako da nije bilo moguće merenje površinske hrapavosti na isečenim epruvetama, nego štamparskim formama u celini.

Pošto je štamparska forma veoma tanka, 0,3 mm, pri njenom rezanju dolazi do deformacije ivice, a zatim i površine isečene štamparske forme. Prilikom merenja površinske hrapavosti to može da dovede do mogućih pojava nepravilnosti i grešaka u rezultatima. Kako bi se to izbeglo, korišćen je uređaj koji omogućava proizvoljno određivanje mesta i položaja merenja na celoj površini štamparske forme.

U tabeli 8 prikazane su tehničke karakteristike uređaja za merenje površinske hrapavosti, TimeSurf TR200.

Tabela 8. Prikaz tehničkih karakteristika uređaja TimeSurf TR200

Parametri hrapavosti	Ra, Rz, Ry, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rv, R3z, RS, RSm, RSk, Rmr, Primarni profil (P)
Opseg prikazivanja rezultata	Ra, Rq: 0,005~16µm Rz, Ry, Rp, Rt, R3z, Rv: 0,02-160µm RSm, RS: 2-4000µm Rmr: 1-100%
Prikaz grafikona	Profil hrapavosti (R) i Rmr kriva (Mr)
Mogućnost uvećavanja profila	Vertikalno uvećavanje: 200x - 20000x Horizontalno uvećavanje: 20x, 50x, 200x
Radna okolina	Temperatura radne prostorije 0 - 40°C, relativna vlažnost < 80%

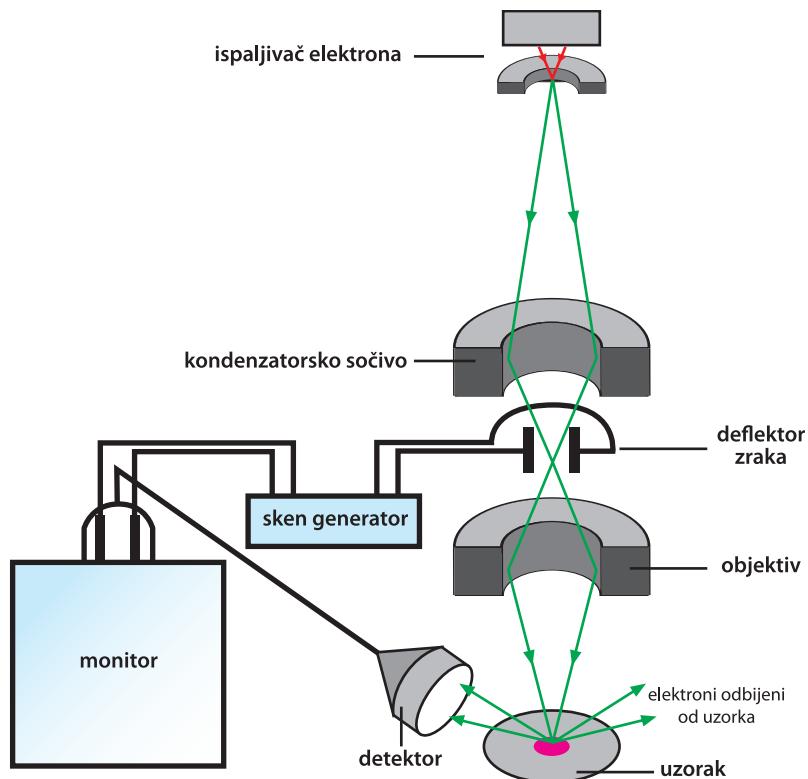
Parametri hrapavosti	Ra, Rz, Ry, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rv, R3z, RS, RSm, RSk, Rmr, Primarni profil (P)
Opseg prikazivanja rezultata	Ra, Rq: 0,005~16µm Rz, Ry, Rp, Rt, R3z, Rv: 0,02-160µm RSm, RS: 2-4000µm Rmr: 1-100%
Merni opseg	±20µm, ±40µm, ±80µm
Merenje dubine	Minimum raspon od 6.0 mm, merenje dubine od 15mm (TS100)
Dužina uzorkovanja	0,25mm, 0,8mm, 2,5mm
Filtriranje rezultata (digitalno)	RC, PC-RC, Gauss, D-P (nefiltriran profil)
Tip senzora (merne igle)	Standardni induktivni senzor TS100, sa dijamantskim vrhom, radijusa 2µm, vrh je pod uglom od 90°, senzor vrši pritisak na materijal od 4mN

5.6 Mikroskopska analiza neštampajućih površina štamparskih formi

Za potrebe istraživanja korišćen je JEOL JSM-6460 mikroskop, Univerzitetskog centra za mikroskopiju, Univerziteta u Novom Sadu. Skenirajući Elektronski Mikroskop (SEM) predstavlja tip elektronskog mikroskopa koji stvara sliku uzorka skenirajući njegovu površinu visokoenergetskim zrakom elektrona. Elektroni dolaze u interakciju sa atomima uzorka stvarajući signale koji nose informacije kao što su topografija površine uzorka, sastav, električna provodljivost i druge osobine (SEM world, 2009).

Zahvaljujući vrlo uskom zraku elektrona, slike dobijene na SEM-u imaju karakterističan trodimenzionalni izgled, što omogućava bolje razumevanje i posmatranje površine uzorka.

Snop elektrona se termički emituje iz ispaljivača elektrona sa katodom koja sadrži niti načinjene od volframa, koji se u ovom slučaju koristi zbog najviše tačke topljenja među metalima. Snop elektrona jačine od nekoliko stotina eV do 40 eV biva fokusiran pomoću sočiva u tačku prečnika od 0.4 nm do 5 nm. Ovaj zrak zatim prolazi kroz par deflektorskih ploča, te konačno kroz objektiv koji razbija zrak po x i y osi kako bi po principu mreže (rastera) bilo izvršeno skeniranje pravougaone površine uzorka (Slika 32) (SEM world, 2009).



Slika 32. Konstrukcija SEM-a

Razmena energije između snopa elektrona i površine uzorka rezultuje refleksijom elektrona visokog naboja, emisijom sekundarnih elektrona i emisijom radioaktivnog zračenja. Za svaku od ovih komponenti postoji zaseban detektor pomoću kojeg se mogu dobiti informacije o površini uzorka. Dobijene informacije se pretvaraju u električni signal, koji se potom pojačava i šalje na monitor. Na uređajima nove generacije (kao što je i JEOL JSM-6460) ovaj signal se prethodno obradi i pretvori u niz digitalnih informacija koje se mogu prikazati na monitoru i sačuvati kao slike u digitalnom formatu.

Za razliku od optičkih i transmisionih mikroskopa, uvećanje slike kod SEM-a ne zavisi od ugrađenih sočiva objektiva. Uvećanje u ovom slučaju direktno zavisi od gustine mreže skeniranja, a pritom se kontroliše količinom struje kojom se napajaju navoje za skeniranje x i y ose.

U najvećem broju slučajeva, prikupljanje informacija o površini uzorka se vrši pomoću detekcije sekundarnih elektrona. Ovi elektroni pod ubrzanjem poseduju dovoljno energije da izazovu blještanje luminescentnog materijala, što biva detektovano i sprovedeno do fotomultiplikatora. Dobijeni električni signal se obrađuje dvodimenzionalno i pritom se dobija informacija u vidu slike koja se može prikazati na ekranu ili dalje digitalno obraditi.

Rezolucija SEM-a je definisana veličinom proizvedene tačke, koja opet zavisi od talasne dužine elektrona i elektro-optičkog sistema koji proizvodi elektronski snop. Ona je takođe ograničena merom u kojoj materijal uzorka interreaguje sa elektronskim snopom (SEM world, JEOL , 2009).

Za model JEOL JSM-6460 vezane su sledeće osnovne tehničke karakteristike:

- uvećanje: od 5 - 300,000 x
- rezolucija: 3.00 nm
- napon ubrzavanja: od 0 - 30 kV

5.6.1 Priprema uzorka za SEM analizu

Uzorci materijala koji se snimaju SEM-om moraju biti električno i termalno provodljivi da bi se smanjila ili u potpunosti uklonila količina nanelektrisanja koja se skladišti na površini neprovodljivog materijala. Nanelektrisanje površine najčešće rezultuje dobijanjem nečitkih i neispravnih slika, sa time da primarni zrak može uzrokovati i termalno oštećenje, što može dovesti do degradacije i pucanja uzorka.

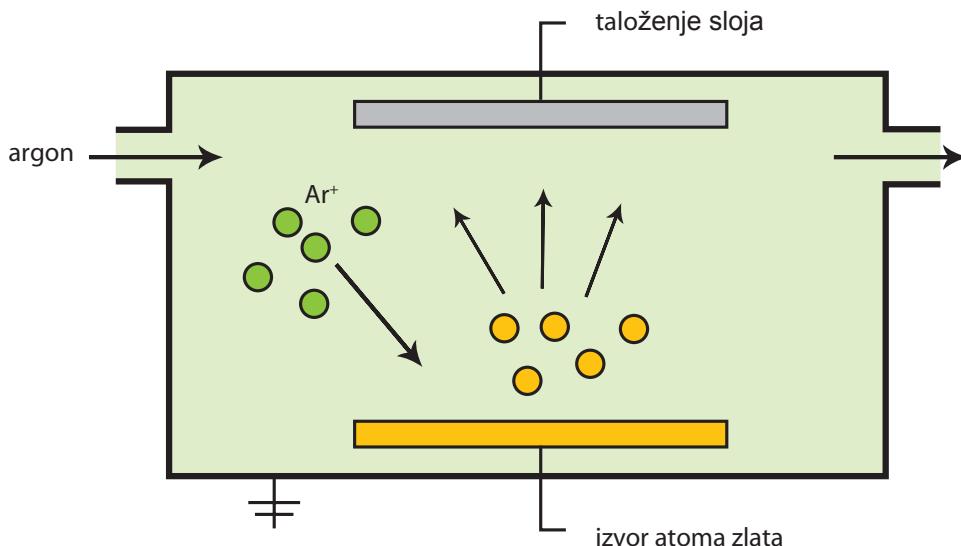
Da bi površina uzorka postala provodljiva ona se modifikuje nanošanjem tankog filma provodljivog materijala debljine oko 20 nm. Idealan film bi trebao biti iste debljine po celoj površini uzorka, nezavisno od topografije površine, te ne bi smeо uticati na hemijski sastav uzorka. Postupci hemijskog taloženja metala se retko koriste, jer uranjanjem uzorka u rastvor sa većom ili manjom pH vrednošću može doći do promene u hemijskim svojstvima i topografiji uzorka. Za oslojavanje poroznih nevodljivih materijala najčešće se primjenjuje termalna evaporacija (isparavanje) i naparivanje tankim slojem metala ili metalnih jona.

Za potrebe ovih istraživanja uzorci aluminijskih folija su se oslojavali naparivanjem tankim slojem zlata (Au). Pre postupka naparivanja, površina uzorka mora biti izrazito čista i neoštećena. Rezanjem uzorka na određenu veličinu sledi čišćenje površine u rastvoru metanola koji uklanja sve nečistoće sa površine. Uzorci se zatim mehanički učvršćuju za stalak i to najčešće dvostruko lepljivom provodljivom trakom.

Naparivanje česticama zlata se vrši u za to posebno namenjenom uređaju, u konkretnom slučaju u pitanju je Baltec SCD 005.

Iz komore, u kojoj su postavljeni uzorci, pumpom se isisava vazduh, dok se pritom putem dozirnog ventila u istu komoru pušta plemeniti gas argon, koji pospešuje izbacivanje drugih neželjenih gasova kao i zaostatke vodene pare. Kada se uspostavi radni pritisak između 0,05 i 0,1 mbar, može se pristupiti procesu naparivanja.

Visoka voltaža biva propuštena kroz katodu (sa zlatom), što stvara jako električno polje između nje i postolja za uzorke (koje funkcioniše kao anoda). Slobodni elektroni u ovom polju su primorani na spiralno kretanje u ovom magnetnom polju, pri čemu se sudsaraju sa atomima argona. Svaki sudar izbjiga jedan elektron iz spoljašnjeg omotača atoma argona, stvarajući pozitivni jon (slika 33).



Slika 33. Prikaz principa naparivanja uzorka u komori

Pozitivno nanelektrisani joni argona tada ubrzavaju ka katodi gde pri sudaru izbijaju atome zlata. Sudari takođe nastaju između atoma zlata i drugih molekula gasa u vakuumskoj komori, što izaziva silovitu difuziju atoma zlata u vidu oblaka. Atomi zlata iz tog oblaka se dalje ujednačeno kondenzuju na površini uzorka stvarajući izrazito fin pokrivni sloj sa svih strana.

Da bi se postigla dovoljna provodljivost, potrebno je da debljina nanesenog sloja bude najmanje 10 nm (Baltec SCD 500, 2010).

5.6.2 Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDS)

EDS omogućava lokalnu hemijsku analizu koristeći spektar X-zračenja emitovanog od površine čvrstog uzorka tretiranog elektronima. Analiza spektra omogućava detekciju atoma od atomskog broja 4 (berilijum, Be) do 92 (uranijuma, U). EDS omogućava kvalitativnu i kvantitativnu analizu (Williams, Goldstein i Newbury, 1995).

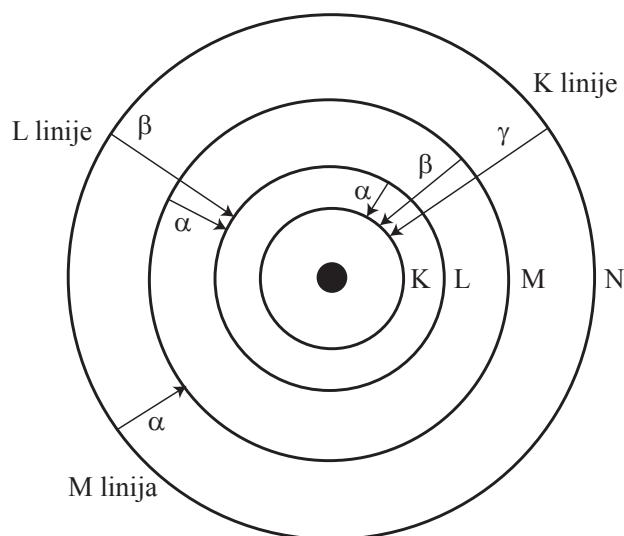
Ovaj metod je veoma moćan i koristan za analizu sadržanih hemijskih elemenata. Ipak, kao i svaka tehnika i analiza, ova metoda ima ograničenja sa kojima treba biti upoznat. Neke od karakteristika metode su navedene u tabeli 9.

Veoma je bitno poznavati i razumeti sva ograničenja pomenute analize. Vrednosti za prostornu rezoluciju je u mikronima, a ne u nanometrima. To je zbog činjenica da se X-zraci generišu iz dubine zbog interakcije sa obimom. Takođe, uobičajno je da se koristi srednja voltaga za ubrzanje elektrona (15—20 keV) kako bi se osiguralo dobijanje „pikova“ elemenata koje želimo da snimimo. Veličina interakcije zapremine se povećava sa ubrzavanjem elektrona (Hafner, 2011).

Tabela 9. Prikaz tehničkih karakteristika EDS analize

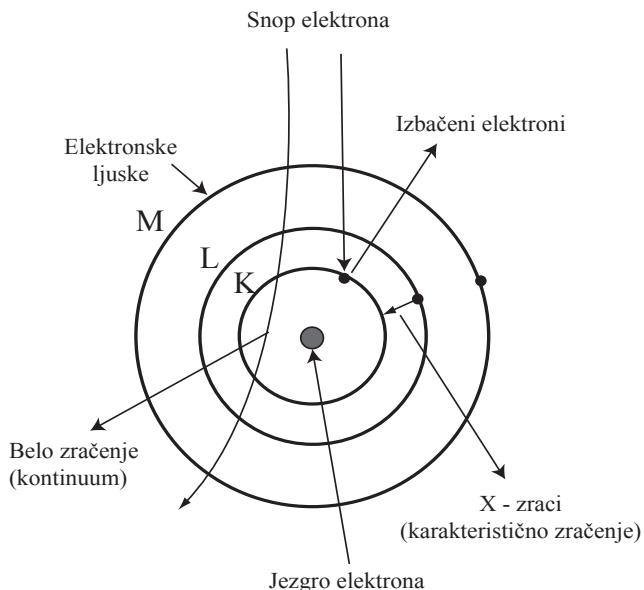
Jačina energije	Granica detekcije	Prostorna rezolucija	Preciznost	
			bliskost slaganja između slučajno odabranih individualnih merenja	bliskost slaganja između posmatranih vrednosti i prihvaćene referentne vrednosti
130 eV	1000–3000 ppm; >10% wt%	Manji atomski broj(Z): 1–5 μm^3 ; Veći: 0.2 – 1 μm^3	približno $\pm 0.1\%$	$\pm 1\%$ polirani uzorak - standard $\pm 2\%$ polirani uzorak, standard sa drugog SEM-a $\pm 5\%$ za čestice i grube površine „bez standarda“

Karakteristični X-zraci su rezultat prelaza elektrona unutar unutrašnjih orbita (slika 34).



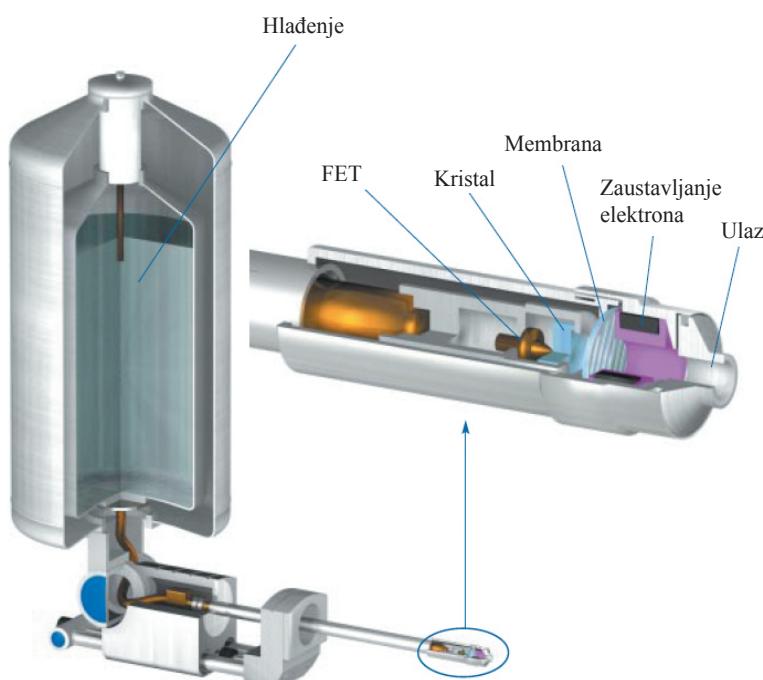
Slika 34. Model atoma sa označenim orbitalama i mogućnostima prelaza elektrona

Da bi se omogućio prelaz elektrona sa više u nižu orbitalu, snop elektrona mora izbaciti elektron (slika 35). Emitovani X-zraci se označavaju sa kombinacijom slova i brojeva, gde se rimskim slovom označava orbitala, grčkim slovima grupa, a brojevima intenzitet.



Slika 35. Nastanak X-zračenja

Osnovni deo svakog EDS sistema je detektor X-zraka (slika 36). Detektor se sastoji od niza delova od kojih kristal apsorbuje X-zrake serijom jonizacija unutar poluprovodnika kojima se kreiraju parovi elektron-šupljina. Jedan par elektron-šupljina se stvara za svakih 3,76 eV energije zračenja. Oslobođeni elektroni se mogu slobodno kretati u kristalu, te se prikupljaju u tranzistoru sa efektom polja (FET) koji je prva stepenica u pojačavanju naponskog signala (INCAEnergy, 2009).



Slika 36. Delovi detektora X-zraka

Kvalitativna analiza EDS-om omogućena je snimanjem uzorka poznatog sastava nakon čega se upoređivanjem dobijaju kvalitativni podaci. Kao što je ranije opisano, generisani napon je proporcionalan energiji X-zračenja, te se računarskom analizom omogućava kvantifikovanje zastupljenih elemenata (Williams, Goldstein i Newbury, 1995)(Scott i Love, 1994).

Zbog jednostavnosti i relativno pouzdanih rezultata, EDS analiza je naišla na široku upotrebu u raznim područjima istraživanja (Herguth i Nadeau, 2004) (Eick i drugi, 1995), (Väre, 1990).

5.7 Uređaj za merenje kontaktnog ugla

Za merenje kontaktnog ugla, po metodi ležeće kapi, korišćen je optički instrument Data Physics SCA20. Goniometar je sastavljen od stola za uzorce automatski upravljanog za pomeranje uzorka u smeru y i z ose dok se u smeru x ose pomera manualno vijkom, optičkog mernog sistema sa CCD kamerom i postolja sa jedinicom za automatsko doziranje tečnosti.

Programska podrška za navedeni uređaj je SCA20. Kroz radni interfejs vrši se upravljanje računarom, te je omogućeno pozicioniranje uzorka sa tačnošću od 0,01 mm i doziranje volumena tečnosti od 0,001 mm³.

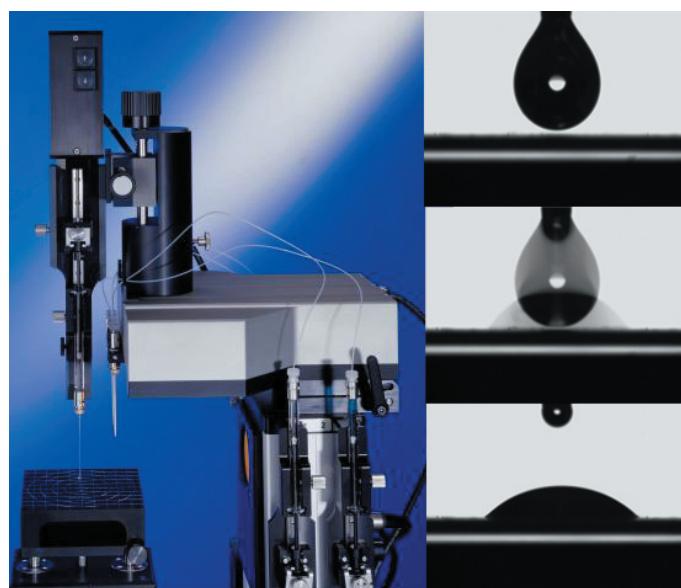
Pomoću CCD kamere omogućeno je digitalizovanje slike i snimanje postupka ostvarivanja kontakta između ispitivanog uzorka i tečnosti do 25 slika u sekundi. U tabeli 10 prikazane su tehničke karakteristike uređaja za merenje kontaktnog ugla, Data Physics SCA20.

