

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

ZAVRŠNI RAD

Gorana Tomić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: tehničko – tehnološki

ZAVRŠNI RAD

KVALITETA VALOVITOG KARTONA ZA IZRADU
AMBALAŽE

QUALITY OF CORRUGATED BOARD FOR
PACKAGING PRODUCTION

Mentor:
red.prof.dr.sc. Darko Babić

Student:
Gorana Tomić

Zagreb, 2010

SAŽETAK

U ovom završnom radu ispitivat će se tri vrste valovitog peteroslojnog kartona. Svi uzorci materijala koji se ispituju dobiveni su iz tvornice u Belišću, Belišće d.d. Ispitivanja su provedena u prostorijama Katedre za projektiranje i doradu na Grafičkom fakultetu u Zagrebu.

Izvršena su četiri ispitivanja mehaničke otpornosti valovitog kartona. Ispitana je otpornost valovitog kartona na dinamičko probijanje (PT – puncture test), otpornost na ravnu tlačnu silu (FCT – flat crush test), otpornost brida na tlačnu silu (ECT – edge crush test) te otpornost valovitog kartona na statičko probijanje (BST - bursting strenght test).

U teorijskom dijelu ovog rada, definiran je sam pojam valovitog kartona, objašnjen njegov razvoj i izrada te sirovine i strojevi zaslužni za njegov nastanak. Objašnjene su prednosti i mane različitih tipova valovitog kartona i ambalaže koja je izrađena od njega, a navedene su i neke činjenice vezane uz tisak na ovakav tip ambalaže.

KLJUČNE RIJEČI

valoviti karton, transportna ambalaža, kartonska kutija, dinamičko probijanje, Mullen test, L&W crush test

ABSTRACT

In this final paper work tree types of corrugated cardboard, double-wall board, were investigated. All samples of materials being tested were obtained from the factory in Belišće, Belišće d.o.o. Tests were conducted on the premises of the Department of projecting and postpressed on the Graphic University in Zagreb.

There were four tests of mechanical resistance of corrugated cardboard. We tested the resistance of corrugated cardboard on the dynamic breaking (PT – puncture test), resistance to compressive force level (FCT – flat crush test), resistance to edge compressive force (ECT – edge crush test) and the resistance of corrugated cardboard on the static bursting (BST – bursting strenght test).

In the theoretical part of this work, we defined the nation of the corrugated cardborad, explained its development and production, raw materials and machinery responsible for its development. Also, we explained the advantages and disadvantages of different types of corrugated cardboard and packaging made from it, and provided some facts related to printing on this type of packaging.

KEY WORDS

corrugated cardboard, transport packaging, carton box, dynamic punching, Mullen test
L & W Crush Test

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. VALOVITI KARTON	3
2.1. VALOVITI KARTON KROZ POVIJEST	3
2.2. SIROVINE ZA IZRADU VALOVITOG KARTONA	5
2.2.1. Papir i karton	5
2.2.2. Ljepila	8
2.3. IZRADA I STROJEVI ZA IZRADU VALOVITOG KARTONA	10
2.4. KONSTRUKCIJA, OZNAKE I DIMENZIJE VALOVA	12
2.5. TIPOVI VALOVITOG PAPIRA I KARTONA	13
2.6. SPECIJALNE VRSTE VALOVITOG KARTONA I SLIČNI MATERIJALI	15
2.6.1. Unakrsna valovita ljepenka	15
2.6.2. Ukoćeno saće	15
2.6.3. Ondulij	16
3. AMBALAŽA OD VALOVITOG KARTONA	17
3.1. TIPOVI I OBLICI AMBALAŽE OD VALOVITOG KARTONA	18
3.1.1. Kutije od valovitog kartona	18
3.1.2. Ostali oblici ambalaže od valovitog kartona	22
3.2. UPOTREBA AMBALAŽE OD VALOVITOG KARTONA	25
3.2.1. Usporedba ambalaže od valovitog kartona s ambalažom od ljepenke	25
3.2.2. Usporedba ambalaže od valovitog kartona s drvenom ambalažom	26
3.2.3. Tisak na ambalažu od valovitog kartona	26

4. ISPITIVANJE KVALITETE VALOVITOG KARTONA	28
4.1. ISPITIVANJE OTPORNOSTI VALOVITOG KATONA PREMA DINAMIČKOM PROBIJANJU (PT – Puncture Test)	30
4.2. ISPITIVANJE OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA NA TLAČNU SILU (CT – Crush Test)	31
4.2.1. RAVNA TLAČNA SILA (FCT - Flat Crush Test)	32
4.2.2. TLAČNA SILA NA BRID (ECT - Edge Crush Test)	33
4.3. ISPITIVANJE OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA PREMA STATIČKOM PROBIJANJU (BST – Bursting Strenght Test)	34
5. REZULTATI ISPITIVANJA	35
5.1. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA PREMA DINAMIČKOM PROBIJANJU	35
5.2. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA NA TLAČNU SILU	36
5.2.1. Rezultati ispitivanja otpornosti valovitog kartona na ravnu tlačnu silu	36
5.2.2. Rezultati ispitivanja otpornosti brida valovitog kartona na tlačnu silu	37
5.3. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA PREMA STATIČKOM PROBIJANJU	38
6. ANALIZA REZULTATA	39
6.1. ANALIZA DINAMIČKOG PROBIJANJA (PT)	40
6.2. ANALIZA TLAČNE SILE (CT)	41
6.2.1. Ravna tlačna sila (FCT)	41
6.2.2. Tlačna sila na brid (ECT)	42
6.3. ANALIZA STATIČKOG PROBIJANJA (BST)	43
7. ZAKLJUČAK	44
8. LITERATURA	46

1. UVOD

Pojam ambalaže ujedinjuje znanost, umjetnost i tehnologiju u svrhu zaštite proizvoda za distribuciju, skladištenje, prodaju i uporabu. Ambalažom, zapravo nazivamo sve ono u čemu je određeni proizvod smješten ili čime je omotan tj. zaštićen. *Ambalaža* se može opisati i kao koordinirani sustav pripremanje robe za transport, skladištenje, logistiku, prodaju i krajnje korištenje. Ukratko, ambalaža sadrži, štiti, čuva, prevozi, informira i prodaje proizvode.

Jako je bitna sama kvaliteta materijala od koje će ambalaža biti potpuno ili djelomično izrađena. Kvaliteta tog materijala izravno utječe na kvalitetu i vrijednost proizvoda koji je upakiran u nju.

Jedan od jako bitnih i sve više prisutnih ambalažnih materijala je i valoviti karton. Zbog toga će u ovom radu bit ispitivana kvaliteta valovitog kartona za izradu ambalaže.

Valoviti karton je materijal koji se sastoji od naizmjenično slijepljenih ravnih i valovitih slojeva papira. S obzirom na broj i omjer valovitih i ravnih slojeva, razlikujemo nekoliko vrsta valovitog kartona.



Slika 1. Presjek različitih ploča valovitog kartona, naslaganih jedna na drugu.

Za ispitivanje kvalitete papira, valovitog kartona i ambalaže od valovitog kartona postoje posebne metode ispitivanja koje su usko povezane s namjenom sirovina ili ambalaže. Dok se kvaliteta papira i valovitog kartona određuje fizikalnim i mehaničkim svojstvima, kvaliteta gotove ambalaže najčešće se određuje utvrđivanjem mehaničkih svojstava.

Kako će ovaj rad biti posvećen prvenstveno kvaliteti valovitog kartona za izradu ambalaže, ispitivat će se njegova različita mehanička svojstva. Bez obzira o kakvim ispitivanjima je riječ, potrebni su posebni uređaji kako bi se omogućilo željeno ispitivanje.

Ispitivat će se otpornost tri različita valovita peteroslojna kartona na dinamičko probijanje (PT – puncture test). Za provedbu ispitivanja koristit će tzv. FRANK punkmetar. Nakon dinamičkog probijanja, na L&W Crush Testeru ispitivat će se tlačna sila; ravna tlačna sila i tlačna sila na brid (FCT – flat crush test i ECT – edge crush test). Bit će napravljen i Mullen test koji govori o otpornosti valovitog kartona na statičko probijanje. Za to ispitivanje koristit će se L&W Bursting Strength Tester (BST).