Tabela 10. Prikaz tehničkih karakteristika uređaja Data Physics SCA20

Maksimalne dimenzije uzorka (D x Š x V)	220 x 70 mm, 8" Wafer na WT 200 M/E 330 x 60 mm, 12" Wafer na WT 300 M/E ¹
Dimenzije postolja za uzorke (D x Š)	100 x 100mm 160 x 160 mm ¹
Područje merenja kontaktnog ugla	0...180° ±0.1 tačnost video sistema, ili tačnost očitavanja
Izvor energije	90 ... 264 VAC, 43 ... 60 Hz; 55 VA
Specifikacije radne okoline	Temperatura - Radna od 0° do 40°C - Neradna od -10° do 60°C Relativna vlažnost (bez kondenzovanja) - radna od 10% do 80% - neradna od 10% do 90% - maksimalna temperatura mokre sijalice 26°C
Površina i dodirne napetosti	1-10 ⁻² ... 2.10 ³ mN/m rezolucija: min ±0,05 mN/m

Maksimalne dimenzije uzorka (D x Š x V)	220 x 70 mm, 8" Wafer na WT 200 M/E 330 x 60 mm, 12" Wafer na WT 300 M/E ¹
Optika	<ul style="list-style-type: none"> - 6 terostruka zoom sočiva (0.7 ... 4.5 terostruko povećavanje) sa integrisanim kontinuiranim finim fokusiranjem (± 6 mm) - CCD kamera s rezolucijom maks, 752 x 576 kvadratna piksela - vidno polje 1.75 x 1.4 ... 11.7 x 9 mm distorzija: < 0,05%
Metode merenja	<ul style="list-style-type: none"> - Sessile & Captive Drop metoda - Tilitng Plate metoda - Pendant drop metoda - Optička Wilhwlmy – Plate and Rod-/Thread metoda (za merenjetopljenja polimera i vlakana sastavnih materijala)
Merenje temperature	2 x Pt100 ulaza za 60° ... + 450 °C (Pt 100 opcija), 0.1 K rezolucija, tačnost 1/3 DIN IEC 751 ($\pm 0.03\%$) klasa B

Programska podrška Data Physics SCA20 omogućava određivanje statičkog i dinamičkog kontaktnog ugla. Za potrebe ovog istraživanja određivane su vrednosti statičkog kontaktnog ugla, te je definisan vremenski period merenja u trenutku od odvajanja kapi od igle za doziranje do 200 ms vlaženja uzorka tečnošću. Prikaz uređaja i formacije kapljice na površini štamparske forme je prikazan na slici 37.



Slika 37. Prikaz uređaja i momenta odvajanja kapi sa dozirnog šprica

EKSPERIMENTALNI DEO

Određivanje kontaktnog ugla je potpuno automatizovano, te je omogućeno korišćenje raznih oblika koji se prilagođavaju pomoću kružnice (Circle fitting), elipse (Elipse fitting), tangente (Tangent fitting) i Laplace-Younga (Laplace-Young fitting). Kod merenja kontaktnog ugla se pretpostavlja simetričnost kapljice na površini u svim smerovima s obzirom da se obrađuje 2D projekcija kapi na ravnu površinu vertikalno na podlogu. Naravno da kod nekih primera to nije slučaj i tu se postavlja pitanje preciznosti merenja. Iz dosadašnjeg iskustva najčešći uzročnik odudaranja kapljice od simetričnosti je nehomogenost ispitivane površine ili eventualne nečistoće kod pripreme probe.

Priprema uzoraka i tečnosti, koje su korišćene prilikom merenja kontaktnog ugla, veoma je važna radi dobijanja realnih i uporedivih rezultata. I najmanja nečistoća na površini uzoraka ili zagadjenje u tečnostima može prouzrokovati smanjene vrednosti površinskog napona, odnosno slobodne površinske energije. Takođe je neophodno dobro postaviti uređaj da bi se uvek dobili ujednačeni rezultati. Početak merenja zahteva sledeće korake:

1. postavljanje referentnih tečnosti u odgovarajuće jedinice za doziranje,
2. postavljanje uzorka na podesivi stolić,
3. pozicioniranje igle za doziranje vertikalno i horizontalno prema polju posmatranja,
4. pozicioniranje uzorka u smerovima x, y, z,
5. fokusiranje prema definisanom povećanju i radnoj udaljenosti,
6. podešavanje osvetljenja i kontrasta na zaslonu,
7. određivanje volumena kapi,
8. određivanje metode merenja kontaktnog ugla,
9. određivanje vremena trajanja snimanja,
10. snimanje.

Temperatura prostorije je održavana između $23\pm0,5^{\circ}\text{C}$, a volumen kapi je iznosio $1,5 \mu\text{L}$.

Kontaktni ugao je određivan pomoću dve različite metode:

- podešavanje elipse (ellipse fitting) – brza i najčešća metoda,
- Young-Laplasova metoda (Young-Laplase fitting) – najsporija, ali najpreciznija metoda.

Izborom jedne od metoda ponuđena je i matematička greška dobijene vrednosti kontaktnog ugla, te su za potrebe ovog istraživanja korišćene sve četiri metode, u zavisnosti od najprihvatljivije veličine odstupanja.

6. REZULTATI MERENJA

6.1 Rezultati merenja površinskih karakteristika

Za što tačniju kvantifikaciju površinskih karakteristika neštampajućih površina štamparskih formi korišćena je direktna profilometrijska metoda sa indukcionom mernom glavom uz pomoć prenosivog uređaja TR 200. Svi uzorci koji su ispitivani su uzimani sa iste pozicije sa svih štamparskih formi, radi smanjivanja varijacija usled karakteristika materijala ili rasporeda slobodnih površina koje mogu potencijalno da utiču na merne rezultate.

Svi prikazani i analizirani rezultati su srednje vrednosti merenja pet karakterističnih tačaka, po tri puta po x i tri po y osi, na površini od 1cm^2 .

Kako bi aluminijum postao pogodan za izradu štamparskih formi obrađuje se postupkom valjanja, što rezultira karakterističnom strukturu površine u smeru valjanja. Linije koje nastaju na površini nisu poželjne u daljoj pripremi aluminijuma, te zahtevaju posebnu obradu da bi se njihov negativan učinak što više smanjio. Obrada aluminijumske površine obuhvata procese elektrohemiskog hrapavljenja i anodnu oksidaciju, čime se na površini aluminijuma stvara porozna mikrostruktura aluminijum oksida. Zbog toga su i merenja hrapavosti površina štamparskih formi izvršena u x i y smeru, odnosno u smeru valjanja aluminijuma i vertikalno na smer valjanja.

Kao što je već pomenuto, međusobni razmak između Uzoraka je bio 20 cm, kako bi se uočilo da li ima promene hrapavosti po celoj dužini štamparske forme u odnosu na osu pritisnog cilindra, koji je u toku štampe vršio pritisak na neštampajuće delove.

Parametri koji su korišćeni prilikom procesa merenja su prikazani u tabeli 11.

Tabela 11. Parametri merenja

Dužina uzorkovanja	Brzina merenja	Merni opseg	Merna rezolucija	Filter
0.80 mm	$V_t = 0.5 \text{ mm/s}$	$\pm 40 \mu\text{m}$	$0.01 \mu\text{m}$	R-C

Obrada rezultata je urađena pomoću softvera TimeSurf Data View. Prilikom merenja primenjen je R-C filter za uklanjanje profila talasastosti kako bi akcenat bio na profilu hrapavosti.

Za svaku od površina izvršeno je merenje vrednosti amplitudnih parametara koje su definisane standardima ISO 4287:1997, DIN 4768, ISO/DIS 4287-1 i ISO 12218:1997, 2004.

Za prikaz promena u površinskoj strukturi štamparskih formi izdvojeni su parametri hrapavosti koji se najčešće koriste za opis sličnih površina i parametri hrapavosti koji su ukazali na značajnije promene u površinskim strukturama štamparskih formi.

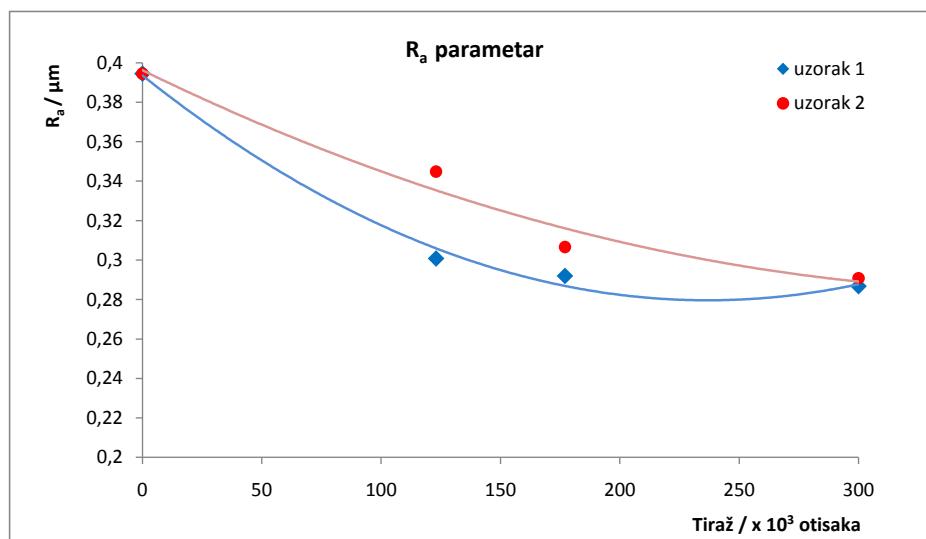
6.1.1 Amplitudni parametri hrapavosti

Analizirani su i prikazani sledeći parametri površinske hrapavosti uzoraka:

- R_a - srednje aritmetičko odstupanje profila (DIN 4768, ISO 4287);
- R_p - najveća visina vrha profila – udaljenost između najveće visine vrha profila i srednje linije, tzv. nivo dubine (ISO 4287, DIN 4762);
- R_v - najveća dubina doline profila – udaljenost između najveće dubine doline profila i srednje linije (ISO 4287, DIN 4762);
- R_z - srednja visina neravnina u deset tačaka, Rz (ISO) – numerički je razlika srednje visine između pet najviših vrhova (p-peak) i pet najnižih dolina (v-valley) unutar referentne dužine l_e (ISO 4287-1, DIN 4762), često se koristi pri nekontaktnim merenjima;
- R_{sm} - srednja vrednost razmaka između elemenata profila, merena u okviru uzorkovane dužine (ISO 4287:1997).

Pošto se prilikom procesa štampe koristila četvorobojna mašina, redosled boja, a samim tim i štamparskih formi u pojedinačnim agregatima štamparske mašine u procesu štampe je bio sledeći: crna, cijan, magenta i žuta. Jedna od teza ovog rada je da je do najveće promene mikrohrapavosti došlo na slobodnim površinama štamparske forme za prvu boju u nizu - crnu, koji će se u prikazanim rezultatima predstavljati kao uzorak 1, a do najmanje kod štamparske forme za poslednju boju - žutu, u rezultatima predstavljen kao uzorak 2.

Razlog za ovu prepostavku je količina papirne prašine koja se nalazi u papirnoj rolji, i koja se najviše taloži upravo na prvoj štamparskoj formi. Tečnost za vlaženje ima ulogu da tu papirnu prašinu ukloni sa površine, ali zbog brzine obrtaja pritisnog cilindra i cilindra sa štamparskom formom, taj učinak nije potpun. Na grafiku 3. prikazani su rezultati srednjeg aritmetičkog odstupanja profila površine parametra hrapavosti R_a i njegove vrednosti za štamparske forme za uzorak 1 i 2.



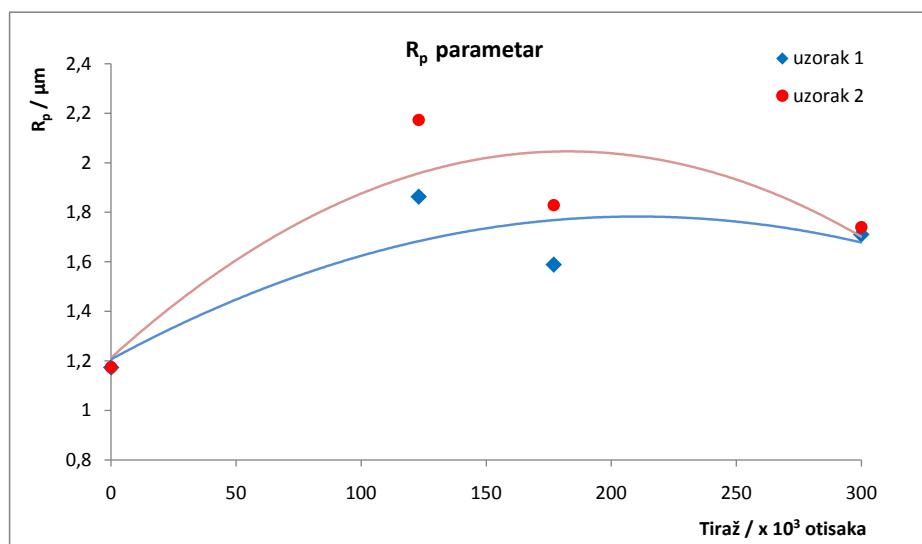
Grafik 3. Parametar hrapavosti R_a za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu

Iz rezultata prikazanih na grafiku se može primetiti da vrednost srednjeg aritmetičkog odstupanja profila hrapavosti R_a , sa povećanjem broja otisaka kod oba uzorka opada. U odnosu na referentnu vrednost, izmerenu na uzorku - štamparskoj formi koja se nije koristila u procesu štampe ($R_a = 0,3945$), dolazi do rapidnog pada za vrednosti uzorka 1, što se može primetiti na uzorcima korišćenim za tiraž od 123.000 otisaka, nakon koga dolazi do pada od skoro 25 procenata ($R_a = 0,3008$). Nakon prvog pada vrednosti, sa povećanjem tiraža na 177.000 otisaka ($R_a = 0,292$) parametri srednjeg aritmetičkog odstupanja profila su gotovo konstantni, gde je vrednost $R_a = 0,2868$ nakon 300.000 otisaka.

Sa druge strane, R_a parametar za uzorak 2, odnosno štamparsku forma za žutu boju takođe ima veliku razliku vrednosti srednjeg aritmetičkog odstupanja profila hrapavosti nakon 123.000 otisaka ($R_a = 0,3449$), ali nakon toga je opadanje vrednosti linearno u zavisnosti od tiraža.

Posledica ovih rezultata se može tumačiti u većem pritisku usled nagomilane papirne prašine na prvoj štamparskoj formi odnosno uzorku 1.

Bolji uvid u promenu površinske topografije se može dobiti preko parametra hrapavosti koji opisuje najveću visinu vrhova profila R_p i koji ukazuje na bitne razlike u površinskoj strukturi analiziranih uzoraka štamparskih formi (Grafik 4).



Grafik 4. Parametar hrapavosti R_p za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu

Oba uzorka analiziranih štamparskih formi imaju sličan trend i značajan porast vrednosti nakon trećine odštampanog tiraža odnosno nakon 123.000 otisaka, gde je najveća visina vrhova u odnosu na referentnu vrednost ($R_p = 1,174$) izmerena na uzorku 2 ($R_p = 2,173$), a zatim i na uzorku broj 1 ($R_p = 1,863$). Nakon toga dolazi do blagog opadanja, gde uzorak 1 nakon 177.000 otisaka ima vrednost od $R_p = 1,589$, a uzorak 2 $R_p = 1,829$. Nakon 300.000 otisaka vrednosti parametra R_p su skoro identične za uzorak 1 ($R_p = 1,711$) i uzorak 2 ($R_p = 1,740$).

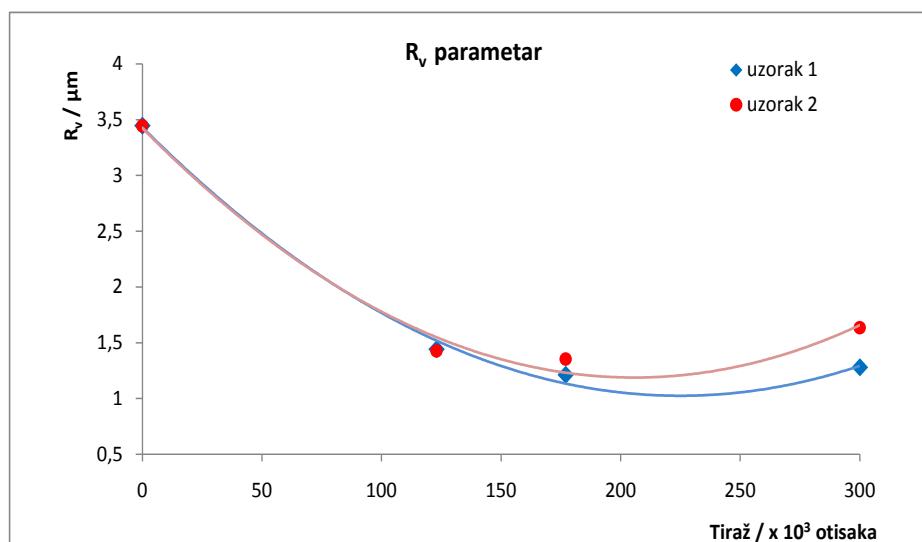
Ovi rezultati ukazuju na to da u toku procesa štampe, a posebno nakon određenog broja otisaka, dolazi do trošenja vrhova profila na slobodnim površinama štamparske forme. Pored

konstantnog pritiska koji je prisutan u toku procesa štampe, uzrok ove pojave može biti i neravnomerna - hrapava površina gumene navlake, koja u toku procesa može izazvati stvaranje nove teksture sa visokim pikovima, tj. vrhovima.

Parametar R_v koji označava meru najveće dubine doline profila je u direktnoj vezi sa prethodno analiziranim parametrom R_p , jer pri pojavi trošenja vrhova profila, u zavisnosti od vrste materijala, može doći do smanjenja dubine doline profila odnosno do popunjavanja dolina ili povećanja širine profila (Ponsonnet i drugi, 2003, Dimogerontakis i drugi, 2006, Novaković i drugi, 2009, Menezes, Kishore i Kailas, 2009).

Kao i kod prethodnih parametara, sa povećanjem broja otisaka smanjuje se i vrednost parametra R_v , što je prikazano na grafiku 5.

Ako se uporede rezultati referentnog uzorka i štamparske forme nakon 123.000 otisaka, primećuje se veliki pad u vrednostima koji iznosi preko 50 procenata (od referentne $R_v=3.44$ do $R_v=1.44$ za uzorak 1 i $R_v=1.42$ za uzorak 2).



Grafik 5. Parametar hrapavosti R_v za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu

Nakon naglog smanjenja visokih vrednosti referentnog uzorka, vrednosti parametra R_v se nakon 177.000 otisaka stabilizuju za uzorak 1 ($R_v = 1,212$) i za uzorak 2 ($R_v = 1,354$).

Pri tiražu od 300.000 vrednosti parametara se blago povećavaju, tako da je $R_v = 1,279$ za uzorak 1 i $R_v = 1,635$ za uzorak 2.

Dobijene vrednosti su posledica konstantnog pritiska cilindra sa gumenim omotačem, a razlika u vrednostima između uzorka 1 i uzorka 2 je posledica velike količine papirne prašine koja dolazi u dodir sa uzorkom 1, štamparskom formom za crnu boju koja se nalazi na prvom štamparskom agregatu.

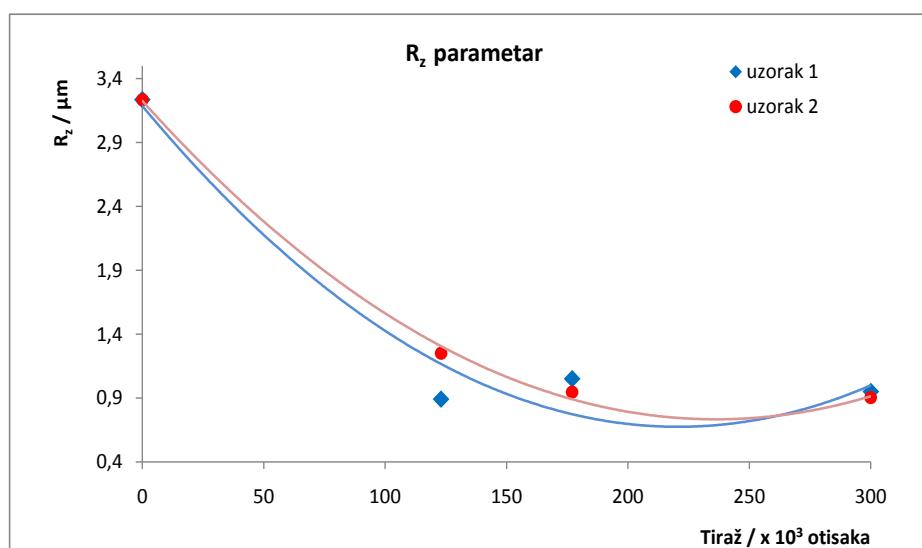
Kako se uzorak 2, štamparska forma za žutu boju, nalazi na poslednjem štamparskom agregatu, mnogo manja količina papirne prašine dolazi do nje, jer se na prethodna tri aggregata značajna količina papirne prašine odstrani uz pomoć sredstva za vlaženje, koje pored toga što

ima ulogu da vlaži neštampajuće elemente štamparske forme, ima i ulogu da čisti površinu štamparske forme.

Srednja visina neravnina u deset tačaka R_z je veoma bitan parametar koji opisuje promene mikrohrapavosti površine koje se javljaju na analiziranim uzorcima štamparskih formi.

Koncept uzorkovanja više referentnih dužina pri merenju parametara hrapavosti, kao što je primer parametra R_z , je veoma koristan, posebno kada se razmatraju uzroci formiranja određenih tipova promene topografije površine. Uslovna podela skale hrapavosti površine je takođe veoma korisna u formulaciji kontaktnih problema u tribologiji, jer se merilo hrapavosti može povezati sa merenjem kontaktne površine koja se menja (Myshkin i drugi, 2003).

Rezultati merenja parametra R_z su prikazani na grafiku 6.



Grafik 6. Parametar hrapavosti R_z za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu

R_z parametar za uzorak 1 se nakon 123.000 otisaka znatno smanjuje, za skoro 30 procenata ($R_z = 0,891$) u odnosu na referentnu vrednost ($R_z = 3,234$). Nakon 177.000 otisaka vrednost parametra se polako povećava ($R_z = 1,050$) i ponovo se smanjuje nakon 300.000 otisaka gde je $R_z = 0,949$.