Za pravilan odabir adekvatnog materijala za izradu ambalaže, potrebno je, osim kvalitete materijala, poznavati i proizvod (težina, manipulacija, transport, skladištenje). Jako je bitno znati odabrati pravu vrstu valovitog kartona kako bi željeni proizvod bio primjereno i sigurno zaštićen. Stoga, od valovitog kartona, najčešće se traži njegova *mehanička postojanost*, koja će ovim radom biti ispitana. Poželjno je dobro suprotstavljanje deformacijama i oštećenju pod utjecajem vanjskih sila koje ga nastoje saviti, izviti, probiti i zdrobiti.

2. VALOVITI KARTON

Valoviti karton je materijal koji se sastoji od naizmjenično slijepljenih ravnih i valovitih slojeva papira. Razlikujemo dvoslojni, troslojni, peteroslojni i sedmeroslojni valoviti karton. Valovi unutar valovitog kartona mogu biti veći ili grubi, fini ili sitni, a izrađuju se od fluting papira (izrađenog od sirovina kao što je otpadni papir, drvenjača, nebijeljena celuloza, slama, otpadna celuloza u proizvodnji papira i sl.). Gornji i donji slojevi valovitog kartona rade se od bijeljenih papira, nebijeljenih sulfatnih (kraft) papira, papira od poluceluloze, slame i šrenc papira (izrađenog od otpadnog papira, ljepenki i novinskog papira).

Razvojem tehnologije prerade papira, tiska i dorade, područja primjene valovitog kartona sve su šira. Najčešće ga koristimo za izradu ambalaže, ali može poslužiti npr. i kao materijal za izolaciju.

2.1. VALOVITI KARTON KROZ POVIJEST

Valoviti karton patentiran je 1856. godine u Engleskoj. Patentirali su ga *E.C. Healey* i *E.E. Allen*. No, kao takav nije se upotrebljavao za pakovanje, već je bio naborani papir pogodan za jastučenje i vrpce u šeširima.

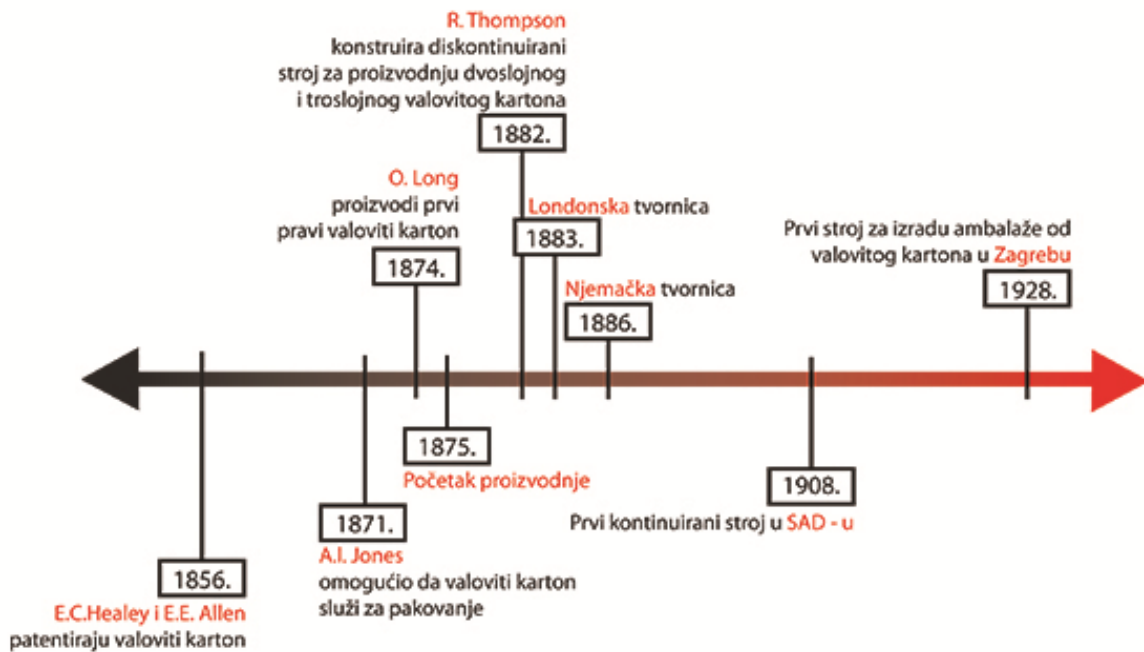


Slika 2. Čvrstoća naboranog ovratnika bila je inspiracija za sam izum valovitog kartona.