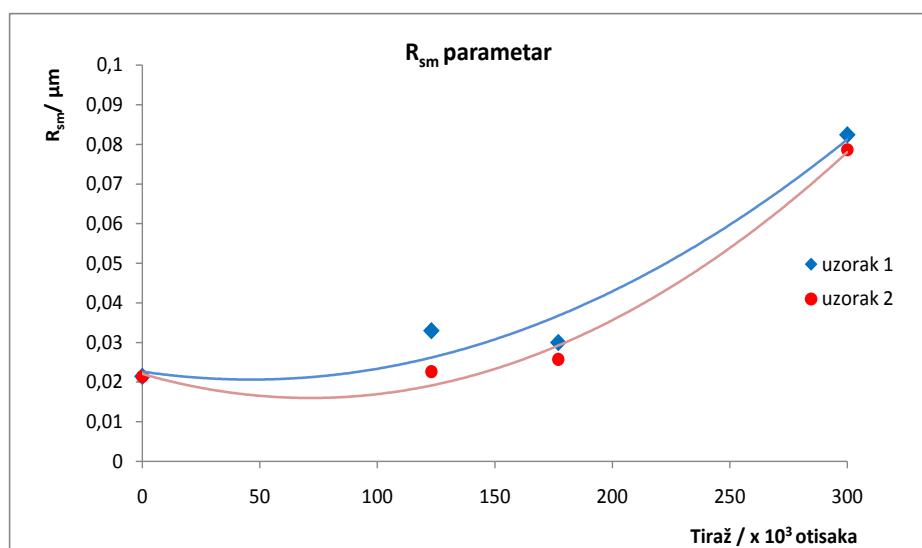
Površinska struktura štamparske forme za uzorak 2 se u odnosu na referentnu vrednost ($R_z = 3,234$) znatno menja na samom početku procesa štampe i nakon 123.000 otisaka dostiže vrednost $R_z = 1,251$. Nakon toga se stabilizuje i njena hrapavost je nakon tiraža od 177.000 otisaka neznatno manja ($R_z = 0,946$) da bi nakon 300.000 otisaka vrednost parametra R_z (0,905) bila veoma bliska vrednosti uzorka 1.

Ovakva pojava promene parametra R_z za štamparsku formu za crnu boju ponovo ukazuje na veliku ulogu papirne prašine koja utiče na promenu parametara hrapavosti, ali takođe i uticaj sredstva za vlaženje, koje ima ulogu čišćenja površine štamparske forme u toku procesa štampe (Gojo, 2003.).

Vrednosti parametra R_{sm} predstavljaju rezultate srednje vrednosti razmaka između elemenata profila, što je veoma bitno, jer se analizom rezultata nepravilnosti, koja se javlja u okviru referentne izmerene dužine, može utvrditi do kakve je deformacije došlo na površini posmatranog, odnosno izmerenog uzorka (Raviraj i drugi, 2008, Shaw, 2007, Young, Brackbil i Kandlika, 2007).

Posmatrajući rezultate parametra R_{sm} , prikazane na grafiku 7, može se primetiti da su vrednosti za oba uzorka veoma bliske, nakon starta procesa štampe pa sve do završetka i konačnog tiraža.

Naime, na osnovu vrednosti za Uzorak 1, nakon 123.000 otisaka ($R_{sm} = 0,0329$) u odnosu na referentnu vrednost ($R_{sm} = 0,021$), može se uočiti veoma mala promena u strukturi površinske hrapavosti štamparske forme, a takav trend se pokazao isti i za uzorak 2 ($R_{sm} = 0,023$), gde je vrednost parametra R_{sm} za nijansu veća u odnosu na izmerenu vrednost uzorka 1.



Grafik 7. Parametar hrapavosti R_{sm} za uzorak 1 (crnu) i uzorak 2 (žutu) štamparsku formu

Pri tiražu od 177.000 otisaka, analizom vrednosti za oba uzorka, uzorak 1 ($R_{sm} = 0,0299$) i uzorak 2 ($R_{sm} = 0,0299$), primećuje se stabilizacija parametra R_{sm} . To nam ukazuje na to da se, uprkos konstantnom pritisku, srednja vrednost razmaka između elemenata profila ne povećava značajno u odnosu na početak procesa štampe.

Ovakvi rezultati se mogu tumačiti visokom stabilnošću i postojanošću sloja aluminijum oksida, od kog se sastoje neštampajući elementi štamparskih formi.

Međutim, rezultati pri tiražu od 300.000 otisaka, koji su za uzorak 1 za 40 posto veći od referentne vrednosti ($R_{sm} = 0,0824$) i za uzorak 2 oko 38 posto veći ($R_{sm} = 0,0786$), ukazuju na to da je došlo do značajnih promena u površinskoj strukturi neštampajućih elemenata na obe štamparske forme, što potvrđuju i prethodno izmereni parametri R_a , R_p , R_v i R_z . Izmereni rezultati pokazuju da je pri kraju tiraža došlo do ozbiljnih deformacija u površinskoj strukturi slobodnih elemenata štamparske forme, odnosno do povećanja između razmaka vrhova i dolina.

Značajnim smanjenjem hrapavosti površine neštampajućih elemenata, kao što je slučaj kod oba analizirana uzorka, dolazi do disbalansa između tečnosti za vlaženje i štamparske boje, što

dalje dovodi do narušavanja pravilnog procesa štampe i na kraju do pojave toniranja - prekrivanja neštampajućih elemenata bojom.

Pored već pomenutih uticaja konstantnog pritiska i papirne prašine, veliki uticaj na promenu površinske strukture i mikrohrapavosti ima sredstvo za vlaženje, odnosno voda, koja ima veći udeo u pomenutom sredstvu. Naime, voda koja se koristi u štampariji Politika, u čijem se pogonu odvijao proces štampe, je tvrda ($\text{pH} = 7,58$) jer sadrži veoma visok procenat kalcijum karbonata. Iako je pH vrednost sredstva za vlaženje u toku procesa štampe bila konstantna ($\text{pH} = 5,4$), voda koja se koristila nije bila omekšana procesom osmoze i omekšavanja, već su korišćena tzv. instant sredstva za naglo spuštanje pH vrednosti. Zaostali kalcijum karbonat može prouzrokovati bitne promene u hrapavosti slobodnih površina štamparske forme, jer u iteraciji sa papirnom prašinom dolazi do bržeg popunjavanja dolina, odnosno pora aluminijum oksida, što dovodi do smanjenja dugotrajnosti i izdržljivosti štamparske forme.

6.1.2 Hibridni parametri hrapavosti

U nastavku analize površinske hrapavosti neštampajućih delova štamparskih formi, kroz projektovanu Abbottovu krivu, analizirani su sledeći hibridni parametri hrapavosti - parametri koji zavise i od amplituda vrhova i udubljenja, i od horizontalnih razmaka, tj. to su parametri koji zavise od oblika profila.

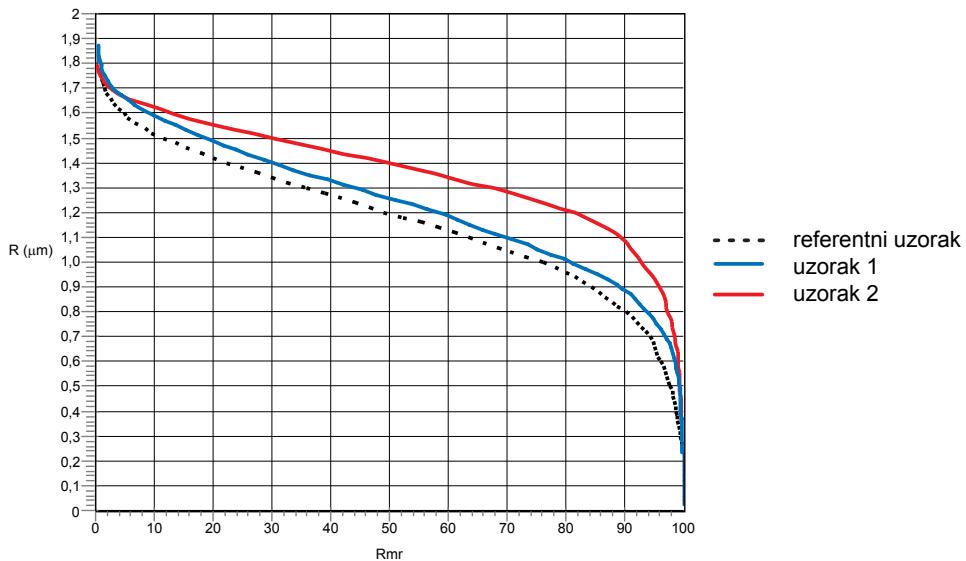
- R_{pk} - redukovana visina vrhova profila (glavni deo površine koji će brzo biti istrošen nakon početka štampe);
- R_k - dubina jezgra hrapavosti profila (radna površina dugog veka koja će uticati na kvalitet i trajnost štamparske forme);
- R_{vk} - redukovana dubina udubljenja profila;

Navedeni parametri određeni su isključivo za specifičnu kontrolu trošenja određene površine. Konstruisanje krivih i objašnjenje nagiba opisano je u standardima ISO 13565-1, ISO 13565-2 i u priloženoj literaturi (Whitehead i drugi, 1999, Drevs i Weniger, 1989).

Analiza hrapavosti pomoću navedenih parametara bi trebala preciznije da prikaže korelaciju između prethodno analiziranih taktilnih parametara i nastalih nepravilnosti u površinskoj strukturi.

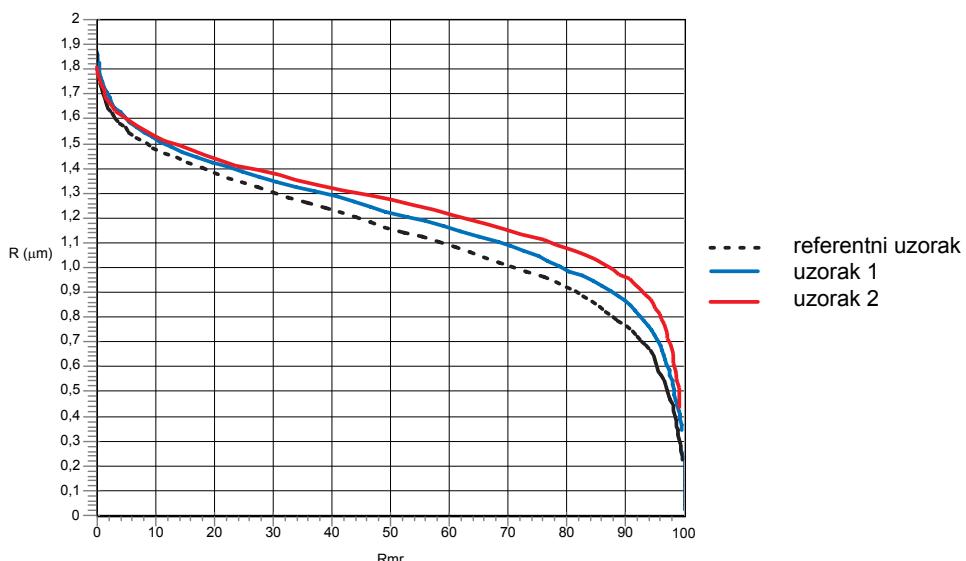
Pošto merni uređaj daje samo jednu Abbottovu krivu prilikom jednog merenja, rezultati prezentovani u nastavku su ručno iscrtane krive na osnovu rezultata srednjih vrednosti izvršenih merenja na analiziranim uzorcima. Abbottova kriva daje informaciju o relativnom porastu udela materijala sa povećanjem profila na uzorcima štamparskih formi.

Na grafiku 8 prikazano je poređenje Abbott-Firestone krive za analizirane uzorke nakon tiraža od 123.000 otisaka.



Grafik 8. Abbott-Firestone kriva za referentni uzorak, uzorak 1 i uzorak 2 (123.000 otisaka)

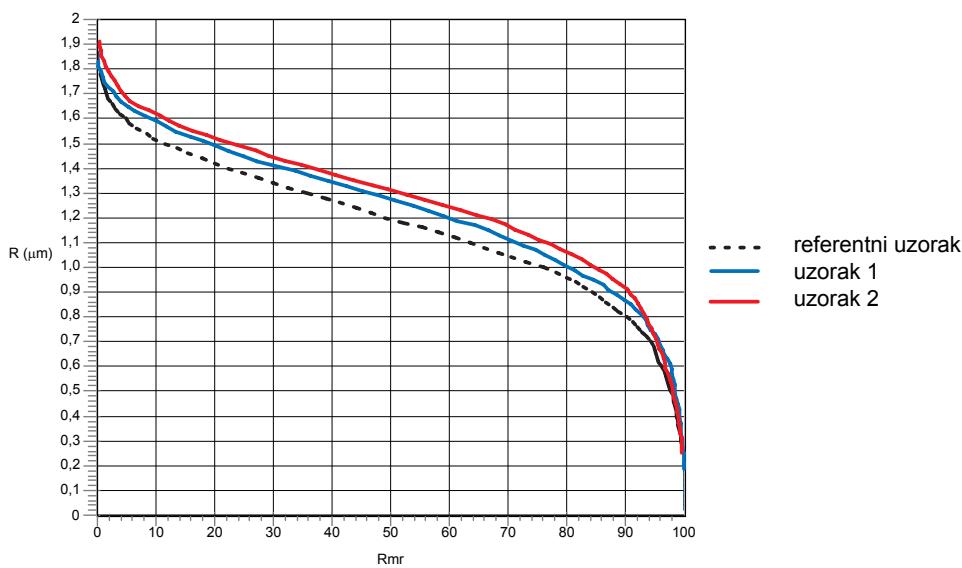
Prema krivama na slici, vidljiva je razlika u površinskim strukturama ispitivanih Uzoraka. Analizom odnosa parametara hrapavosti R_{pk} koji daje informaciju o visini vrhova i parametra hrapavosti R_{vk} , koji daje informaciju o dubini dolina u površinskoj strukturi Uzoraka štamparskih formi, može se primetiti određeno smanjenje i visine vrhova i dubine dolina nakon određenog broja otisaka. Na oba uzorka izmereno je manje smanjenje vrednosti nakon prve faze procesa štampe. Prema tome, može se pretpostaviti da početna faza štampe utiče na smanjenje najviših vrhova na površini, drugim rečima, na smanjenje visine vrhova i istovremeno smanjenje vrednosti dubine dolina.



Grafik 9. Abbott-Firestone kriva za referentni uzorak, uzorak 1 i uzorak 2 (177.000 otisaka)

EKSPERIMENTALNI DEO

Nakon početne faze procesa štampe, visina vrhova se i dalje smanjuje tako da je na oba ispitivana uzorka štamparske forme vrednost niža od početne. Naime, može se pretpostaviti da se stabilizacijom parametara koji utiču na pravilno odvijanje procesa reprodukcije smanjuje i njihov uticaj na površinu aluminijum oksida, a time i na smanjenje hrapavosti površine. Stabilizacija procesa štampe i skladan odnos između sredstva za vlaženje i boje utiče na jednaku interakciju sredstva za vlaženje, papirne prašine, gumenog omotača i površinskog sloja aluminijum oksida. To se delimično može objasniti i adsorpcijom molekula vode iz rastvora za vlaženje u površinsku strukturu aluminijum oksida, pri čemu nastaje voluminozni hidratizirani Al_2O_3 , koji utiče na smanjenje hrapavosti površina.



Grafik 10. Abbott-Firestone kriva za referentni uzorak, uzorak 1 i uzorak 2 (300.000 otisaka)

Analizom rezultata vrednosti dubine jezgra hrapavosti profila, može se reći da početak procesa štampe utiče na smanjenje dodirne površine između vrhova i dolina. Takođe, nakon 300.000 otisaka (Grafik 10) dešava se dalja promena na uzorcima, gde se vrednosti smanjuju, ali se može govoriti o pravilnijem rasporedu dodirnih površina između vrhova i dolina.

Prikazani rezultati Abbott-Firestone krivih, potvrđuju rezultate dobijene analizom amplitudnih parametara i takođe ukazuju na različitu dinamiku promene u odnosu vrhova i dolina u površinskoj hrapavosti analiziranih štamparskih formi, u zavisnosti od određenog broja otisaka dobijenih u toku procesa štampe.

6.2 Rezultati merenja kontaktnog ugla i slobodne površinske energije

Za određivanje površinskih karakteristika analiziranih uzoraka izvršeno je merenje kontaktnog ugla. Merenje kontaktnog ugla je izvršeno na uredaju DataPhysics OCA30.

Određivanje slobodne površinske energije, odnosno njenog polarnog i disperznog dela, vrši se indirektno merenjem kontaktnog ugla između tečnosti pozname slobodne površinske energije i ispitivanog uzorka, u ovom slučaju neštampajućih površina štamparskih formi. Za ispitivanja površina sličnih površini štamparske forme korišćena je Owens-Wendt-Rabel i Kaelble metoda (OWRK) (Dörfler, 2002).

Pre postupka merenja kontaktnog ugla, uzorci štamparskih formi su oprani u destilovanoj vodi u ultrazvučnoj jedinici Bandelin Sonorex pri temperaturi od 65°C, nakon čega su osušeni na sobnoj temperaturi.

Poznavanje veličine slobodne površinske energije štamparskih formi je neophodno za optimizovanje adsorpcije sredstva za vlaženje u procesu reprodukcije. Da bi se odredila slobodna površinska energija uzoraka štamparskih formi, potrebno je odrediti kontaktni ugao tečnosti definisane polarne i disperzne faze.

Za potrebe ovog istraživanja korišćene su sledeće referentne tečnosti: voda, glicerin i dijodmetan, njihove karakteristike su prikazane u tabeli 12 (DataPhysics, 2006).

*Tabela 12. Slobodna površinska energija (γ_{lv}) i
njena nepolarna (γ_{lv}^d) i polarna (γ_{lv}^p) komponenta i viskozitet tečnosti*

Tečnost	Slobodna površinska energija γ (mNm ⁻¹)			Viskozitet(mPas)
	γ_{lv}	γ_{lv}^d	γ_{lv}^p	
Dijodmetan (Ström)	50.8	50.8	0	2.78
Glicerin (van Oss)	64.0	34.0	30.0	1412
Destiliovana voda (Ström)	72.8	21.8	51.0	1.002

Određene su srednje vrednosti kontaktnih uglova najmanje deset kapljica na različitim mestima istog uzorka štamparske forme. Sva istraživanja su sprovedena na 23±1°C. Slobodna površinska energija je izračunata evaluacijom pomoću sledeće jednačine koja je integrisana u programskoj podršci SCA20.

$$\gamma_{lv}(1 + \cos\theta) = \frac{4\gamma_s^d \gamma_{lv}^d}{\gamma_s^d + \gamma_{lv}^d} + \frac{4\gamma_s^p \gamma_{lv}^p}{\gamma_s^p + \gamma_{lv}^p} \quad (14)$$

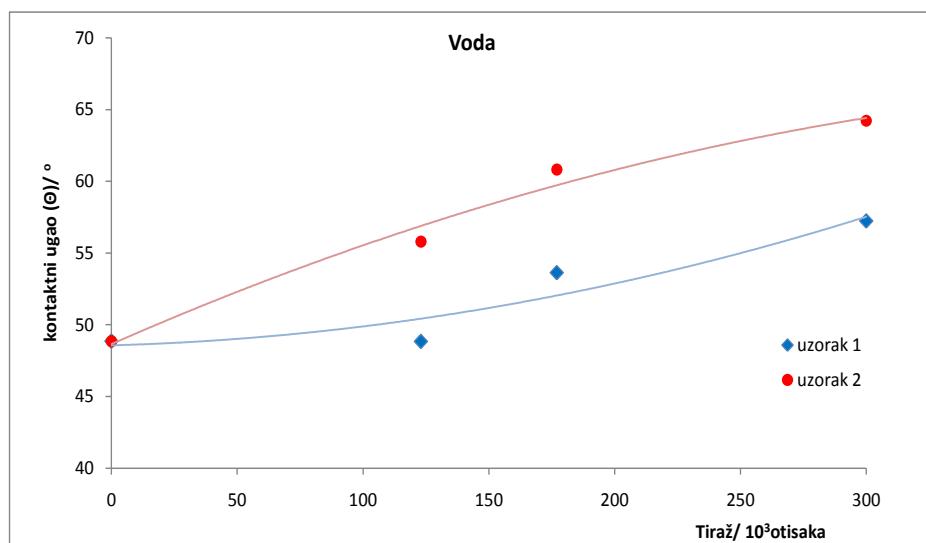
Pri čemu je:

- γ^d - disperzna komponenta slobodne površinske energije (površinske napetosti),
- γ^p - polarna komponenta slobodne površinske energije (površinske napetosti),
- γ_{lv} - slobodna površinska energija tečnosti,
- γ^s - slobodna površinska energija površine,
- θ - kontaktni ugao.

6.2.1 Kontaktni ugao

Poređenje kontaktnog ugla ostvarenog između vode i neštampajućih elemenata štamparske forme za uzorak 1 i uzorak 2, prikazan je na grafiku 11.

Za uzorak 1, osim nakon tiraža od 123.000 gde je vrednost nešto manja, kontaktni ugao između neštampajućih elemenata štamparske forme i vode se povećava sa brojem odštampanih otisaka.



Grafik 11. Kontaktni ugao između vode i neštampajućih delova štamparske forme

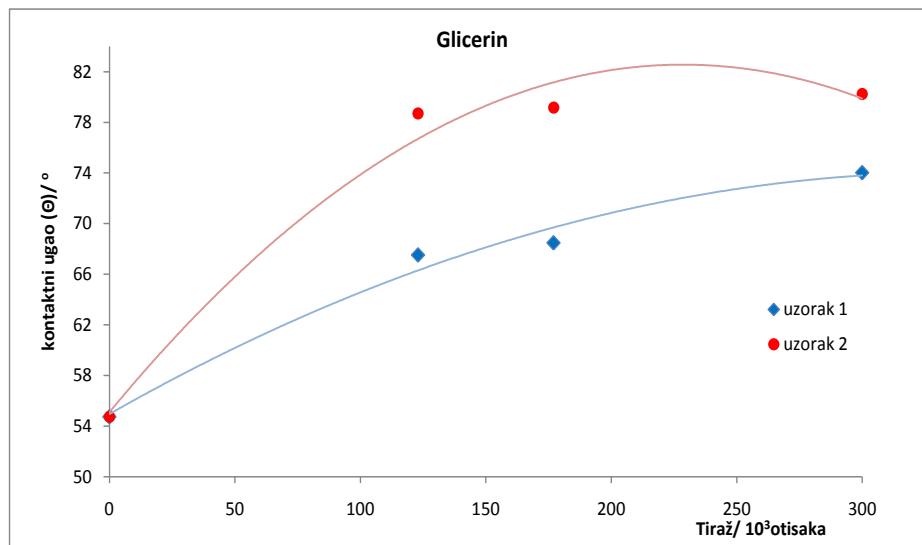
Kontaktni ugao za uzorak 2 ima konstantan rast sa rastom tiraža, što je i razumljivo jer se površinska svojstva aluminijum oksida menjaju, a samim tim i osobine te površine. Posledica je pad sposobnosti adsorbcije tečnosti.

Izmerene vrednosti kontaktnog ugla ostvarene između glicerina i neštampajućih delova štamparske forme su prikazane na grafiku 12.

Vrednosti kontaktnog ugla za uzorak 1 konstantno rastu, dostižući najveću vrednost pri merenju na uzorku nakon 300.000 otisaka. Ova vrednost je očekivana jer je prepostavka da se površinska struktura aluminijum oksida promenila u odnosu na referentnu formu.

EKSPERIMENTALNI DEO

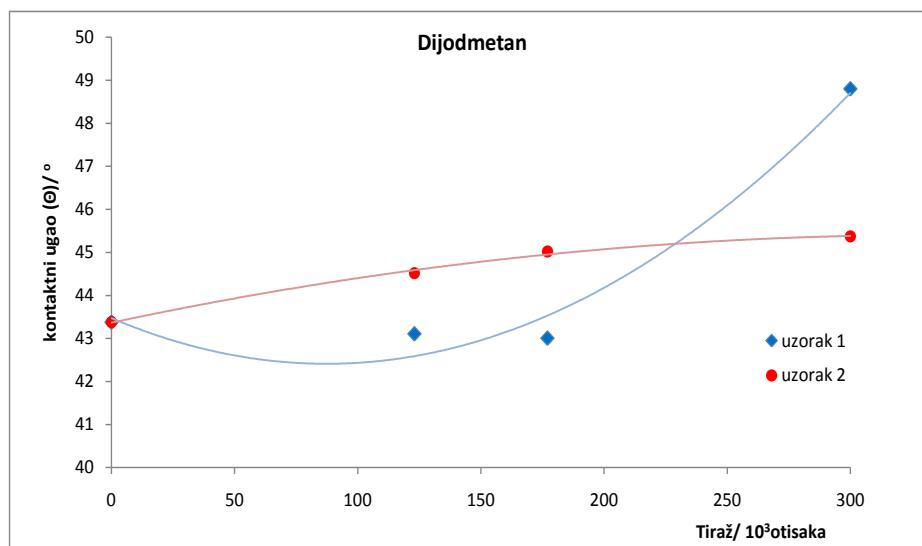
Kontaktni ugao vlaženja ostvaren sa referentnim tečnostima je uglavnom veći u odnosu na onaj sa početka tiraža.



Grafik 12. Kontaktni ugao između glicerina i neštampajućih delova štamparske forme

Vrednosti za uzorak 2 su daleko više u odnosu na one za uzorak 1. Nakon početka tiraža one su konstantне, са веома малом, скоро идентичном, међусобном разликом (манај од 1°).

На графику 13. је приказан измерен контакtni ugao ostvaren između dijodmetana i neštampajućih elemenata štamparske forme.



Grafik 13. Kontaktni ugao između dijodmetana i neštampajućih delova štamparske forme

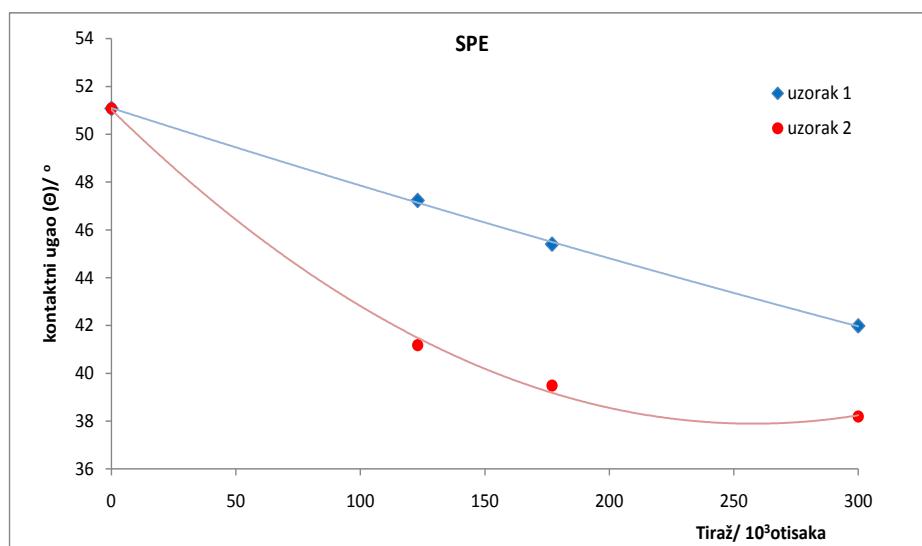
Izmerene vrednosti за узорак 1, након тираџа од 123.000 и 177.000 отисака имају неznatan pad u odnosu na referentnu štamparsku formu (manji od $0,3^\circ$), а затим porast od 5° при merenju kontaktногугла након тираџа од 300.000 отисака.

Za uzorak 2, dijodmetan ima skoro identičnu vrednost kontaktnog ugla, u zavisnosti od broja otisaka. Vrednost je konstantna odnosno neznatno raste sa porastom broja otisaka (za manje od 2°). Ako poredimo sve tri tečnosti, povećanje kontaktnog ugla glicerina je bitno veće u poređenju sa kontaktnim uglom koji se ostvaruje sa vodom, ali to povećanje nije konstantno. Kontaktni ugao ostvaren sa glicerinom dostiže skoro maksimum vrednosti pri merenju na prvoj štamparskoj formi koja je korišćena za proces štampe, pri tiražu od 123.000, ali nakon toga ostaje blizak toj vrednosti. Kontaktni ugao ostvaren sa dijodmetanom neznatno raste sa porastom broja otisaka, ali vrednost je skoro nepromenjena (manja je od 2°).

Posledica rasta kontaktnog ugla kod vode i glicerina za uzorak 2 može biti smanjenje polarne faze adsorbcijom nepolarne supstance ili narušavanje odnosa polarne i nepolarne faze na neštampajućim površinama. Takođe, još jedna od posledica bi mogla biti, da tečnost za vlaženje kod štamparske forme za žutu boju - Uzorak 2, emulgije sa bojom u toku procesa štampe te tako u porama neštampajućih elemenata zaostaju delovi boje koji utiču na vrednosti merenja kontaktnog ugla.

6.2.2 Slobodna površinska energija

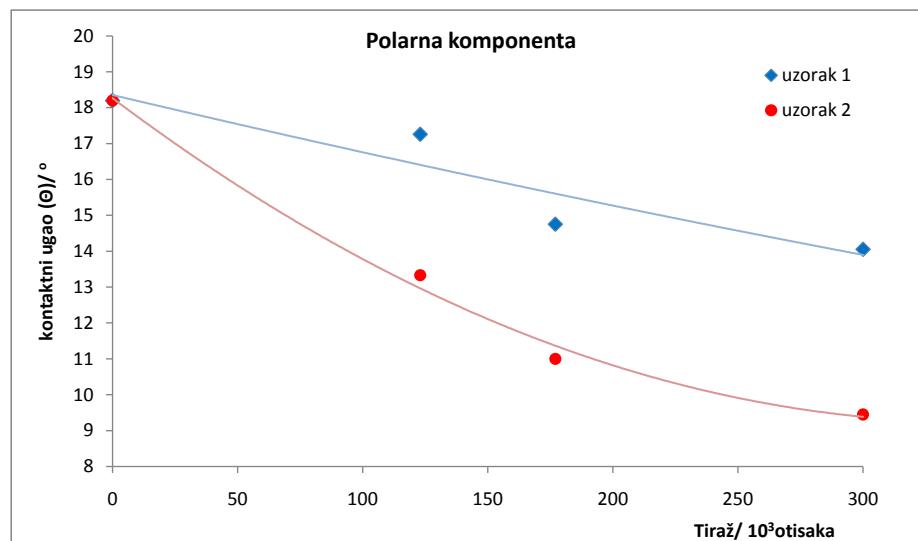
Slobodna površinska energija je energija koju poseduju čestice na površini neke supstance. Interakcija čvrste supstance i tečnosti zavisi od površinske energije čvrste supstance, odnosno tečnosti. Owens i Wendt (1969) su u svojim istraživanjima otkrili i potvrdili da se slobodna površinska energija sastoji od polarne i disperzne komponente čiji iznosi ukazuju na selektivno vlaženje. Smanjenje slobodne površinske energije, odnosno njene polarne komponente na slobodnim površinama štamparske forme, imaju za posledicu slabije kvašenje sredstvom za vlaženje.



Grafik 14. Ukupna slobodna površinska energija

Smanjenje slobodne površinske energije, prikazano na grafiku 14, je verovatno uzrokovano promenom teksture aluminijum oksida, do koje je došlo usled interakcije štamparske forme i materijala sa kojim je u kontaktu, gumenog omotača i valjaka za nanos boje odnosno sredstva za vlaženje, što je takođe vidljivo i kod rezultata hravosti površine, odnosno na analiziranim SEM snimcima.

Osim promene teksture, na slobodnu površinsku energiju utiču supstance koje se adsorbuju na površini. Površina štamparske forme dolazi u kontakt sa sredstvom za vlaženje koja, osim stvaranja oleofobnog sloja, ima ulogu čišćenja površine od nečistoća. Ipak, moguće je da u porama zaostanu čestice papirne prašine koje će osim promene teksture uzrokovati promenu sastava površine, tj. uzrokovati različito privlačenje tečnosti. Dobijeni rezultati analize polarne komponente prikazani su na grafiku 15.



Grafik 15. Polarna komponenta slobodne površinske energije

Polarna komponenta uzorka 1 i uzorka 2 se ponašaju veoma slično i njihova vrednost opada sa povećanjem broja otisaka. Vrednosti izmerene polarne komponente za uzorak 2 su niže u poređenju sa dobijenim vrednostima analiziranih na uzorku 1. Opadanje vrednosti slobodne površinske energije odnosno njene polarne komponente ima direktni uticaj na dugotrajnost štamparske forme u toku procesa štampe.

Kao što je ranije rečeno, neštampajuće površine štamparske forme treba da ostvaruju visok nivo vlaženja sa tečnošću za vlaženje (Cigula, Pavlović, Gojo i Risović, 2010).

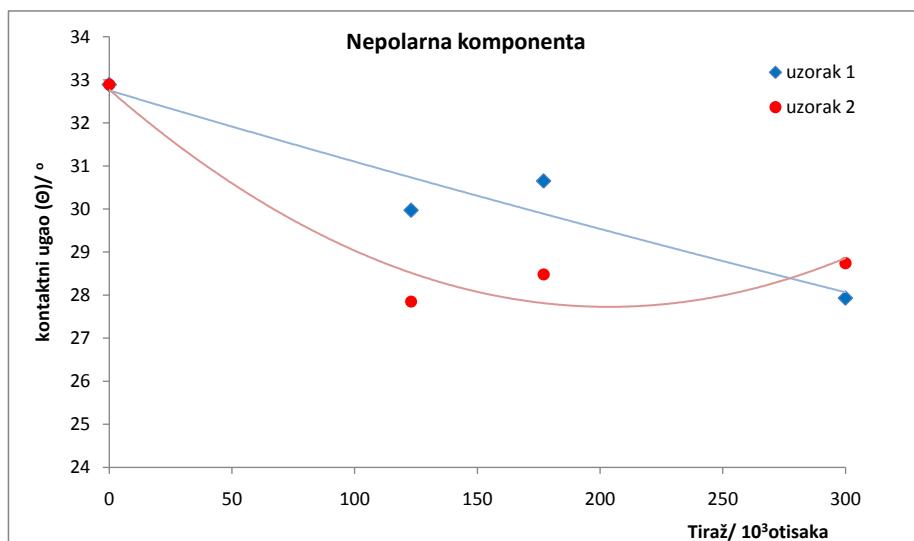
Odnos nepolarne komponente slobodne površinske energije između uzorka 1 i uzorka 2, prikazan na grafiku 16 se razlikuje u odnosu na analizu odnosa između polarne komponente uzorka 1 i 2 (grafik 15).

Na početku procesa štampe, pri tiražu od 123.000 otisaka, vrednosti nepolarne komponente za uzorak 1 i 2 se smanjuju, gde je vrednost za uzorak 1 nešto viši u odnosu na uzorak 2.

EKSPERIMENTALNI DEO

Međutim, nakon 177.000 otisaka vrednosti nepolarne komponente rastu, gde je i dalje vrednost za uzorak 1 nešto viša u odnosu na uzorak 2.

Nakon završetka procesa štampe, vrednosti se znatno menjaju i vrednost nepolarne komponente za uzorak 2 ima neznatno višu vrednost u odnosu na uzorak 1.



Grafik 16. Nepolarna komponenta slobodne površinske energije

Posledica ovakih rezultata može biti voda iz česme, koja je korišćena u toku procesa štampe kao osnovna komponenta sredstva za vlaženje. Naime, u takvoj vodi, koja je tvrda, nalazi se rastvoren kalcijum karbonat, koji bi mogao da kristalizuje i popuni pore, menjajući površinska svojstva ispitivanih površina.

7. KVALITATIVNA ANALIZA SLOBODNE POVRŠINE ŠTAMPARSKIH FORMI

U cilju što tačnije karakterizacije površinske strukture neštampajućih elemenata termalne CtP štamparske forme i delovanja određenog tiraža na promenu mikro topografije, pored kvantitativne analize koja je izvršena uz pomoć uređaja za kontaktну profilometriju, izvršena je i SEM (eng. Scanning Electron Microscope) analiza ispitivanih površina.

Mikroskopska analiza otisaka je rađena na JEOL 646OLV elektronском mikroskopu. Uzorci su pre procesa naparivanja očišćeni, odnosno oduvana je prašina sa vazduhom pod pritiskom od 200 atm. Kako bi se obezbedile odgovarajuće karakteristike provodljivosti na uzorcima, a istovremeno izbegla pojava punjenja odnosno pražnjenja površine aluminijum oksida, analizirani uzorci su napareni tankim slojem zlata uz pomoć uređaja za jonsko raspršivanje. Debljina zlatne prevlake je bila 15,0 nm a gustina 19,32 g cm⁻³. Nakon toga, uzorci su postavljeni u držač uzorka sa kojim su spojeni preko srebrne paste da bi se poboljšala provodljivost.

Radni parametri pri kojima je izvršena SEM analiza uzorka su prikazani u tabeli 13.

Tabela 13. Radni parametri SEM analize

Radna udaljenost (mm)	Veličina spota (nm)	Voltaža (kV)	Povećanje	Signal
15	35	20	2.000 x, 5.000 x, 10.000 x, 15.000 x	Sekundarna emisija elektrona

Prilikom SEM analize snimana je površina i presek uzorka. Izgled neštampajućih elemenata štamparskih formi je analiziran sa ciljem da se uoče nastale promene usled povećanog pritiska i duže eksploatacije štamparske forme u procesu štampe.

Sva istraživanja su bila usmerena isključivo na slobodne površine štamparskih formi, odnosno na površinsku strukturu aluminijum oksida.

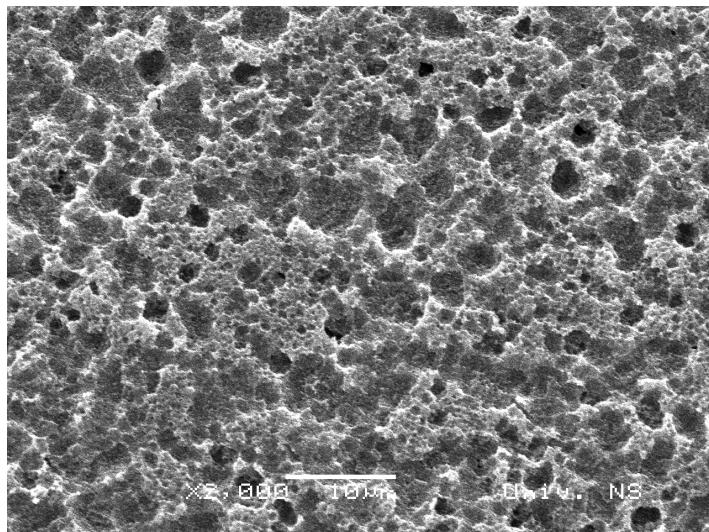
7.1 Analiza SEM snimaka površine neštampajućih elemenata

Na slici 38 i slici 39 je prikazana slobodna površina referentne štamparske forme sa različitim povećanjem, na kojoj se jasno može videti hrapava površinska struktura aluminijum oksida.

Na posmatranoj površini štamparske forme, koja se nije upotrebljavala za proces štampe, jasno se primećuju visoki uski vrhovi (pikovi) i duboke uske pore.

EKSPERIMENTALNI DEO

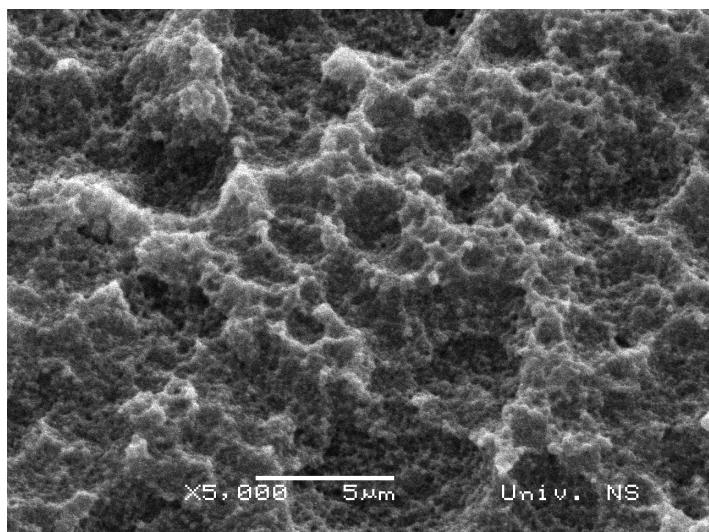
Ravne površine u vidu tačaka (Slika 38) koje se takođe mogu uočiti na površini referentne štamparske forme su verovatno posledica razvijanja u baznom razvijaču (Dörfler, 2002).



Slika 38. SEM snimak neštampajućih površina referentne štamparske forme (2000 x)

Površina sloja aluminijum oksida je izuzetno hrapava (Slika 39.), neujednačena, porozna i moglo bi se reći „sunđerasta“, što je posledica elektrohemijskog zrnčanja i uslova procesa anodizacije koji se odvijaju u toku proizvodnog procesa štamparske forme.

Sa druge strane, ovakva površinska struktura poboljšava adsorpciju sredstva za vlaženje u toku procesa štampe i omogućava štamparskoj formi bolje mehaničke osobine (Dimogerontakis i drugi, 2006, Hoellrigl i Smith, 2002).



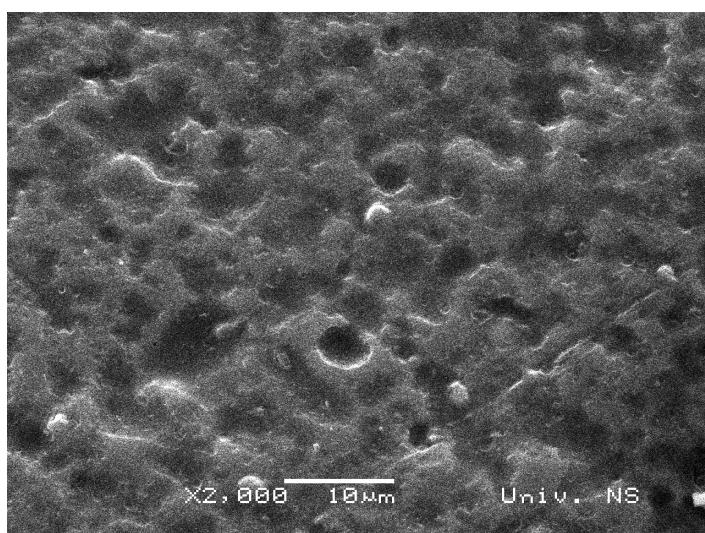
Slika 39. SEM snimak neštampajućih površina referentne štamparske forme (5000 x)

EKSPERIMENTALNI DEO

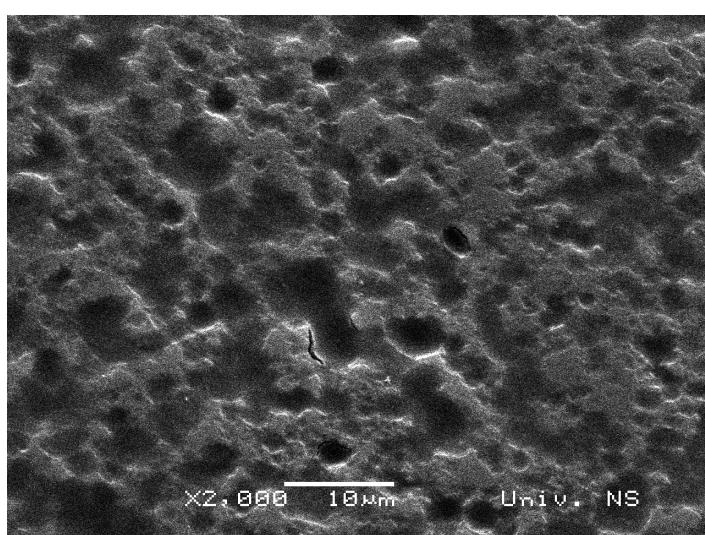
Ako se detaljno analiziraju prikazane slike, jasno se može primetiti da se površinska struktura uzoraka koji su korišćeni za proces reprodukcije razlikuje u odnosu na referentni uzorak štamparske forme. Udubljenja odnosno doline za oba posmatrana uzorka, štamparsku formu za crnu i žutu boju, su verovatno popunjeni česticama papirne prašine.

SEM snimci prikazuju specifičnu strukturu površine na kojoj se primećuje da su pikovi odnosno vrhovi vidljivi na slici 38 i slici 39 u velikoj meri naglašeni i dočaravaju veoma hrapavu strukturu sloja aluminijum oksida. Ti vrhovi se, usled procesa štampe, smanjuju i ravnaju (slika 40 i 41) što ima za posledicu ravniju - ujednačenu površinu.

Na slici 40 je predstavljena slobodna površina štamparske forme nakon 123.000 otisaka za uzorak 1. Može se primetiti da je došlo do značajne promene u topografiji površine nakon početka procesa štampe.