Nakon 15 godina, 1871. *A.L. Jones* u New Yorku je patentirao valoviti materijal koji je služio za pakovanje. Točnije, od njega su se izrađivali tuljci za boce koji su omogućili zaštitu boca pri transportu.

1874. godine *Oliver Long* patentirao je prvi pravi valoviti karton – proizvod nastao lijepljenjem jednog valovitog papira na ravni papir (dvoslojni valoviti karton). Godinu dana nakon, započela je proizvodnja, te je ovakav karton služio za pakovanje boca, ali i drugih proizvoda od stakla i keramike.

Robert Thompson i Henry Norris zaslužni su za razvoj proizvodnje unutar SAD - a, ali su također pokušali približiti valoviti karton europskom tržištu. 1882. Robert Thompson izrađuje diskontinuirani stroj za proizvodnju dvoslojnog valovitog papira i troslojnog valovitog kartona. 1883. godine u Londonu je otvorena prva europska tvornica valovitog kartona. Nakon nje, otvorile su se tvornice u Njemačkoj i Francuskoj. 1908. godine u SAD – u je konstruiran prvi stroj koji je proizvodio valoviti karton u kontinuiranom procesu, a 1928. godine u Zagrebu pušten je u rad prvi stroj za izradu ambalaže od valovitog kartona.



Slika 3. Lenta povijesti valovitog kartona.

2.2. SIROVINE ZA IZRADU VALOVITOG KARTONA

Osnovne sirovine za proizvodnju valovitog kartona su papiri i kartoni, različite kvalitete i gramature. Za lijepljenje ravnih slojeva na valovite upotrebljavaju se različita ljepila koja spadaju u pomoćna sredstva.

Boje i sredstva za impregnaciju samo su sredstva za oplemenjivanje papira.

2.2.1. PAPIR I KARTON

Valoviti karton je cijenjeni ambalažni materijal ponajviše zbog svojih dobrih mehaničkih svojstava u odnosu na gramaturu i cijenu.

Prilikom mehaničkih opterećenja, slojevi valovite ljepenke različito se naprežu i zbog toga moraju imati različita mehanička svojstva. Ravni slojevi su najviše napregnuti na vlak pa se koriste papiri velike čvrstoće na vlak (npr. moraju imati jaku otpornost na pucanje - udarce). Valoviti slojevi moraju biti kruti i žilavi te se lako valovito oblikovati, bez pucanja i drugih oštećenja (npr. velika otpornost na gnječenje).

Nadalje, koji će se papir upotrijebiti za izradu valovitog kartona ovisi i o tome kakvoj vrsti ambalaže je namijenjen. Proizvodnja papira se bazira na preradi sirovina različitog podrijetla, drveta i starog papira. Na taj način se dobiju i različite kvalitete gotovog papira koje odgovaraju i osnovnoj namjeni pojedine vrste papira. Pri tom moramo razlikovati valoviti karton namijenjen za izradu transportne ambalaže i valoviti kartona za izradu komercijalne ambalaže.

Ako se izrađuje *transportna ambalaža* upotrebljavaju se papiri većih gramatura u koje najčešće spadaju:

NATRON

Natron papir se najčešće upotrebljava za izradu valovitih kartona kao najkvalitetnija vrsta papira. Dobiva se od sulfatne celuloze, koja može biti bijeljena ili nebijeljena (smeđa). Sulfatna celuloza za izradu natron papira ima dugačka celulozna vlakna te je to i glavna karakteristika natron papira.

Natron papir ima veliku čvrstoću na pucanje, kidanje, istezanje i lomljenje. Jedna strana ovakvog papira uvijek je glatka, a druga hrapava, što omogućava dobru grafičku obradu i dobro lijepljenje. Glatka strana je uvijek vanjska strana na valovitom kartonu, a hrapava unutrašnja i lijepi se s valom. Upravo natron papir i njegova odlična svojstva za izradu valovitog kartona u najvećoj su mjeri istisnuli drvo iz upotrebe za izradu ambalaže

Od svih papira koji služe za izradu valovitog kartona najčešće se oplemenjuje natron papir. Obično se oplemenjuje na vodootpornost ili vodonepropusnost.

PAPIR OD POLUCELULOZE

Papir od poluceluloze upotrebljava se za izradu valova u valovitom kartonu. Sirovinska baza za izradu poluceluloze je drvo slabije kvalitete.