Slika 40. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 1 (2000 x)

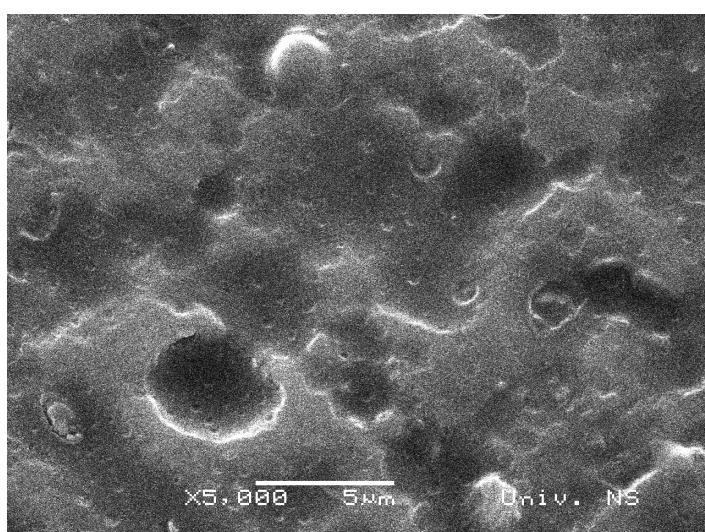


Slika 41. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 2 (2000 x)

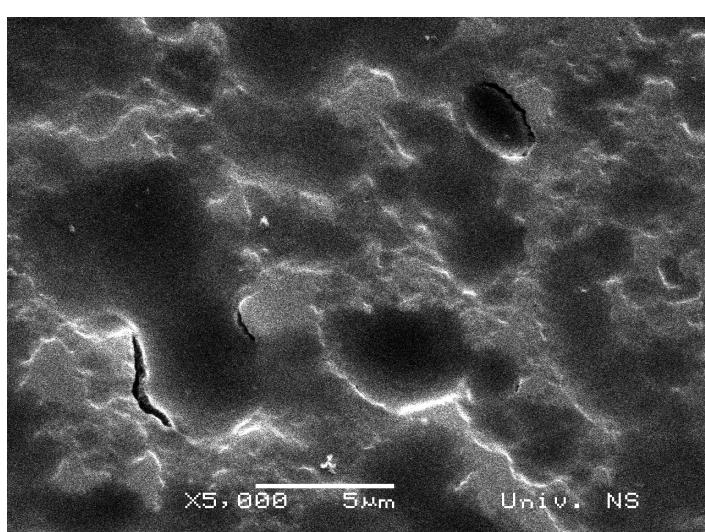
EKSPERIMENTALNI DEO

Ako uporedimo slike 40 i 41, možemo primetiti da su slobodne površine, nakon tiraža od 123.000 otisaka, na štamparskoj forma za žutu boju (uzorak 2) hrapavije u odnosu na slobodne površine nakon istog tiraža, koje se nalaze na štamparskoj formi za crnu boju. Ovi rezultati potvrđuju prethodne konstatacije i rezultate dobijene merenjem parametara hrapavosti. Naime, prethodno je već rečeno da redosled štampajućih agregata, a time i štamparskih formi prilikom procesa štampe, imaju uticaj na promenu površinske strukture slobodnih elemenata. Štamparska forma za crnu boju se nalazi na prvom štamparskom agregatu, a za žutu boju na poslednjem. Može se zaključiti da i uticaj papirne prašine „slabi“ samim transportom papirne trake kroz mašinu za štampu.

Na slikama 42 i 43 prikazani su identični uzorci sa većim povećanjem, gde je pomenuta razlika u površinskoj strukturi još više naglašena.



Slika 42. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 1 (5000 x)



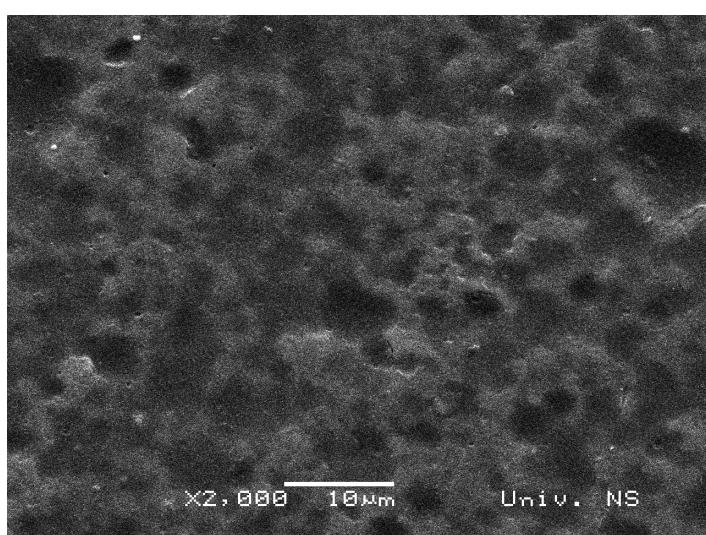
Slika 43. SEM snimak neštampajućih površina nakon 123.000 otisaka - uzorak 2 (5000 x)

EKSPERIMENTALNI DEO

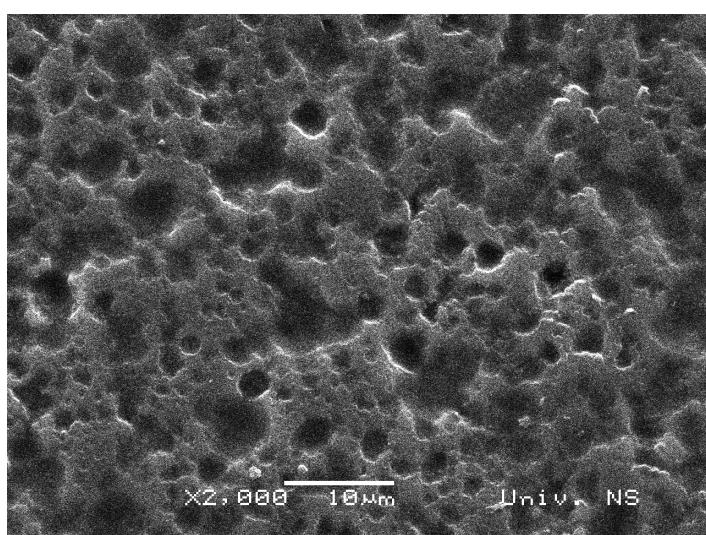
Takođe, na slici 42 i 43 pri većem uvećanju je uočljivije popunjavanje udubljenja odnosno pora i ravnanje vrhova - pikova koji čine hrapavu strukturu sloja aluminijum oksida. Ova oštećenja površine ukazuju na to da konstantan pritisak, koji ima velik uticaj na promenu površinske strukture štampajućih elemenata, ima značajan uticaj i na slobodne površine aluminijum oksida. Pukotina, koja je primetna u sloju aluminijum oksida, je verovatno posledica nagomilavanja papirne prašine i konstantnog pritiska gumenog omotača.

Pri analizi snimaka površinske strukture slobodnih elemenata termalnih štamparskih formi (slika 44 i 45) primetna je promena topografije površine aluminijum oksida, što ukazuje na pojavu daljeg „glačanja“ površina.

Naime, površina je manje porozna, ali na nekim mestima javljaju se veća udubljenja, koja značajno naglašavaju nepravilnosti u strukturi aluminijum oksida, a nastaju sa povećanjem broja otisaka.



Slika 44. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 1 (2000 x)

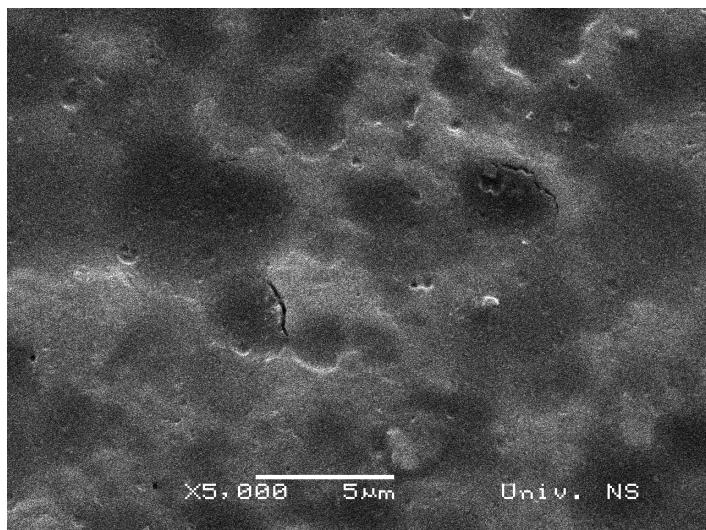


Slika 45. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 2 (2000 x)

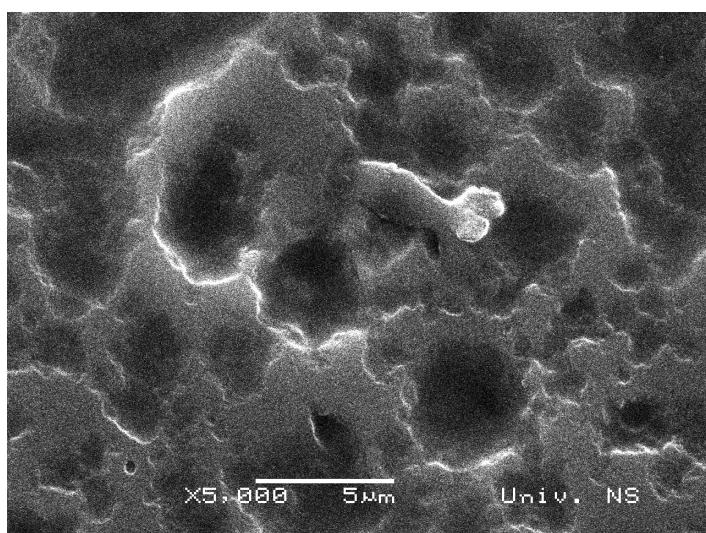
EKSPERIMENTALNI DEO

Kao i kod prethodnih SEM snimaka, uzorci analizirani nakon 177.000 otisaka pokazuju da se sa većim brojem otisaka povećava i deformacija hrapave površinske strukture aluminijum oksida. Sa većim uvećanjem analiziranih uzoraka (slika 46 i 47) primećuju se znatno veće pore, koje prema mernoj skali iznose od 5μ i više.

Na slici 46, gde je prikazan uzorak za crnu štamparsku formu pojedina udubljenja su skoro popunjena. Uzrok može biti, kao i kod prethodno analiziranih SEM snimaka, konstantan pritisak i prisustvo papirne prašine na prvom štamparskom agregatu.



Slika 46. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 1 (5000 x)



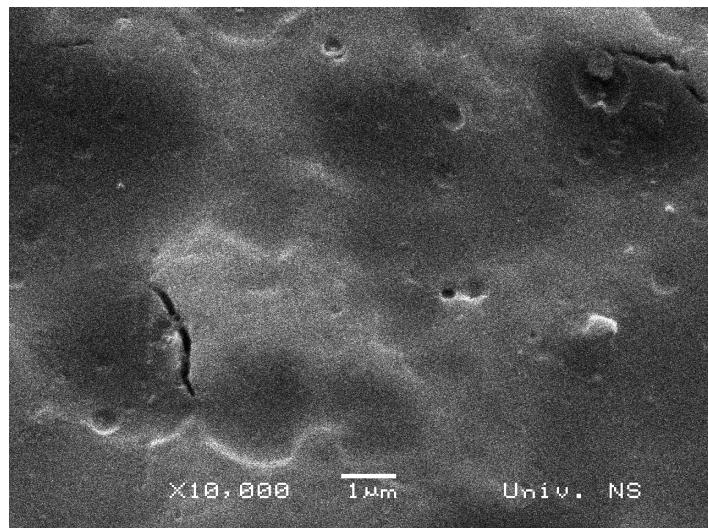
Slika 47. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 2 (5000 x)

Veće uvećanje SEM snimka uzorka 2 ukazuje i dalje na veliku poroznost strukture, ali i na sve veće zaravnjivanje određenih delova hrapave površine aluminijum oksida, s time da je na uzorku 2, pri većem povećanju vidljiva određena dubina u strukturi površina, koja se očito

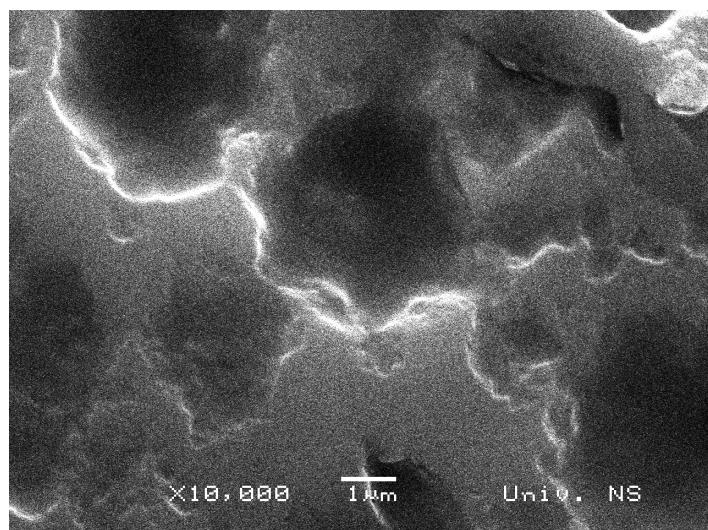
EKSPERIMENTALNI DEO

smanjuje na uzorku 1. Kako bi se detaljnije uvidelo kolika su ta oštećenja, izvršena su snimanja pri povećanju od 10.000 x .

Na slici 48 se primećuje da su pore skoro u potpunosti zatvorene i da su se vrhovi pretvorili u ravnu, ujednačenu površinu. Takođe se može primetiti da se na površini aluminijum oksida javljaju pukotine koje su posledica velikog broja otisaka.



Slika 48. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 1 (10.000 x)



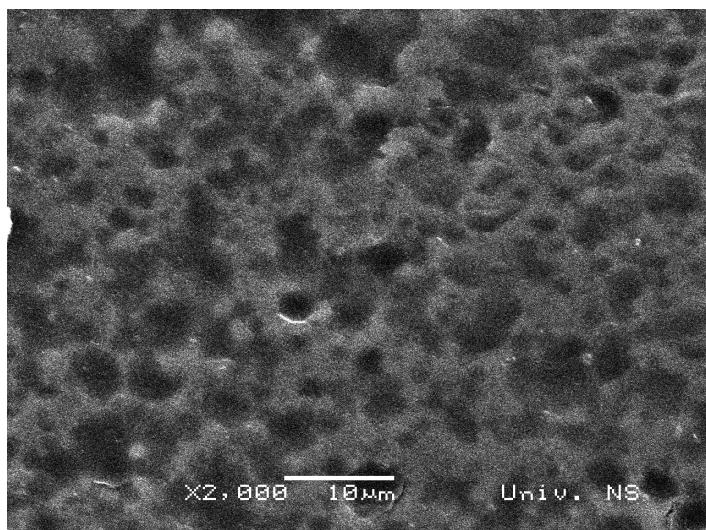
Slika 49. SEM snimak neštampajućih površina nakon 177.000 otisaka - uzorak 2 (10.000 x)

SEM snimak prikazan na slici 49 nam omogućava detaljniji uvid u stvarnu dubinu pora na uzorku 2, koji ima znatno manje deformacija udubljenja u poređenju sa uzorkom 1. Primetni su i vrhovi koji polako postaju ujednačeni i imaju tendenciju ka ujednačenoj - ravnoj površini.

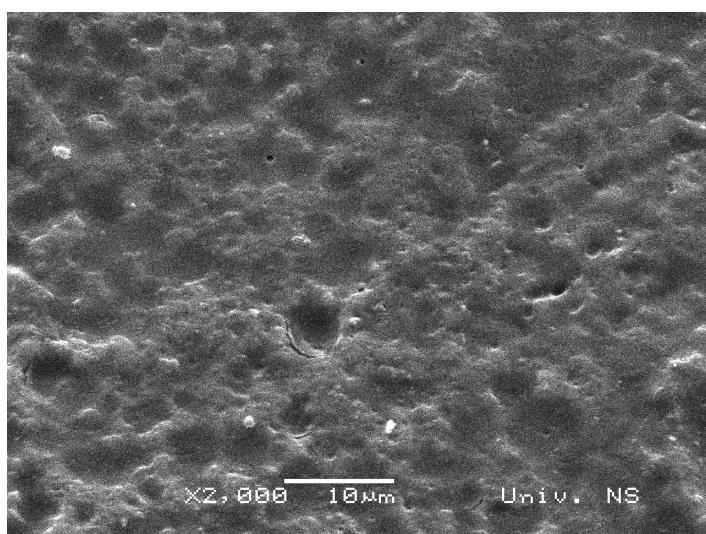
Na slici 50 prikazan je SEM snimak uzorka 1, štamparske forme korišćene za tiraž od 300.000 otisaka. Deformacije u topografiji površine aluminijum oksida su još primetnije u poređenju sa

EKSPERIMENTALNI DEO

slikama 44 i 45. Oba posmatrana uzorka štamparskih formi imaju sličnu površinsku strukturu (slika 49 i 50). U toku procesa štampe, štamparska forma je u stalnom kontaktu sa bojom i tečnošću za vlaženje, kao i gumenim omotačem. U svim pomenutim kontaktima prisutno je trenje, koje uzrokuje trošenje materijala, u ovom slučaju sloja aluminijum oksida. Dodatan faktor koji utiče na smanjenje hrapavosti je velika hrapavost gumenog omotača koja u konstantnom kontaktu vrši pritisak na neštampajuće elemente štamparske forme (Mahović Poljaček, Cigula i Gojo, 2008).



Slika 50. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (2000 x)



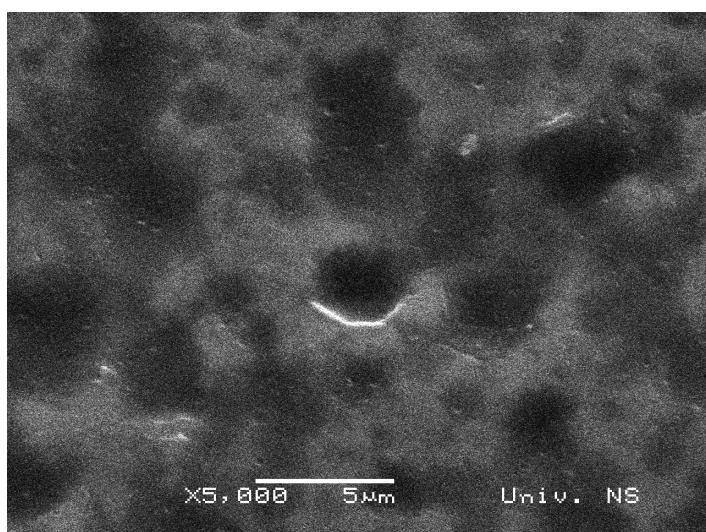
Slika 51. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (2000 x)

Ako uporedimo slike 40 i 41, tj. neštampajuće elemente štamparskih formi posle 123.000 otisaka sa slikama 50 i 51, odnosno štamparskim formama nakon tiraža od 300.000 otisaka primećuje se da su promene na površini manje nego razlika nastala poređenjem referentne štamparske forme i uzorka nakon 123.000 otisaka.

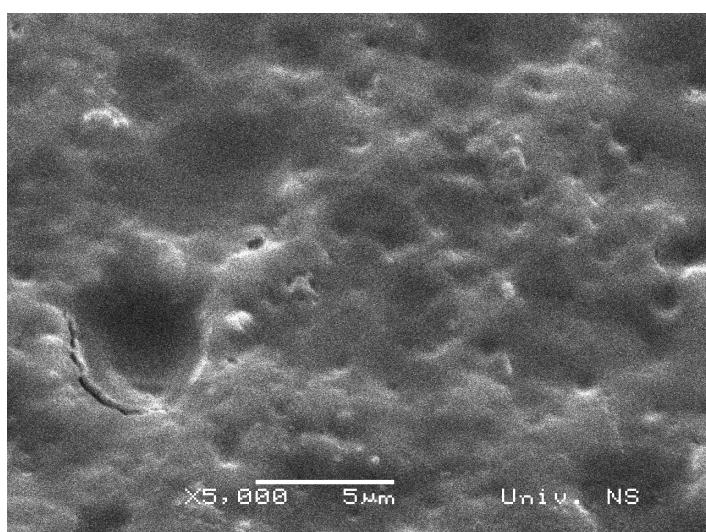
EKSPERIMENTALNI DEO

Ovakve razlike su verovatno posledica otpornosti aluminijum oksida na habanje, kada se najviši vrhovi profila istroše, što se može videti u prethodnim istraživanjima iz ove oblasti (Romano, 1995).

Pri povećanju od 5000 x na uzorcima se primećuju značajne promene koje se dešavaju na površini aluminijum oksida. Na uzorku 1 skoro i da nemamo udubljenja, dok su svi vrhovi potpuno ravni i pretvoreni u jednoličnu površinu (Slika 52).



Slika 52. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (5000 x)



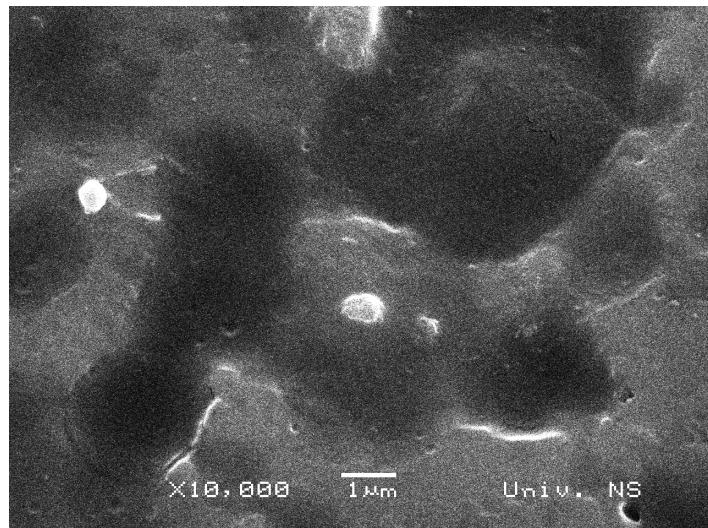
Slika 53. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (5000 x)

Na slici 53 se primećuje takođe značajna promena na površini aluminijum oksida, ali u odnosu na uzorak 1 površina je neznatno hrapavija. Skoro sve pore su popunjene, a pukotina koja se primećuje može biti posledica dugotrajne eksploatacije štamparske forme ili neadekvatnog pritiska u toj tački, koji je bio prisutan tokom celog procesa štampe.

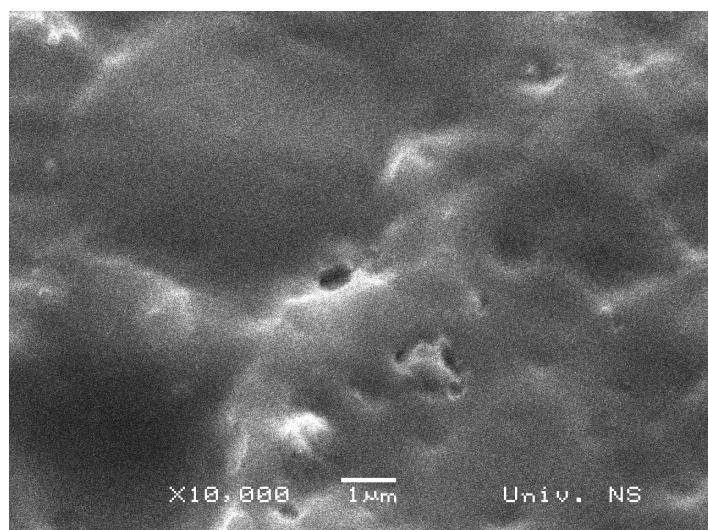
EKSPERIMENTALNI DEO

Detaljniji uvid u promenu površinske topografije sloja aluminijum oksida dobijamo uvećanjem od 10.000 x (slika 54 i 55).