Svojstvo poluceluloznog papira jest da daje val velike čvrstoće. No, osim za izradu vala u valovitom kartonu, ova vrsta papira može se upotrebljavati i za ravni unutrašnji sloj ambalaže od valovitog kartona; ali se taj papir po mehaničkim svojstvima razlikuje od poluceluloznog papira za val.

ŠRENC

Šrenc papir izrađuje se od nesortiranih papirnih otpadaka, jeftinih sredstava za punjenje i neznatne količine celuloze. Šrenc je većinom smeđe ili sive boje. Upotrebljava se za izradu valova valovitog kartona i ravni unutrašnjih slojeva. Po svojim svojstvima slabiji je za val od poluceluloze. Najčešće se upotrebljava u proizvodnji valovitog kartona za izradu kutija slabije kvalitete.

PAPIR OD SLAME

Papir od slame dobiva se alkalnim rastvaranjem stabljika jednogodišnjeg bilja – žitarica. Žute je boje. Iako je jedan od papira najslabije kvalitete, iako se oblikuje i daje čvrstoću valu.

DUPEKS ILI TRIPLEKS KARTON

Dupleks ili tripleks kartoni su višeslojni papiri (dvoslojni ili troslojni) čiji je svaki sloj različitog sastava, boje ili gramature. Obično su građeni tako da je srednji i unutrašnji sloj od slabije celulozne mase, a vanjski sloj od prvoklasne. Najčešće se upotrebljavaju za izradu kvalitetnijeg valovitog kartona.

OSTALI PAPIRI

Od ostalih papira za transportnu ambalažu ponekad se upotrebljavaju omotni bijeli ili obojeni papiri.

Bijeli papir izrađen je od celuloze i upotrebljava se za unutrašnji sloj valovitog kartona, jer ambalaža za transport prehrambenih proizvoda djeluje sasvim drugačije nego da je to šrenc papir pa je takva ambalaža više higijenska. Ako se bijeli papir upotrebljava s vanjske strane valovitog kartona, onda je on pogodan za grafičku obradu tj. tisak.



Slike 4. i 5. Primjeri transportne i komercijalne ambalaže.

Za izradu *komercijalne ambalaže* koriste se svi gore navedeni papiri u nešto manjim gramaturama (do 200g/m²), uz sljedeće papire:

BEZDRVNI

Bezdrveni papir je papir isključivo proizveden iz sulfitne celuloze bez primjese drvenjače. Uvijek se izrađuje strojno gladak, satiniran, bijeli, a može biti i obojen. Koristi se za vanjski sloj na valovitom kartonu jer je pogodan za odličnu grafičku obradu.

SUPERIORI

Omotni superiori papiri su papiri izrađeni od celuloze s najmanje 60% drvenjače ili papirnih otpadaka. Mogu biti smeđe boje, ali su najčešće bijeli. Koriste se također za izradu vanjskog sloja valovitog kartona koji je pogodan za grafičku obradu.

SULFITNI

Sulfitni papir dobiva se od sulfitne celuloze, a sastoji se od različitih postotaka sulfitne celuloze i drvenjače ili celuloze otpadnog papira (uglavnom 30:70). U upotrebu dolazi kao bijeli ili obojani. Najčešće se upotrebljava za izradu vanjskih slojeva valovitog kartona.

HAVANA

Havana papir je celulozni papir teško propustljiv za vodu i mast. Zbog toga se uglavnom upotrebljava za pakiranje slatkiša, kozmetike i sličnih proizvoda. Može biti bijel ili tamno obojen.

PERGAMIN

Pergamin je celulozni papir dobiven obradom sa sumpornom kiselinom. Npropustan je za masnoću i vodu te također može biti bijel ili tamno obojen.

SVE VRSTE OBOJENIH PAPIRA

Ovakve vrste papira daju se lijepo grafički obraditi te se na njima postiže dobra reklama proizvoda. Ovdje dolaze u obzir sve vrste omotnih obojenih papira i drugih.

Oplemenjeni papiri podjednako se mogu upotrijebiti za izradu valovitog kartona za transportnu i komercijalnu ambalažu, no, više se ipak upotrebljavaju za transportnu ambalažu. Oplemenjeni papiri ili kartoni proizvodi su industrije papira koji se u procesu proizvodnje oplemenjuju dodatkom različitih kemijskih spojeva koji služe kao punila, nanosi ili su dodani masi u proizvodnji papira ili kartona. Ovakvi papiri imaju svoje posebne namjene npr. protiv insekata, mikroba, nepropusnost vode i sl.

Mogu se oplemenjivati na više načina:

- u pripremi celulozne mase za dobivanje papira, u masu se dodaju sredstva za postizanje vodootpornosti,
- nanošenjem sredstva na papir (smole, sintetske mase, bitumen, itd.),
- namakanjem papira u otopine koje imaju u sebi sredstva za oplemenjivanje,
- uranjanjem gotove ambalaže u otopinu voska, parafina, smole i sl.

Oplemenjivati se mogu sve vrste papira. Najčešće se oplemenjuju one vrste koje su po svojim svojstvima kvalitetnije za izradu transportne ambalaže od valovitog kartona.



Slika 6. Voskom oplemenjeni papir za čuvanje hrane.

2.2.2. LJEPILA

Na kvalitetu valovitog kartona utječe i izbor ljepila. Čvrstoća slijepljenog mjesta mora biti barem nešto veća od čvrstoće papira, tako da se slijepljeni slojevi ne mogu odvojiti bez kidanja papira. Ljepila ne smiju duboko prodirati u papir, niti se zbog male viskoznosti smiju razlijevati po papiru. Brzina vezivanja mora biti velika i usklađena s brzinom rada stroja za proizvodnju kartona.

Za lijepljenje slojeva valovitog kartona upotrebljava se vodenno staklo i škrobno ljepilo, ali sve više i sintetička ljepila.

Natrij silikat, poznat pod imenom *vodeno staklo*, upotrebljava se u obliku vodene otopine kao ljepilo za lijepljenje papira. Vodeno staklo vrlo dobro i dosta brzo lijepi slojeve valovitog kartona, a jeftinije je od drugih ljepila. Ono pojačava tjemena valova i na taj način povećava čvrstoću valovitog kartona. Osim toga, vrlo je postojano, ne treba ga miješati tijekom upotrebe, kemijski se ne mijenja, ne napadaju ga mikroorganizmi i štetočine. Nema mirisa, nije zapaljivo i nije otrovno. Od loših svojstava vodenog stakla treba spomenuti njegovu higroskopsnost, zbog koje ovo ljepilo u vlažnoj atmosferi može izgubiti moć vezivanja. Osim toga, zbog veće alkalnosti, po zakonskim propisima ne smije se upotrijebiti valoviti karton lijepljen vodenim staklom za izravno pakovanje namirnica.

Škrobno se ljepilo obično priprema od krumpirova škroba, jer on daje prozirno, žilavo i želatinozno ljepilo. Ovo se ljepilo dobije postupnim zagrijavanjem vodene suspenzije škroba uz dodatak natrijeve lužine. Brže se suši od vodenog stakla i omogućava brži rad strojeva za proizvodnju valovite ljepenke. Čvrstoća vezivanja mu je veća nego kod vodenog stakla, a osušeno ljepilo je elastičnije i ne puca prilikom savijanja valovite ljepenke. Osobito je pogodno za lijepljenje tanjih papira, jer se može upotrijebiti s većom viskoznošću, a takvo ljepilo ne

prodire duboko u papir. Može se upotrijebiti za proizvodnju valovitog kartona namijenjenog izravnom pakovanju namirnica. Skuplje je od vodenog stakla, a viskoznost mu se tijekom vremena mijenja.

Sve više se upotrebljavaju *sintetička ljepila* koja se odlikuju velikom brzinom sušenja, čvrstoćom vezivanja i otpornošću prema vodi. Među njima se najčešće upotrebljavaju polivinilacetatno i karbamidformaldehidno ljepilo u obliku vodene disperzije. Polivinilacetatno ljepilo se upotrebljava kao emulzija s relativno visokim postotkom čvrste tvari. U dodiru s papirom brzo "otpušta" vodu pa se odmah lijepi i time postiže veća radna brzina stroja.

Na zahtjev da se izradi ambalaža od valovitog kartona koja je vodootporna i vodonepropusna, trebalo je, uz traženje papira koji će imati takva svojstva, pronaći i ljepila koja će biti vodootporna i vodonepropusna, a uz to izdržati temperature ispod 0°C i preko 20°C.