Na uzorku 1 su primetna veoma mala udubljenja i pukotine, kao i čestice koje verovatno potiču od papirne prašine koja se taložila u toku procesa reprodukcije.



Slika 54. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (10.000 x)



Slika 55. SEM snimak neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (10.000 x)

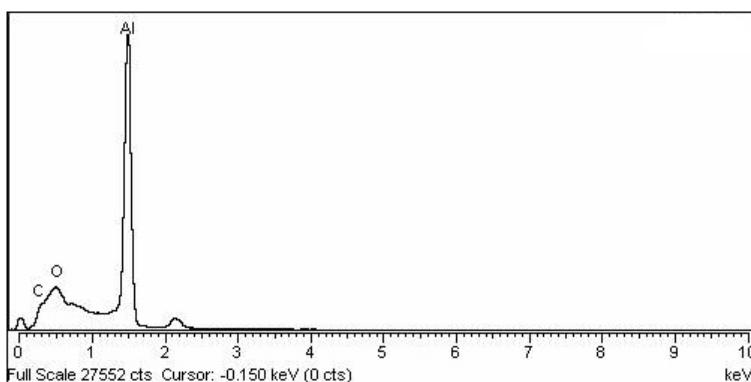
Detalj prikazan na slici 55 dočarava i deformaciju udubljenja i vrhova i potpuno oštećenje hrapave površinske strukture štamparske forme u odnosu na referentnu štamparsku formu.

Nakon površinske analize Uzoraka može se zaključiti da dužina procesa štampe u znatnoj meri utiče na promenu površinskih karakteristika neštampajućih elemenata štamparske forme za offset štampu.

7.2 EDS analiza neštampajućih elemenata

Za analizu preseka neštampajućih elemenata korišćena je EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) metoda uz pomoć koje se na SEM snimcima može tačno utvrditi koji se hemijski elementi nalaze u materijalu i u kom međusobnom odnosu. Na taj način se osigurava tačnost veličine izmerenih čestica, u ovom slučaju, posmatrane površine aluminijum oksida.

Na grafiku 17 prikazan je spektar analizirane površine referentne štamparske forme.



Grafik 17. Spektar vrednosti za referentnu štamparsku formu

Spektar vrednosti referentne štamparske forme prikazuje da je aluminijum dominantan hemijski element sa udelom ugljenika i manjim udeom kiseonika. Ove vrednosti su očekivane, jer je sloj aluminijum oksida na referentnoj štamparskoj formi neoštećen. Procentualne vrednosti, odnosno tačan udeo svakog hemijskog elementa dobijen EDS metodom na analiziranom uzorku je prikazan u tabeli 14.

Tabela 14. Maseni i atomski udeo (%) u analizi referentne štamparske forme dobijen EDS analizom

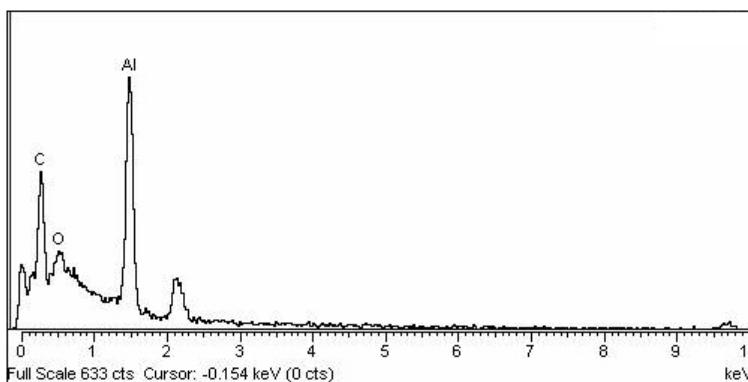
Element	Maseni udeo %	Atomski udeo %
C (ugljenik)	35.94	51.58
O (kiseonik)	17.06	18.39
Al (aluminijum)	47.00	30.03

Na osnovu vrednosti iz tabele 14 može se videti da analiziran sloj aluminijum oksida sadrži visok procenat ugljenika. Poreklo ugljenika u česticama analiziranog aluminijum oksida verovatno dolazi od soli CaCO₃, koje se u velikoj meri nalaze u rastvoru razvijača, gde voda čini veći deo tog rastvora. Pošto je voda, koja se koristi za dobijanje rastvora razvijajuće supstance tvrda, jer se koristi iz vodovoda, prisutan je veoma visok procenat kalcijum karbonata.

EKSPERIMENTALNI DEO

EDS analiza je utvrdila da postoji određen procenat ugljenika, u ovom slučaju skoro 36% koji se zadržao u porama analiziranog aluminijum oksida, na površini neštampajućih elemenata referentne štamparske forme.

Spektar dobijen EDS analizom štamparske forme za crnu boju odnosno uzorka 1 nakon 300.000 otisaka je prikazan na grafiku 18.



Grafik 18. Spektar vrednosti za uzorak I nakon 300.000 otisaka

Na osnovu spektralne vrednosti EDS analize izvršene na uzorku 1 primećuje se da je aluminijum i dalje prisutan, međutim količina ugljenika se drastično povećala. Analizom procentualnih vrednosti, prikazanih u tabeli 15, može se dobiti jasnija slika o promenama koje su se desile nakon procesa štampe.

Tabela 15. Maseni i atomski udeo (%) u analizi štamparske forme za uzorak I
dobijen EDS analizom

Element	Maseni udeo %	Atomski udeo %
C (ugljenik)	69.87	78.72
O (kiseonik)	17.94	15.17
Al (aluminijum)	12.19	6.11

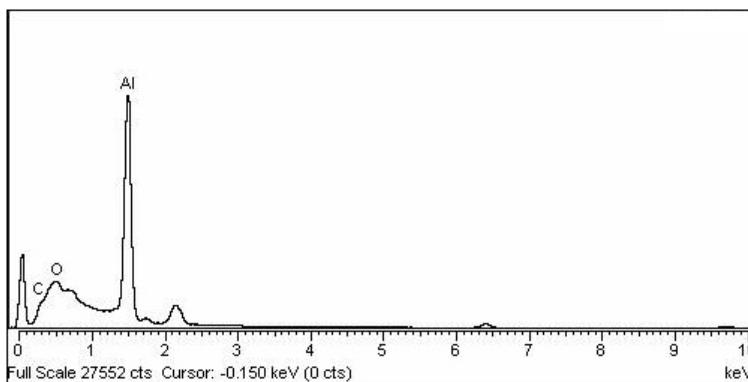
Na osnovu vrednosti EDS analize, prikazanih u tabeli 15, primećuje se da je procenat ugljenika dominantan u odnosu na aluminijum i kiseonik. Pomenuti procentualni odnosi dobijeni EDS analizom potvrđuju prethodnu SEM analizu posmatranih uzoraka na kojima je bila primetna promena površinske strukture u vidu popunjavanja pora papirnom prašinom.

Naime, papir u sebi sadrži veliku količinu ugljenika, koji se zajedno sa kalcijumom i drugim hemijskim elementima koristi za izbeljivanje kao i za punila koja papiru obezbeđuju bolje mehaničke sposobnosti.

EKSPERIMENTALNI DEO

U toku procesa štampe, usled konstantnog pritiska i prisustva tečnosti za vlaženje i boje za štampu, dolazi do promene strukture površine papira i popunjavanja površinskih pora i praznina. Usled ove pojave dolazi i do interakcije ugljenika sa neštampajućim i stampajućim površinama štamparske forme i njegovog aktivnog učešća u površinskim promenama koje nakon toga nastaju.

Na grafiku 19 je prikazan spektar analizirane površine štamparske forme za žutu boju, odnosno uzorka 2, nakon 300.000 otisaka.



Grafik 19. Spektar vrednosti za uzorak 2 nakon 300.000 otisaka

Slično kao i kod referentne štamparske forme, može se primetiti veći udeo aluminijuma kao i prisutnost ugljenika i kiseonika kao sastavnog dela strukture aluminijum oksida. Procentualne vrednosti, odnosno tačan udeo svakog hemijskog elementa dobijen EDS metodom na analiziranom uzorku je prikazan u tabeli 16.

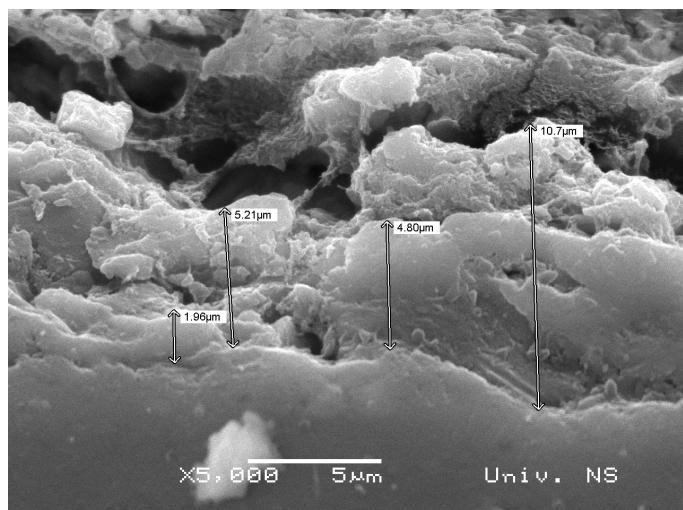
Tabela 16. Maseni i atomski udeo (%) u analizi štamparske forme za uzorak 2 dobijen EDS analizom

Element	Maseni udeo %	Atomski udeo %
C (ugljenik)	40.05	55.03
O (kiseonik)	22.92	14.94
Al (aluminijum)	37.03	30.03

Na osnovu vrednosti iz tabele 16 može se primetiti da analiziran sloj aluminijum oksida sadrži mnogo manji procenat ugljenika u odnosu na uzorak 1, što je i očekivano. Štamparska forma za uzorak 2 je poslednja u nizu štamparskoj mašini i nema toliko dodira sa papirnom prašinom i papirnim vlaknima, kao što je to slučaj sa uzorkom 1, koji se nalazi u prvom štamparskom agregatu. Takođe, količina aluminijum oksida je manja u odnosu na referentnu štamparsku formu, a posledica toga je konstantan pritisak i mehaničko trošenje koje se javlja u toku procesa štampe.

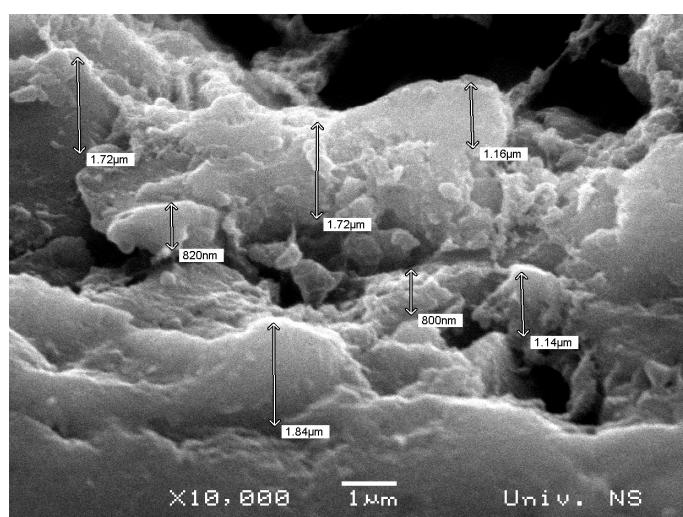
7.3 Analiza SEM snimaka preseka neštampajućih elemenata

Analiza preseka omogućava uvid u strukturu aluminijum oksida. Uz pomoć ove vrste analize preciznije se može odrediti koliko su deformacije, nastale usled pritiska i delovanja raznih agenasa na neštampajuće elemente štamparske forme, uticale na promenu površinske strukture sloja aluminijum oksida.



Slika 56. SEM snimak preseka neštampajućih površina referentne štamparske forme (5.000 x)

Na slici 56 je prikazan presek referentne štamparske forme na kome se jasno vidi da se debljina sloja aluminijum oksida kreće od 2 - 4 μm , kako se i navodi u literaturi (Potter, 1968). Pomenuta debljina sloja aluminijum oksida je očekivana jer se referentna štamparska forma nije koristila za proces štampe te je sloj neštampajućih elemenata ostao neoštećen. Takođe, može se primetiti hrapava struktura koja je karakteristična za pomenuti sloj i koja omogućava dobru adsorpciju sredstva za vlaženje u toku procesa štampe.

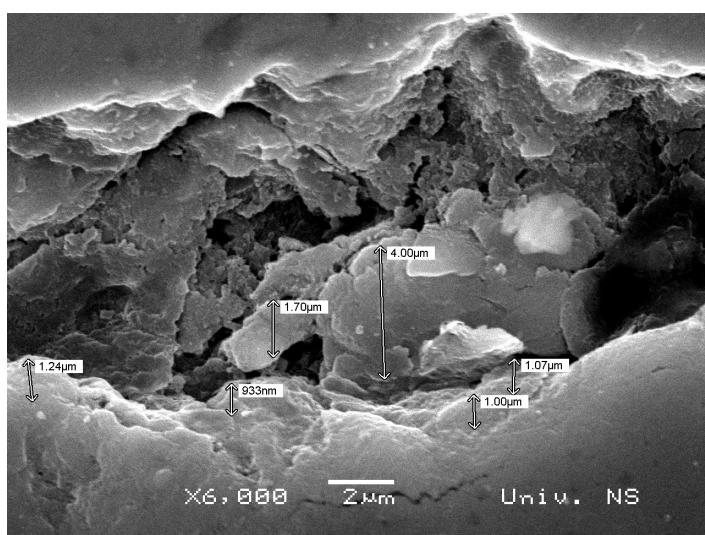


Slika 57. SEM snimak preseka neštampajućih površina referentne štamparske forme (10.000 x)

EKSPERIMENTALNI DEO

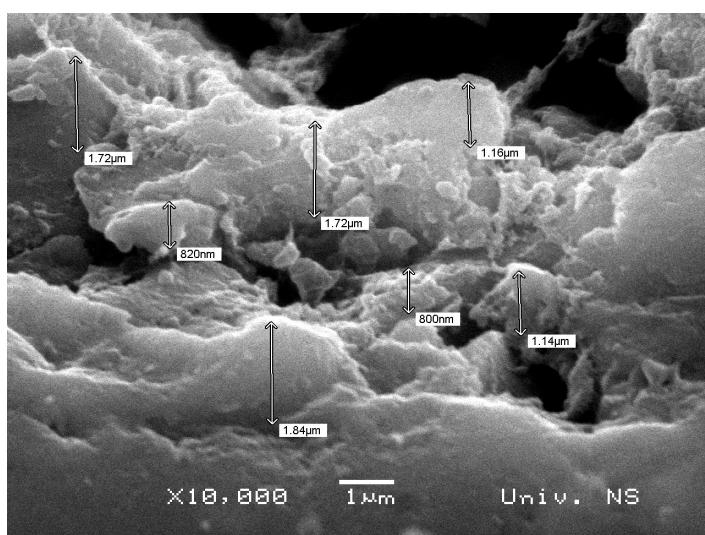
U nastavku analize je korišćeno veće uvećanje kako bi se što preciznije odredila veličina i oblik neštampajućih elemenata sastavljenih od aluminijum oksida. Na slici 57 prikazan je presek referentne štamparske forme pri uvećanju od 10.000 x na kojoj se jasno vide pikovi odnosno vrhovi sloja aluminijum oksida koji omogućavaju dugotrajnost neštampajućih elemenata u toku procesa štampe.

Analiza preseka uzorka 1 nakon 300.000 otisaka prikazuje očekivane rezultate jer potvrđuje promene, primetne na prethodnoj analizi SEM snimaka, koje su nastale u površinskoj strukturi neštampajućih elemenata sastavljenih od sloja aluminijum oksida. Veličina odnosno debljina aluminijum oksida se znatno smanjila u odnosu na referentni uzorak (Slika 58).



Slika 58. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (6.000 x)

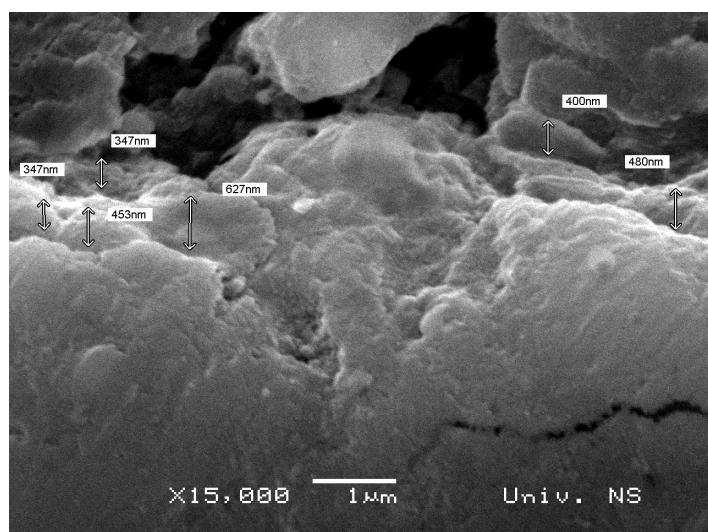
Na slici 59 pri uvećanju od 10.000 x razlika nastala usled delovanja pritiska i papirne prašine je još primetnija u poređenju sa slikom 51. Debljina sloja aluminijum oksida se kreće u rasponu od 0,80 do 1,84 μm, što je i očekivano nakon tiraža od 300.000 otisaka.



Slika 59. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (10.000 x)

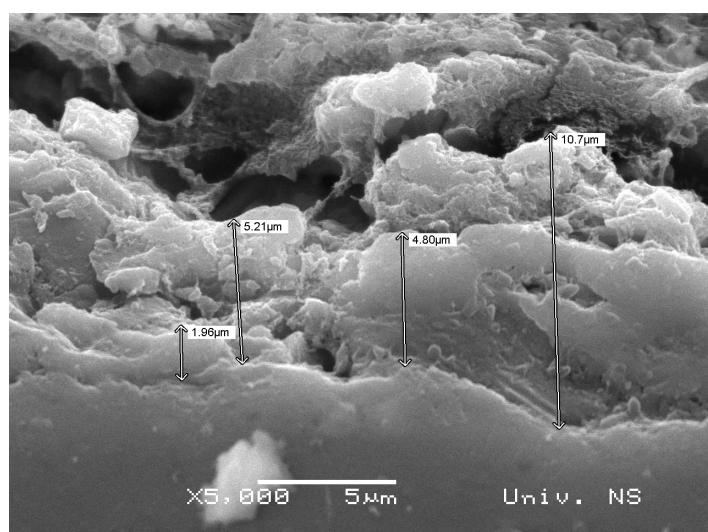
EKSPERIMENTALNI DEO

Uvećanje od 15.000 x (slika 60) ukazuje na promene nastale na zidovima sloja aluminijum oksida. Naime, pored već primetne površinske promene, smanjenja vrhova i popunjavanja udubljenja, primetne su i pukotine u strukturi sloja kao i manja veličina zidova neštampajućih elemenata. Sve ove promene dokazuju da se uporedo sa trošenjem štampajućih elemenata, troše i neštampajući delovi štamparske forme. Ova pojava direktno utiče na mogućnost prihvatanja sredstva za vlaženje na površini neštampajućih elemenata, a time i na proces štampe.



Slika 60. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 1 (15.000x)

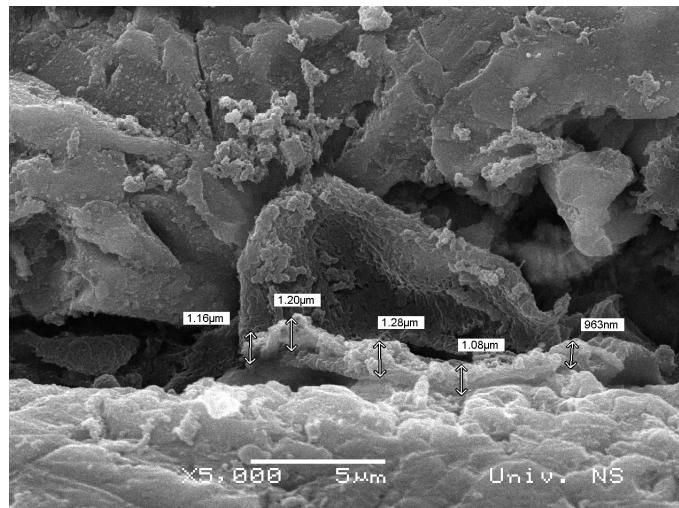
Na slici 61 pri uvećanju od 5.000 x na uzorku 2 se primećuje da je nakon 300.000 otisaka došlo do promene u površinskoj strukturi sloja aluminijum oksida, ali ipak primetno manje u odnosu na uzorak 1.



Slika 61. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (5.000x)

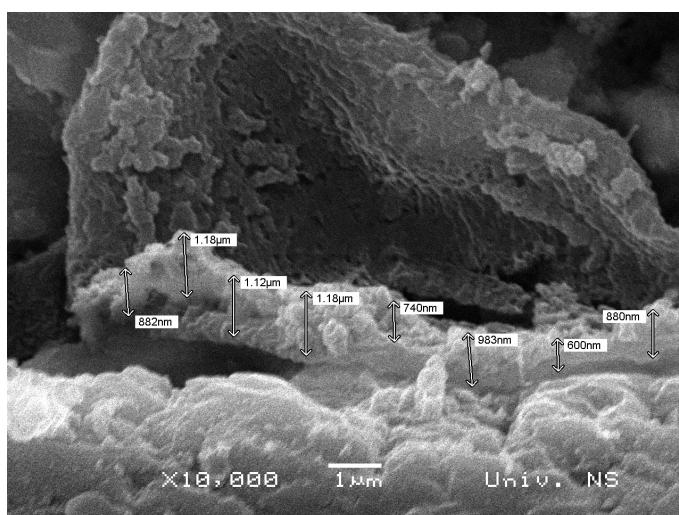
EKSPERIMENTALNI DEO

Površina je izrazito neujednačena, ali ipak hrapavija u poređenju sa uzrokom 1. Prema snimku prikazanom na slici 62 vidljiva je veća hrapavost površine sa velikim brojem pora i malih vrhova u poređenju sa slikom preseka prethodno analiziranog uzorka.



Slika 62. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (5.000x)

Na slici 63, na prikazanom preseku uzorka 2 se primećuje da je došlo do promene u površinskoj strukturi sloja aluminijum oksida, ali ipak primetno manje u odnosu na uzorak 1. Vrednosti debljine sloja aluminijum oksida se na uzorku 3 kreću u opsegu od 0,60 do 1,3 μm . Bitno je napomenuti da vrednosti veličine sloja nisu egzaktne i da su merenja izvršene radi dočaravanja promena koje nastaju usled velikog broja otisaka u procesu štampe.