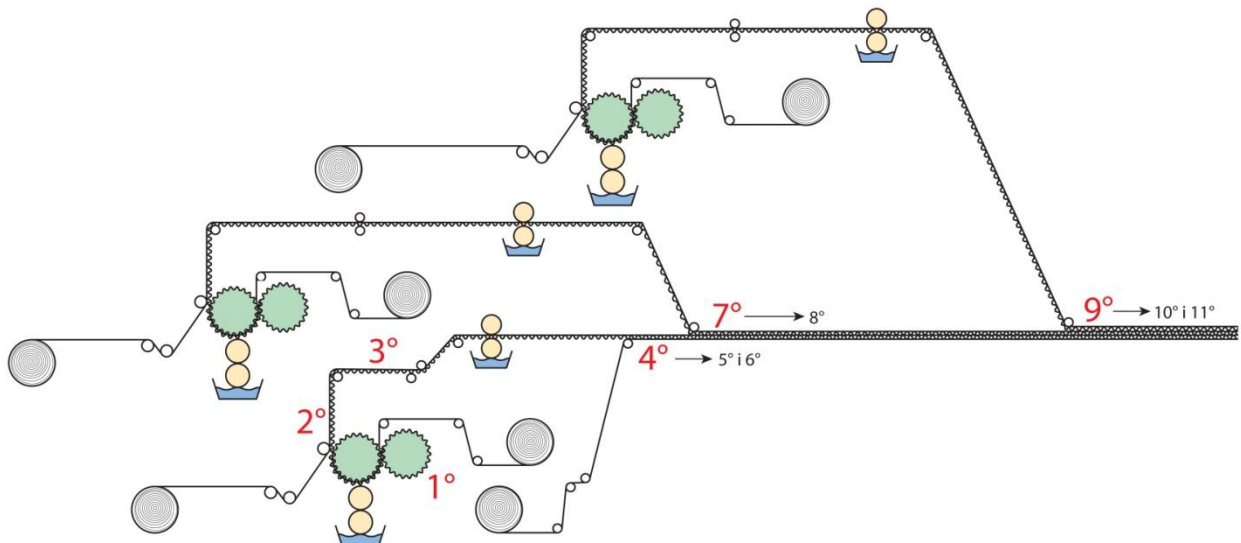
Danas ima više takvih ljepila koji su oplemenjeni formaldehidima, različitim katalizatorima i smolama kojima se ubrzava polimerizacija, nastaj zaštitni sloj i slično.

2.3. IZRADA I STROJEVI ZA IZRADU VALOVITOG KARTONA

Valoviti karton se izrađuje na posebnim strojevima koji se međusobno razlikuju po svojoj radnoj širini i dužini, broju agregata za izradu valova i brzinom prolaska papira kroz stroj.

Ovakvi strojevi rade *kontinuirano* zahvaljujući automatskoj izmjeni rola. Sastoje se od seta strojeva koji se postavljaju u niz kako bi se oblikovao dvoslojni, troslojni, peteroslojni ili sedmeroslojni valoviti karton.

Glavna karakteristika ovih strojeva su njihovi *valjci žljebači* koji se griju vodenom parom te se razlikuju po samoj veličini vala kojeg proizvode. Strojevi za izradu valovitog kartona, sastoje se još od: postolja za role, predgrijača, korita za ljepilo, naprave za savijanje i žlijebljenje, noževa za rezanje, mehanizma za izbacivanje gotovog valovitog kartona, beskonačnih vrpca za prijenos te različitih pomoćnih uređaja kao što su mjerač brzine, komandne ploče za podešavanje temperature, pritiska i dr. Rade s različitim vrstama ljepila tj. škrobnim ili silikonskim.



Slika 7. Prikaz izrade dvoslojnog, troslojnog, peteroslojnog i sedmeroslojnog valovitog kartona na stroju.