Slika 63. SEM snimak preseka neštampajućih površina nakon 300.000 otisaka - uzorak 2 (10.000x)

Još jedan uzrok smanjenja hrapavosti neštampajućih površina nakon velikog broja otisaka može biti da sloj aluminijum oksida u toku procesa štampe adsorbuje molekule vode iz sredstva za vlaženje pri čemu nastaje voluminozni hidratizovani Al_2O_3 , što istovremeno prouzrokuje popunjavanje pora. Taj mehanizam uključuje degradaciju i zatvaranje pora u površinskim strukturama uzorka.

ZAKLJUČAK

U disertaciji je izvršeno ispitivanje osobina neštampajućih elemenata štamparske forme pre, u toku i nakon procesa offset štampe i uticaj štampe na površinske promene aluminijum oksida.

U okviru istraživanja karakteristika površine korišćene su kvalitativne i kvantitativne metode snimanja mikrotopografije, koje su dale važne informacije o procesima na površinama pre i nakon procesa otiskivanja.

Kvantifikovanje površinskih osobina je rađeno merenjem hrapavosti, dok su dodatne informacije dobijene merenjem kontaktnog ugla i slobodne površinske energije. Svi uzorci su uzorkovani u proizvodnim uslovima i predstavljaju aproksimaciju realnih uslova koji se odvijaju tokom izrade i eksploatacije štamparske forme u toku procesa štampe.

Na osnovu postavljenih radnih hipoteza i dobijenih rezultata mogu se izvući sledeći zaključci: Interakcija neštampajućih elemenata štamparske forme (hrapavost površina aluminijum oksida), sredstva za vlaženje (sastava, površinskih karakteristika), papira i njegove strukture (vrste površinske obrade i gramature) te procesa otiskivanja (brzine štampe, nanosa boje, viskoziteta, vrste boja i dr.) dovodi do stvaranja kompleksnog sistema u kojem se stvaraju skoro pojedinačne mikropovršine. Procesne parametre je moguće standardizovati i na taj način smanjiti ideo varijacija u toku proizvodnje. Statističkom obradom većeg broja uzoraka, koji daju slične rezultate a pri tom zadržavaju poneke svojstvene karakteristike u domenu mikro i nano veličina koje su u procesu proizvodnje teško ponovljive, takođe se može standardizovati određen proces te tako samnjiti faktor greške na minimum.

Definisanjem parametara hrapavosti za analizu topografije slobodnih površina mogu se odrediti relevantni parametri hrapavosti koji prikazuju detaljnu karakterizaciju i promene u mikrostrukturi površina uzrokovane dužinom eksploatacije štamparske forme. Rezultati analiziranih uzoraka potvrđuju ovu hipotezu. Naime, rezultati izmerene hrapavosti za parametre R_a , R_p , R_v i R_z koji su dobijeni na osnovu merenja na analiziranim uzorcima štamparskih formi, pre i nakon procesa štampe određenog broja otisaka, ukazuju na to da, u zavisnosti od pozicije odnosno redosleda štamparskih formi u štamparskoj mašini, dolazi do značajnih promena u površinskoj strukturi neštampajućih elemenata.

Izmereni rezultati pokazuju da je u toku procesa štampe došlo do bitnih promena mikrostrukture na neštampajućim površinama posmatranih uzoraka, koji su bitno uticali na dužinu procesa eksploatacije štamparske forme. Na primer, vrednost parametra koji određuje srednje aritmetičko odstupanje profila - R_a za referentnu štamparsku formu iznosi 0,3945, pri tiražu od 123.000 ta vrednost za uzorak 1 iznosi 0,3008, a za uzorak 2 iznosi 0,3449, što ukazuje na veliku promenu hrapavosti pri početku tiraža. Nakon 177.000 otisaka R_a parametar za uzorak 1 iznosi 0,292, a za uzorak 2 je ta vrednost 0,307 i delimično dolazi do stabilizacije vrednosti koja se održava sve do tiraža od 300.000 otisaka kada vrednost za uzorak 1 iznosi 0,2868 i za uzorak 2 iznosi 0,2908. Bliske numeričke vrednosti parametra R_a za obe štamparske forme su podaci na osnovu

kojih možemo zaključiti da u toku procesa štampe dolazi do značajnih promena u mikrostrukturi površine aluminijum oksida, od kojeg se sastoje neštampajući elementi štamparske forme. Bitne promene u vrednostima se uočavaju i kod drugih parametara koji su izmereni u toku analize površinske mikrostrukture.

Sledeća postavljena radna hipoteza se praktično nadovezuje na prethodnu jer se zasniva na tvrdnji da je mehaničkim metodama za karakterizaciju površina moguće utvrditi koje se promene događaju u površinskim strukturama štamparskih formi. O pomenutim promenama se može raspravljati na osnovu preostalih analiziranih parametara hrapavosti i dobijenih rezultata. Svi izmereni parametri su dobijeni uz pomoć merenja sa mehaničkim uređajem za određivanje hrapavosti.

Tako nam, između ostalog, parametar R_p daje informaciju o najvećoj visini vrha profila, te se preko izmerenih vrednosti može dobiti detaljniji uvid u vrstu površinskih promena koje se zapravo dešavaju na površini aluminijum oksida. Parametar R_v koji predstavlja najveću dubinu doline profila nam takođe daje mogućnost za detaljniju analizu mikrostrukturnih promena. R_z ili srednja visina neravnina u deset tačaka i R_{sm} srednja vrednost razmaka između elemenata profila, omogućavaju da preciznije odredimo promene u površinskoj strukturi neštampajućih elemenata štamparske forme koje nastaju u toku procesa štampe.

Pri analizi parametra R_p primetno je da analizirani uzorci štamparskih formi imaju sličan trend i značajan porast vrednosti nakon trećine odštampanog tiraža, odnosno nakon 123.000 otisaka, gde je najveća visina vrhova u odnosu na referentnu vrednost ($R_p = 1,174$) izmerena na uzorku 2 ($R_p = 2,173$), a zatim i na uzorku 1 ($R_p = 1,863$). Nakon toga dolazi do blagog opadanja, gde uzorak 1 nakon 177.000 otisaka ima vrednost $R_p = 1,589$, a uzorak 2 $R_p = 1,829$. Nakon 300.000 otisaka vrednosti parametra R_p su skoro identične za uzorak 1 ($R_p = 1,711$) i uzorak 2 ($R_p = 1,740$). Ovi rezultati ukazuju na to da u toku procesa štampe, a posebno nakon određenog broja otisaka, dolazi do trošenja vrhova profila na slobodnim površinama štamparske forme. Pored konstantnog pritiska koji je prisutan u toku procesa štampe, uzrok ove pojave može biti i neravnomerna - hrapava površina gumene navlake, koja u toku procesa može izazvati stvaranje nove teksture sa visokim pikovima, tj. vrhovima, te nagomilavanje papirne prašine i njena iteracija sa sredstvom za vlaženje.

Parametar R_v koji označava meru najveće dubine doline profila je u direktnoj vezi sa prethodno analiziranim parametrom R_p jer pri pojavi trošenja vrhova profila, u zavisnosti od vrste materijala, može doći do smanjenja dubine doline profila odnosno do popunjavanja dolina ili povećanja širine profila. Kao i kod prethodnih parametara, sa povećanjem broja otisaka smanjuje se i vrednost parametra R_v . Ako uporedimo rezultate referentnog uzorka i štamparske forme nakon 123.000 otisaka, primećuje se veliki pad u vrednostima koji iznosi preko 50 procenata (od referentne $R_v = 3,44$ do $R_v = 1,44$ za uzorak 1 i $R_v = 1,42$ za uzorak 2).

Nakon naglog smanjenja visokih vrednosti referentnog uzorka, vrednosti parametra R_v se nakon 177.000 otisaka stabilizuju za uzorak 1 ($R_v = 1,212$) i za uzorak 2 ($R_v = 1,354$). Pri tiražu od 300.000 vrednosti parametra se blago povećavaju tako da je $R_v = 1,279$ za uzorak 1 i $R_v =$

1,635 za uzorak 2. Dobijene vrednosti su posledica konstantnog pritiska cilindra sa gumenim omotačem, a razlika u vrednostima između uzorka 1 i uzorka 2 je posledica velike količine papirne prašine koja dolazi u dodir sa uzorkom 1, štamparskom formom za crnu boju koja se nalazi na prvom štamparskom agregatu. Pošto se uzorak 2, odnosno štamparska forma za žutu boju, nalazi na poslednjem štamparskom agregatu, mnogo manja količina papirne prašine dolazi do nje, jer se na prethodna tri agregata značajna količina papirne prašine odstrani uz pomoć sredstva za vlaženje, koje pored toga što ima ulogu da vlaži neštampajuće elemente štamparske forme, ima i ulogu da je čisti.

Sledeći parametar koji nam daje rezultate o srednjoj visini neravnina u deset tačaka R_z je veoma bitan, jer opisuje promene mikrohrapavosti površine koje se javljaju na analiziranim uzorcima štamparskih formi. Koncept uzorkovanja više referentnih dužina pri merenju parametara hrapavosti, kao što je primer parametra R_z , je veoma koristan, posebno kada se razmatraju uzroci formiranja određenih tipova promene topografije površine.

Vrednosti R_z parametra za uzorak 1 se nakon 123.000 otisaka znatno smanjuje, za skoro 30 procenata ($R_z = 0,891$) u odnosu na referentnu vrednost ($R_z = 3,234$). Nakon 177.000 otisaka vrednost parametra se polako povećava ($R_z = 1,050$) i ponovo se smanjuje nakon 300.000 otisaka kada je $R_z = 0,949$. Površinska struktura štamparske forme za uzorak 2 se u odnosu na referentnu vrednost ($R_z = 3,234$) znatno menja na samom početku procesa štampe i nakon 123.000 otisaka dostiže vrednost $R_z = 1,251$. Nakon toga se stabilizuje i njena hrapavost je nakon tiraža od 177.000 otisaka neznatno manja ($R_z = 0,946$) da bi nakon 300.000 otisaka vrednost parametra R_z (0,905) bila veoma bliska vrednosti uzorka 1.

Ovakva pojava promene parametra R_z za štamparsku formu za crnu boju ponovo ukazuje na veliku ulogu papirne prašine koja utiče na promenu parametara hrapavosti, ali takođe i uticaj sredstva za vlaženje, koje ima ulogu čišćenja površine štamparske forme u toku procesa štampe.

Vrednosti parametra R_{sm} predstavljaju rezultate srednje vrednosti razmaka između elemenata profila, što je pored prethodno pomenutih rezultata takođe veoma bitno, jer se analizom rezultata nepravilnosti, koja se javlja u okviru referentne izmerene dužine, može utvrditi do kakve je deformacije došlo na površini posmatranog, odnosno izmerenog uzorka.

Posmatrajući rezultate parametra R_{sm} , može se primetiti da su vrednosti za oba uzorka veoma bliske, nakon starta procesa štampe pa sve do završetka i konačnog tiraža. Naime, na osnovu vrednosti za uzorak 1, nakon 123.000 otisaka ($R_{sm} = 0,0329$) u odnosu na referentnu vrednost ($R_{sm} = 0,021$) se može uočiti veoma mala promena u strukturi površinske hrapavosti štamparske forme, a takav trend se pokazao isti i za uzorak 2 ($R_{sm} = 0,023$) sa tim da je vrednost parametra R_{sm} za nijansu veća u odnosu na izmerenu vrednost uzorka 1. Pri tiražu od 177.000 otisaka, analizom vrednosti za oba uzorka, uzorak 1 ($R_{sm} = 0,0299$) i uzorak 2 ($R_{sm} = 0,0299$), primećuje se stabilizacija parametra R_{sm} . To ukazuje na to da se, uprkos konstantnom pritisku, srednja vrednost razmaka između elemenata profila ne povećava značajno u odnosu na početak procesa štampe.

Ovakvi rezultati se mogu tumačiti visokom stabilnošću i postojanošću sloja aluminijum oksida od kog se sastoje neštampajući elementi štamparskih formi.

Međutim, rezultati pri tiražu od 300.000 otisaka, koji su za uzorak 1 za 40 posto veći od referentne vrednosti ($R_{sm} = 0,0824$) i za uzorak 2 oko 38 posto veći ($R_{sm} = 0,0786$), ukazuju na to da je došlo do značajnih promena u površinskoj strukturi neštampajućih elemenata na obe štamparske forme, što potvrđuju i prethodno izmereni parametri R_a , R_p , R_v i R_z .

Dobijeni rezultati pokazuju da je pri kraju tiraža došlo do ozbiljnih deformacija u površinskoj strukturi slobodnih elemenata štamparske forme, odnosno do povećanja između razmaka vrhova i dolina što direktno utiče na sposobnost neštampajućih elemenata da prihvataju sredstvo za vlaženje i time omoguće neometan proces štampe. Značajnim smanjenjem hrapavosti površine neštampajućih elemenata, kao što je slučaj kod oba analizirana uzorka, dolazi do disbalansa između tečnosti za vlaženje i štamparske boje, što dalje dovodi do narušavanja pravilnog procesa štampe i na kraju do pojave toniranja - prekrivanje neštampajućih elemenata bojom.

Dodatnom analizom površinske hrapavosti neštampajućih delova štamparskih formi, kroz projektovanu Abbottovu krivu, analizirani su hibridni parametri hrapavosti - parametri koji zavise i od amplituda vrhova i udubljenja, i od horizontalnih razmaka, tj. to su parametri koji zavise od oblika profila. Takođe, analizirani hibridni parametri određeni su isključivo za specifičnu kontrolu trošenja određene površine. Analizirani su R_{pk} - redukovana visina vrhova profila (glavni deo površine koji će brzo biti istrošen nakon početka štampe), R_k - dubina jezgra hrapavosti profila (radna površina dugog veka koja će uticati na kvalitet i trajnost štamparske forme) i R_{vk} - redukovana dubina udubljenja profila.

Analizom odnosa parametara hrapavosti R_{pk} koji daje informaciju o visini vrhova i parametra hrapavosti R_{vk} , koji daje informaciju o dubini dolina u površinskoj strukturi uzorka štamparskih formi, može se primetiti određeno smanjenje i visine vrhova i dubine dolina nakon određenog broja otisaka. Na oba uzorka izmereno je manje smanjenje vrednosti nakon prve faze procesa štampe, te se može pretpostaviti da početna faza štampe utiče na smanjenje najviših vrhova na površini, drugim rečima, na smanjenje visine vrhova i istovremeno smanjenje vrednosti dubine dolina. Nakon početne faze procesa štampe, visina vrhova se i dalje smanjuje tako da je na oba ispitivana uzorka štamparske forme vrednost niža od početne. Naime, može se pretpostaviti da se stabilizacijom parametara koji utiču na pravilno odvijanje procesa reprodukcije smanjuje i njihov uticaj na površinu aluminijum oksida, a time i na smanjenje hrapavosti površine. Stabilizacija procesa štampe te skladan odnos između sredstva za vlaženje i boje utiče na jednaku interakciju sredstva za vlaženje, papirne prašine, gumenog omotača i površinskog sloja aluminijum oksida. To se delimično može objasniti i adsorpcijom molekula vode iz rastvora za vlaženje u površinsku strukturu aluminijum oksida, pri čemu nastaje voluminozni hidratizirani Al_2O_3 , koji utiče na smanjenje hrapavosti površina.

Analizom rezultata vrednosti dubine jezgra hrapavosti profila, može se reći da početak procesa štampe utiče na smanjenje dodirne površine između vrhova i dolina. Takođe, nakon 300.000 otisaka dešava se dalja promena na uzorcima, gde se vrednosti smanjuju, ali se može

ZAKLJUČAK

govoriti o pravilnijem rasporedu dodirnih površina između vrhova i dolina. Rezultati Abbott-Firestone krivih, potvrđuju rezultate dobijene analizom amplitudnih parametara i takođe ukazuju na različitu dinamiku promene u odnosu vrhova i dolina u površinskoj hrapavosti analiziranih štamparskih formi, u zavisnosti od određenog broja otisaka dobijenih u toku procesa štampe.

Radna hipoteza da kontaktni ugao između sredstva za vlaženje i ispitivanih površina, neštampajućih elemenata štamparske forme, ukazuje na promene u interakciji sredstva za vlaženje i površinskih struktura slobodnih površina koje nastaju kao posledica duže eksploatacije štamparske forme u procesu štampe je takođe potvrđena.

Na osnovu navedenih rezultata se može videti korelacija između ravnjanja (promene hrapavosti) i promene kontaktnog ugla između standardizovanih tečnosti (demineralizovane vode, glicerina i dijodmetana) i neštampajućih površina štamparske forme. Ove promene su u velikom broju slučajeva linearne prirode.

Za uzorak 1, osim nakon tiraža od 123.000 gde je vrednost nešto manja, kontaktni ugao između neštampajućih elemenata štamparske forme i vode se povećava sa brojem odštampanih otisaka. Kontaktni ugao za uzorak 2 ima konstantan rast sa rastom tiraža, što je i razumljivo jer se površinska svojstva aluminijum oksida menjaju, a samim tim i osobine te površine. Posledica je pad sposobnosti adsorbcije tečnosti.

Izmerene vrednosti kontaktnog ugla ostvarene između glicerina i neštampajućih delova su očekivane, jer je pretpostavka da se površinska struktura aluminijum oksida promenila u odnosu na referentnu formu. Vrednosti za uzorak 2 su daleko više u odnosu na one za uzorak 1. Nakon početka tiraža one su konstantne, sa veoma malom međusobnom razlikom, skoro identičnom (manja od 1°).

Izmerene vrednosti ostvarenog kontaktnog ugla između dijodmetana i uzorka 1, nakon tiraža od 123.000 i 177.000 otisaka, imaju neznatan pad u odnosu na referentnu štamparsku formu (manji od 0,3°), a zatim porast od 5° pri merenju kontaktnog ugla nakon tiraža od 300.000 otisaka.

Za uzorak 2, dijodmetan ima skoro identičnu vrednost kontaktnog ugla, u zavisnosti od broja otisaka. Vrednost je konstantna odnosno neznatno raste sa porastom broja otisaka (za manje od 2°). Ako uporedimo rezultate za sve tri tečnosti, povećanje kontaktnog ugla glicerina je bitno veće u poređenju sa kontaktnim uglom koji se ostvaruje sa vodom, ali to povećanje nije konstantno. Kontaktni ugao ostvaren sa glicerinom dostiže skoro maksimum vrednosti pri merenju na prvoj štamparskoj formi koja je korišćena za proces štampe, pri tiražu od 123.000, ali nakon toga ostaje blizak toj vrednosti. Kontaktni ugao ostvaren sa dijodmetanom neznatno raste sa porastom broja otisaka, ali vrednost je skoro nepromenjena (manja od 2°).

Posledica rasta kontaktnog ugla kod vode i glicerina za uzorak 2 može biti smanjenje polarne faze adsorbcijom nepolarne supstance ili narušavanje odnosa polarne i nepolarne faze na neštampajućim površinama. Takođe, još jedna moguća posledica bi mogla biti, da tečnost za vlaženje kod štamparske forme za žutu boju - uzorak 2, emulguje sa bojom u toku procesa štampe te tako u porama neštampajućih elemenata zaostaju delovi boje koji utiču na vrednosti merenja kontaktnog ugla.

ZAKLJUČAK

Kao poslednja radna hipoteza izneta je tvrdnja da se mikroskopskom analizom površinske strukture slobodnih elemenata štamparske forme može utvrditi korelacija između rezultata dobijenih pojedinom metodom merenja radi dalje karakterizacije površina.

Na SEM snimcima referentnog uzorka prikazana je specifična struktura površine gde se primećuje da su pikovi odnosno vrhovi, veoma naglašeni i dočaravaju veoma hrapavu strukturu sloja aluminijum oksida. Ti vrhovi se, usled procesa štampe, smanjuju i ravnaju, što ima za posledicu ravniju - ujednačenu površinu. Na osnovu snimaka nakon tiraža od 123.000 može se primetiti da je došlo do značajne promene u topografiji površine nakon početka procesa štampe.

Takođe je primetno da su slobodne površine, nakon tiraža od 123.000 otisaka, na štamparskoj formi za žutu boju (uzorak 2) hrapavije u odnosu na slobodne površine nakon istog tiraža, koje se nalaze na štamparskoj formi za crnu boju. Ovi rezultati potvrđuju prethodne konstatacije i rezultate dobijene merenjem parametara hrapavosti.

Prethodno je rečeno da redosled štampajućih agregata, a time i štamparskih formi prilikom procesa štampe, imaju uticaj na promenu površinske strukture slobodnih elemenata. Štamparska forma za crnu boju se nalazi na prvom štamparskom agregatu, a za žutu boju na poslednjem. Može se zaključiti da i uticaj papirne praštine „slabi“ samim transportom papirne trake kroz mašinu za štampu. Pri uvećanju (5000 x) vidljivije je popunjavanje udubljenja, odnosno pora i ravnanje vrhova - pikova koji čine hrapavu strukturu sloja aluminijum oksida. Ova oštećenja površine ukazuju na to da konstantan pritisak, koji ima velik uticaj na promenu površinske strukture štampajućih elemenata, ima značajan uticaj i na slobodne površine aluminijum oksida. Pukotina koja je primetna u sloju aluminijum oksida je verovatno posledica nagomilavanja papirne praštine i konstantnog pritiska gumenog omotača. Takođe, površina je manje porozna, ali na nekim mestima javljaju se veća udubljenja, koja značajno naglašavaju nepravilnosti u strukturi aluminijum oksida, koje nastaju povećanjem broja otisaka.

SEM snimci uzorka nakon 177.000 otisaka pokazuju da se sa većim brojem otisaka povećava i deformacija hrapave površinske strukture aluminijum oksida. Sa uvećanjem analiziranih uzoraka primećuju se znatno veće pore.

Na SEM snimcima uzorka 2, nakon 300.000 otisaka primećuje se takođe značajna promena na površini aluminijum oksida, ali u odnosu na uzorak 1 neznatno hrapavija površina. Skoro sve pore su popunjene, a pukotine koje su primetne mogu biti posledica dugotrajne eksploracije štamparske forme ili neadekvatnog pritiska koji je bio prisutan tokom celog procesa štampe. Nakon površinske analize uzorka može se zaključiti da dužina procesa štampe u znatnoj meri utiče na promenu površinskih karakteristika neštampajućih elemenata štamparske forme za offset štampu.

Dodatna SEM analiza preseka uzorka naglašava rezultate dobijene površinske analize SEM snimaka. Uvećanje od 15.000 x i prikaz preseka uzorka ukazuje na promene nastale na zidovima sloja aluminijum oksida. Naime, pored već primetne površinske promene, smanjenja vrhova i popunjavanja udubljenja, primetne su i pukotine u strukturi sloja kao i manja veličina zidova neštampajućih elemenata. Sve ove promene dokazuju da se uporedo sa trošenjem

štampajućih elemenata, troše i neštampajući delovi štamparske forme. Ova pojava direktno utiče na mogućnost prihvatanja sredstva za vlaženje na površini neštampajućih elemenata, a time i na proces štampe.

Primena različitih metoda merenja na površini štamparskih formi za offset štampu pokazala je kompleksnost problema površinskih struktura štamparskih formi i njegovu multidisciplinarnost koja se može povezati sa područjem mehanike, fizike i hemije površina.

Multidisciplinarni pristup karakterizaciji površinskih struktura štamparskih formi za offset štampu i identifikacija relevantnih parametara hrapavosti za praćenje površinskih promena u iz područja mikrometarskih skala, definisanje fizičko-hemijskih svojstava neštampajućih elemenata, omogućava proširenje metodologije izučavanja poroznih i hrapavih površinskih struktura koje se mogu primenjivati, ne samo na offsetnim monometalnim štamparskim formama, nego i na drugim sličnim površinama.

Dobijeni rezultati predstavljaju osnovu za pravce daljih istraživanja i ukazuju na moguće mehanizme promene neštampajućih površina aluminijum oksida i dugotrajnost štamparske forme u toku procesa štampe.

Podaci iz ove teze se mogu iskoristiti za buduća istraživanja, kao i za simulacije unutar odgovarajućih softvera za proizvodnju offset štamparskih formi, pomoću kojih je moguće predvideti dugotrajnost, odnosno način na koji će se dešavati promene u mikrostrukturi površine aluminijum oksida u toku procesa štampe.

Ovakvim pristupom se dolazi i do lakše ekonomske optimizacije proizvodnje štamparskih formi, kao i do povećanja produktivnosti i bolje kontrole procesa štampe.

Detaljna analiza i utvrđivanje mehanizma promena koje se događaju u strukturi neštampajućih površina štamparskih formi u toku procesa štampe takođe predstavljaju naučni doprinos ovog rada, te tako doprinosi lakšem tumačenju i razumevanju stabilnosti i funkcionalnih svojstava površina aluminijum oksida na štamparskim formama za offset štampu.

LITERATURA

Aerts,T., Dimogerontakis, Th., De Graeve, I., Fransaer, J., Terryn, H, 2007, Influence of the anodizing temperature on the porosity and the mechanical properties of the porous anodic oxide film, *Surface & Coatings Technology* 201, pp. 7310–7317.

Adams R.M., Romano F., 1996, *Computer to Plate: Automating the Printing Industry*, Graphic Arts Technical Foundation, USA.

Amor M. P., Ball J., 1998, The Mechanism of Electrograining Aluminium Sheet in Nitric:Boric Acid Electrolyte, *Corrosion Science* Vol. 40, No. 12, pp. 2155-2172.

Aurenty P., Lemery S., Gandini A., 1997, *TAGA Proceedings*, Dynamic Spreading of Fountain Solution onto Lithographic Anodized Aluminium Oxide, Rochester.

Barišić N., Bolanča Z., 1989, Utjecaj nekih aniona na hidrofilnost bemitiziranog aluminija, *Acta Graphica* 1, 2, pp. 79-84.

Basysprint, <http://www.basysprint.com/en/products> [pristupljeno 15.07.2011]

Baker, A. D., 1997, *Computer to Plate*, The Prepress Bulletin, Rochester Institute of Technology, USA.

Baltec SCD 500, 2010, <http://www.emsys.co.uk/bal-tec.htm> [pristupljeno 15.08.2011]

Bigerelle, M., Najjar, D., Iost, A., 2003, Relevance of roughness parameters for describing and modelling machined surfaces, *Journal of Materials Sciences*, 38, pp. 2525 – 2536.

Brinkman, H.J., Kernig, B., 2006, *Aluminium for lithographic applications*, R&D Hydro Aluminium, Bonn, Germany.

Bolanča, Z., Barišić, N., Bolanča, S., 1989, Hidrofilnost i površinska obrada metala, *Zbornik radova Inter grafika '89*, Viša Grafička Škola, Zagreb.

Bolanča Z., Barišić N., Bolanča S., 1991, Hidrofilnost oksidiranog aluminija kao funkcija temperature, *Acta Graphica* 3, pp. 103-107.

Bolanča Z., Barišić N., Mikota M., 1992, Hidrofilnost oksidiranog aluminija u ovisnosti o uvjetima oksidacije, *Acta Graphica* 4, pp. 193-198.

LITERATURA

Bombač M., Drev M., Žbogar D., 1985, Determination of the fountain solution during printing, 8. *Znanstveno-stručni simpozij Intergrafika '85*, Zagreb , Hrvatska, pp 180-186.

Cigula, T., Mahovic – Poljacek, S., Gojo, M., 2008, Analysis of the silver halide printing plates after printing process, *The 19th International DAAAM Symposium, Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Next Generation of Intelligent Systems and Solutions*, Trnava, Slovakia 22-25th October 2008.

Cigula, T., Pavlović, Ž., Gojo, M., Risović, D., 2010, Wetting of offset printing plate's non-printing areas as a function of print run, *The Fifth International Symposium GRID 2010*, urednik Dragoljub Novaković, Faculty of technical sciences, Graphic engineering and design 2010. Str. 211-218.

Czichos, H., Saito, T., Smith, L., 2006, *Handbook of Materials Measurement Methods*, New York, Springer.

Chung Luu Nguyen, 2009, *Surface properties and finishing of aluminium casting alloys*, Doctoral Thesis, The University of Auckland.

DataPhysics Instruments GmbH, Operating manual OCA, 2006.

Doyle, S., 1995, *Advance in Printing plate technology*, Pira International, Surrey, UK

Dreys P., Weniger R., 1989, *Rediscovering the Abbott-Firestone Curve-Quality*, 15-3, pp 50-53.

Dimogerontakis, Th., Van Gils, S., Ottevaere, H., Thienpont, H., Terryn, H., 2006, Quantitative topography characterization of surfaces with asymmetric roughness induced by AC-graining on aluminium, *Surface & Coatings Technology*, 201, pp. 918–926.

Dörfler, H.-D., 2002, *Grenzflächen und kolloid-disperse Systeme - Physik und Chemie*, Springer - Verlag, Berlin.

Đordjević, S., Dražić, V., 1989, *Fizička hemija*, Tehnološko-metarurški fakultet, Beograd.

Filipović, I., Lipanović S., 1991, *Opća i anorganska kemija*, Školska knjiga, Zagreb.

FOGRA Project No. 22.025, *Diagnose von Fehlern beim Druck mit CtP-Platten und deren technische Dokumentation in einer Wissensbasis*, Report 2006.

Fujifilm, <http://www.fujifilm.co.uk> [pristupljeno 19.06.2011]

LITERATURA

Gadelmawla, E.S., Koura, M.M., Maksoud, T.M.A., Elewa, I.M., Soliman, H.H., 2002, Roughness parameters, *Journal of Materials Processing Technology*, 123, pp. 133-145

Gajewski, A., 2008, Contact angle and sessile drop diameter hysteresis on metal surfaces, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 51, pp. 4628–4636

Gemeinhardt J., 2001, *Belichter und Plattentechnologie*, Fachhefte Grafische Industrie BulletinTechnique 4 .

Gobbetti O., 1991, *Electrochemical Graining of Aluminum or Aluminum Alloy Surfaces*, Patent No.: US 5,064,511,

Gonzalez, J. A., Lopez, V., Bautista, A., Otero, E., Novoa, X. R., 1999, Characterization of porous aluminium oxide films from A.C. impedance measurements, *Journal of Applied electrochemistry*, 29, pp. 229-238

Gojo, M., Mahović Poljaček, S., Cigula, T., 2010, Nonprinting Areas on the Offset printing plates What we knoww-what we should know, *Grid '10, Proceedings* , Novaković Dragoljub ,Novi Sad : Faculty of Technical Sciences, Dep. Graphic Engineering and Design, pp. 9-18.

Gojo, M., 2003. Vlaženje u funkciji plošnog tiska, *Tiskarstvo 03 : zbornik radova iz područja grafičkog inženjerstva / Lovreček, Mladen (ur.)*. Zagreb : FS ; Grafički fakultet.

Groves, G., 2002, *Anodising of aluminium*, <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/metals/8E.pdf> [pristupljeno 22.09.2010.]

Hafner, B., 2011, *Energy Dispersive Spectroscopy on the SEM*, http://www.charfac.umn.edu/instruments/eds_on_sem_primer.pdf/, [pristupljeno 19.09. 2011.]

Hagelsieb, L. M., 2007, *Anodic aluminium oxide processing, characterization and application to DNA hybridization electrical detection*, PhD Thesis, Université catholique de Louvain, Faculté des Sciences Appliquées, Laboratoire de Microélectronique, Louvain-La-Neuve,Belgique.

Holland C., 2002, *CtP routing*, Digital Demand 2-3, Pira International Ltd, UK.

Hoellrigl, G., Smith, G., 2002, *Process for manufacturing a strip of aluminium alloy for lithographic printing plates*, Patent No.: US6,655,282 B2.

Hoshino, K., Oota, Y., Hattori, N., Takemoto, M., Tanaka, T., 2005, Developments and Future Trends in Aluminum Products with Improved Surface Functions, *Kobelco Technology review no. 26*.

LITERATURA

INCAEnergy, 2009, *Energy Dispersive Spectrometry Hardware*, The Microanalysis System, Oxford Instruments, Analytical Ltd.

ISO 12218:1997, Graphic technology – Process control – Offset plate making; ISO 12647-2:2004. Graphic technology – Process control for the production of halftone color separations, proof and production prints. Part 2. Offset lithographic processes.

ISO 4287:1997 Geometric Product Specification (GPS). Surface texture: profile method—terms, definitions and surface texture parameters.

ISO 4288:1996 Geometric Product Specification (GPS). Surface texture: profile method—rules and procedures for the assessment of surface texture

Kiphann H., 2001, *Handbook of Print Media*, Springer, Berlin.

Kiurski, J., 2004, *Fizičko-hemijske osnove izrade štamparskih formi*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Kodak Sword Ultra, <http://graphics.kodak.com/KodakGCG/uploadedFiles/SwordUltra_A4_18_v13_lo.pdf> [pristupljeno 09.07.2010]

Komori,http://www.komori.com/contents_com/onpress/65/index.htm [pristupljeno 05.07.2011.]

Križan B., 1984, Parametri površinske hraptavosti, *Strojarstvo* 26, pp 109 - 115.

Künzler, T. P., 2007, *Surface Morphology Gradients*, Doctoral Thesis, Swiss federal institute of technology Zurich

Kumar M., 1978, *Standardizacija izrade i eksploracije tiskovne forme za plošni tisak*, Viša grafička škola, Zagreb.

Kwok, D.Y., Neumann, A.W., 1999, Contact angle measurement and contact angle interpretation, *Advances in Colloid and Interface Science*, 81, pp. 167-249.

Lin C.S., Chang C.C., Fu H.M., 2001, AC electrograining of aluminum plate in hydrochloric acid, *Materials Chemistry and Physics* 68, pp 217–224.

Limbach P. K. F., Amor M. P., Ball J., 2003, *Aluminium Sheet with Rough Surface*, Patent No.: US 6,524,768 B1.

Lizarbe, R., Gonzalez, J.A., Lopez, W., Otero, E., 1992, Autosealing of Aluminium Oxide Films, *Aluminum* 68, pp. 140-144.

LITERATURA

Lovreček M., Gojo M., 1993, Ispitivanja površinskih svojstava tiskovne forme u funkciji reprodukcije, Zbornik radova, 12. Znanstveno-stručni simpozij Intergrafika '93, Zagreb.

Lovreček M., 1990, *Elektrokemijsko istraživanje sistema aluminij-elektrolit*, Disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana.

Magdy Ezzat Abd El Kader, 2004, *Application of Hot-Melt Ink Jet Processes for Imaging at Offset Printing from Cylinder*, Dissertation, Technische Universität Chemnitz.

Martic, G., De Coninck, J., Blake, T.D., 2003, Influence of the dynamic contact angle on the characterization of porous media, *Journal of Colloid and Interface Science*, 263, pp. 213–216.

Mahović, S., 2007, *Karakterizacija površinskih struktura ofsetnih tiskovnih formi*, Doktorska disertacija, Grafički fakultet, Univerzitet u Zagrebu.

Mahovic Poljacek, S., Cigula, T., Gojo, M., 2008, Formation and Defining the Different Aluminium Oxide Microstructures in Alkaline Solutions, *International Journal of Material Forming*, 1 (Supply 1), pp. 463 – 466.

Mahovic Poljacek, S., Risovic, D., Furic, K., Gojo, M., 2008, Comparison of fractal and profilometric methods for surface topography characterization, *Applied Surface Science*, 254, pp. 3449–3458

Mahovic Poljacek S., Gojo M., Raos P., Stoic A., 2007, Different Approach to the Aluminium Oxide Topography Characterisation, *10th ESAFORM Conference on Material Forming*, Saragoza, Spain, April.

Mainsah, E., Greenwood, J.A., Chetwynd, D.G., 2001, *Metrology and properties of engineering surfaces*, Springer Verlag, Berlin.

Menezes, P.L., Kishore, Kailas, S.V., 2009, Influence of surface texture and roughness parameters on friction and transfer layer formation during sliding of aluminium pin on steel plate, *Wear*, 267, pp. 1534–1549.

Moon, S.M., Pyun, S.L., 1998, Growth mechanism of anodic oxide films on pure aluminium in aqueous acidic and alkaline solutions, *Journal of Solid State Electrochemistry*, 2, pp. 156-161

Moon, S.M., Pyun, S., 1999, The formation and dissolution of anodic oxide films on pure aluminium in alkaline solution, *Electrochimica Acta*, 44, pp. 2445-2454.

Moore, W.J., 1955 , *Physical chemistry*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, UK.

LITERATURA

Mortimer G.,R, 2008., *Physical chemistry*, third edition, Elsevier, London, UK.

Myshkin, N.K., Grigoriev, A.Ya., Chizhik, S.A., Choi, K.Y., Petrokovets, M.I., 2003, Surface roughness and texture analysis in microscale, *Wear*, 254, pp. 1001–1009.

Nishino A., Masuda Y., Sawada H., Uesugi A., 2004 , *Process for Producing Aluminum Support for Lithographic Printing Plate*, Patent No.: US 6,682,645 B2.

Nowicki B., Multiparameter Representation of Surface Roughness, *Wear* 102(1985), 161- 176.

Novaković, D., Karlović, I., Cigula, T., Gojo, M., 2009, Površinska hrapavost ofset ploča u funkciji kvaliteta otiska, *Machine Design*, 3, pp.439-444.

Othmani, A., Kaminsky, C., 1999, Image analysis of sheet metal surfaces, *Journal of Materials Sciences* 34, pp. 5139 – 5142.

Ojha, M., Dlakos, G., Panchamgam, S., Wayner Jr., P.C., Plawsky, J.L., 2008 , *Effects of surface structure on the behaviour of heated contact line*, Contatc angle, Wettabiility and Adhesion vol. 5, ed. K.L.Mittal, VSP, Boston.

Owens, D.K., Wendt, R.C., 1969, Estimation of the surface free energy of polymers, *Journal of Applied Polymer Science*, v.13.

Pavlović, Ž., Cigula, T., Novaković, D., Apro, M., 2010, Influence of printing process on printing plate's surface characteristics, *International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies*, Budapest, Hungary Óbuda University, pp. 135-142

Pavlović, Ž., Novaković, D., Dedijer, S., Apro, M., 2010, Changes in the surface roughness of aluminium oxide (non-printing) areas on offset printing plate depending on number of imprints, *Journal of Graphic Engineering and Design*, 1, pp. 32 -38.

Pavlović, Ž., Novaković, D., Gojo, M., 2010, Površinska hrapavost slobodnih površina ofset termalne CTP tiskovne forme, *Digitalni sustavi u tiskarstvu, Tiskarstvo 2010*, Scientific meeting printers and graphic artist of printing technology, Croatian Academy of Engineering, Stubičke toplice, Croatia, <http://www.tiskarstvo.net/tiskarstvo2010/clanciWeb/PavlovicNovakovicGojo/PavlovicNovakovicGojo.html> [pristupljeno 25.03.2011].

Pavlović, Ž., Apro, M., Dedijer, S., Novaković, D., 2011, Opseg boja u rotacionoj heat-set ofset štampi u zavisnosti od sastava sredstva za vlaženje, *Zbornik radova – XVII Međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze,papira, ambalaže i grafike, Zlatibor*, 21-24. Jun, pp 181 -184.

LITERATURA

Pešterac, Č., 2004, *Reprodukciona tehnika* (CD izdanje za predavanja školske 2004/2005. god. Fakultet tehničkih nauka, Grafičko inženjerstvo i dizajn, Novi Sad.

Pešterac, Č., 2002, *Osnovi tehnologije Computer to Plate*, GRIF, Novi Sad.

Pešterac, Č., 2005, *Štamparske forme* (deo predavanja za školsku 2001/2002. god.), Fakultet tehničkih nauka, Grafičko inženjerstvo i dizajn, Novi Sad.

Potter E.C., 1968, *Elektrokemija*, Školska knjiga, Zagreb.

Pourbaix M., 1966, *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions*, Pergamon Press, Oxford, London, Paris, Toronto, New York, Frankfurt.

Poon, C.Y., Bhushan, B., 1995, Comparison of surface roughness measurements by stylus profiler, AFM and non-contact optical profiler, *Wear*, 190, pp. 76-88.

Ponsonnet, L., Reybier, K., Jaffrezic, N., Comte, V., Lagneau, C., Lissac, M., Martelet, C., 2003. Relationship between surface properties (roughness, wettability) of titanium and titanium alloys and cell behavior, *Materials Science and Engineering*, C 23, pp. 551–560.

Raviraj, S., Raghuvir, P., Srikanth, S. R., Vasanth, K., 2008, Machinability study on discontinuously reinforced aluminium composites (DRACs) using response surface methodology and Taguchi's design of experiments under dry cutting condition, *Maejo International Journal of Science and Technology* 2(01), pp. 227-239.

Redón, R., Vázquez-Olmos, A., Mata-Zamora, M.E., Ordóñez-Medrano, A., Rivera-Torres, F., Saniger, J.M., 2005, Contact angle studies on anodic porous alumina, *Journal of Colloid and Interface Science*, 287, pp. 664–670.

Romano, D.J., 1995, *An Investigation Into The Printing And Wear Characteristics Of Laser Exposed Plates*, MSc. thesis, Rochester Institute.

Sciffer, S., 2000, A phenomenological model of dynamic contact angle, *Chemical Engineering Science* 55, pp. 5933-5936.

Scott, V. D., Love, G., 1994, *Quantitative Electron Probe Microanalysis*, 2nd edn. Ellis Horwood, Chichester.

SEM world, JEOL ltd, 2009, [http://www.jeol.com/\[pristupljeno 15.08.2011\]](http://www.jeol.com/[pristupljeno 15.08.2011])

Smith G. T., 2003, *How Rough are Precision Surfaces & How Rough is Round?*, Inaugural professional lecture, Southampton Institute.

LITERATURA

Schmitt U., 2005, Erfahrungen mit den digitalen Kontrollmitteln und Testformen der FOGRA für die Qualitatssicherung, *FOGRA Symposium: Computer to Plate*, München.

Schmitt U., 2005, Korrekter Einsatz der FOGRA-CtP- und der FOGRA-Prozessor-Testform, *FOGRA Symposium: Computer to Plate*, München.

Schmitt U., 2005, *Qualitätssicherung bei Computer-to-Plate - eine Standortbestimmung*, FOGRA Symposium: Computer to Plate, München.

Shaw, R., 2007, *An examination of novel roughness parameters to be used in conjunction with the HSE slips assessment tool (SAT)*, <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr549.pdf> [pristupljeno 25.08.2011]

Suay, J.J. , Gimenez, E., Rodriguez, T., Habbib, K., Saura, J.J., 2003, Characterization of anodizedand sealed aluminium by EIS, *Corrosion Science*, 45 ,pp. 611–624.

Suh, A.Y., Polycarpou, A. A., Conry, T. F., 2003, Detailed surface roughness characterization of engineering surfaces undergoing tribological testing leading to scuffing, *Wear*, 255, pp. 556–568.

Tehnička enciklopedija I-A, 1962, Jugoslovenski leksigrafiski zavod, Zagreb.

Teschner, H., 2003, *Druck und Medien Technik*, Fachschriften verlag, Fellbach, Deutschland.

Urano T., Kohori K., Okamoto H., *Photosensitive Lithographic Printing Plate and Method for making a Printing Plate*, Patent No.: US 6,689,537 B2, 2004.

UPM catalouge Europe, 2005, <http://www2.upm-kymmene.com/w2/onlinecatalog/eu/mini/en/brand.html?id=55>, [pristupljeno 12.08.2011]

Van Oss, C. J., Giese, R. F., Li, Z., Murphy, K., Norris, J., Chaudhury, M. K. & Good, R. J. ,1993, *Contact Angle, Wettability and Adhesion*, K. L. Mittal (Ed.), VSP, Utrecht, The Netherlands.

Van Gils, S., Van Den Brand, J., Melendres, C. A., Terryn, H., Stijns, E., 2003, Chemical composition of thin oxide films on aluminium studied with infrared and visible spectroscopic ellipsometry, *ATB Metallurgy* 43, pp. 66-71.

Váradi K., Palásti-Kovács B., Czifra A., Néder Z., Kovács K., 3D Characterization of Engineering Surfaces, *Proceedings of Polytechnic Jubilee Conference*, Budapest, 2004.

Xu-hui, Z., Yu. Z., Jing-mao, Z., Jin-ping, X., Yu-ming, T., 2006, A study on the self-sealing process of anodic films on aluminum by EIS, *Surface & Coatings Technology*, 200, pp. 6846–6853.

LITERATURA

Xu, R., Pekarovicova, A. Fleming, P.D, Bliznyuk, V., 2005, <http://www.wmich.edu/pci/faculty/Publication/fleming/Tappi2.pdf> [pristupljeno 12.08.2011]

Whitehead, S.A., Shearer, A.C., Watts, D.C., Wilson, N.H.F., 1999, Comparison of two stylus methods for measuring surface texture, *Dental Materials*, 15, pp. 79–86.

Williams, D.B., Goldstein, J. I., Newbury, D.E., 1995, *X-Ray Spectrometry in Electron Beam Instruments*, Plenun Press, New York.

Young, P. L., Brackbil, T. P., Kandlika, S. G., 2007, Estimating roughness parameters resulting from various machining techniques for fluid flow applications, *Proceedings of the Fifth International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels -ICNMM2007*, June 18-20, Puebla, Mexico.