Izrada valovitog kartona sastoji se od nekoliko operacija:

- 1° izrada valovitog papira
- 2° sljepljivanje valovitog papira s ravnim papirom (povezivanje)
- 3° nastanak dvoslojnog valovitog papira koji se reže po dužini i širini ili se iz njega izrađuje troslojni valoviti karton
- 4° sljepljivanje dvoslojnog valovitog papira s ravnim papirom što rezultira nastankom troslojnog valovitog kartona
- 5° sušenje i hlađenje valovitog kartona
- 6° rezanje dobivenog troslojnog valovitog kartona na definiranu dužinu i širinu

7° peteroslojni valoviti karton izrađuje se povezivanjem i sljepljivanjem ravnog papira s dva dvoslojna valovita papira

8° rezanje dobivenog peteroslojnog kartona na željenu širinu i dužinu ili izrada sedmeroslojnog valovitog kartona

9° sedmeroslojni valoviti karton nastaje povezivanjem peteroslojnog valovitog kartona s dvoslojnim valovitim papirom preko ravnog papira

10° rezanje sedmeroslojnog valovitog kartona na potrebnu širinu i dužinu

11° otpremanje gotovog valovitog kartona tj. ploča

Papir koji koristimo ne smije biti ni previše suh ni previše vlažan kako bi se omogućilo dobro lijepljenje. U većini slučajeva optimalna je vlažnost od 7%.

Sušenje papira pri lijepljenju obavlja se valjcima koji su zagrijani na temperaturu od 160°C do 180°C. Oni omogućavaju uklanjanje suviška vode iz ljepila. Sušni agregati imaju nešto nižu temperaturu.

Kada je valoviti karton gotov, reže se na željeni format. Prvo se reže okomito, a nakon toga paralelno u odnosu na val. Nakon toga, ploče se sortiraju na drvenim stalcima kako bi sušenje bilo potpuno ili idu na daljnju obradu.

Postoje i strojevi koji kompletno pripremaju valoviti karton za izradu ambalaže. Nazivaju se *sloterima* (eng. "slotter"). Na njima se vrši žlijebljenje koje služi za pregibanje kutija, izrezivanje proreza, rezanje i tisak.



Slika 8. Stroj za izradu troslojnog i peteroslojnog valovitog kartona.

2.4. KONSTRUKCIJA, OZNAKE I DIMENZIJE VALOVA

Osim izbora papira na kvalitetu valovitog kartona veliki utjecaj imaju oblik i dimenzije valova. O njima ovise najvažnija mehanička svojstva, a osobito čvrstoća na savijanje, izvijanje, probijanje i elastičnost. Valovi imaju oblik sinusoide, a tjemena valova se lijepljenjem pričvrste za ravni papir.

Tablica 1. Vrste vala i dimenzije prema DIN - u.

OZNAKA VALA	NAZIV VALA	VISINA (mm)	DULJINA (mm)
A	grubi val	4.0 – 4.8	8.0 – 9.5
B	mali val	2.2 – 3.0	5.5 – 6.5
C	veliki val	3.2 – 3.9	6.8 – 7.9
E	mikroval	1.0 – 1.8	3.0 – 3.5

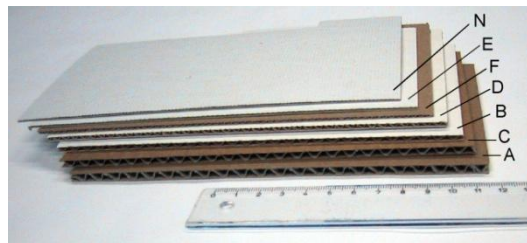
Val A ima malu čvrstoću na tlak, ali najbolje ublažava dinamička opterećenja okomita na površinu ljepenke tj. najbolje amortizira udarce. U smjeru pružanja vala ima najveću čvrstoću na savijanje i izvijanje, a u smjeru okomitom na smjer pružanja najmanju. Osim toga, ovaj val pruža i najveću čvrstoću na probijanje. Zbog svega navedenoga, upotrebljava se za pakiranje proizvoda koji su jako osjetljivi na udarce za vrijeme transporta i skladištenja. Od njega se izrađuje ambalaža za staklene i keramičke proizvode te uređaje i aparate osjetljive na udarce.

Val B ima veliku čvrstoću na tlak, ali slabo amortizira dinamička opterećenja. Ovakvi valovi imaju manju čvrstoću na savijanje i izvijanje u smjeru pružanja valova, ali je zato čvrstoća na savijanje i izvijanje u okomitom smjeru na smjer pružanja valova prilično velika u odnosu prema istoj čvrstoći kartona s većim valom.

Val C je pokušaj spajanja svojstava valova A i B. Po svojim mehaničkim svojstvima i dimenzijama, val C, je između valova A i B. Dakle, ne ističe se po velikoj čvrstoći na tlak ni po velikoj čvrstoći na savijanje i izvijanje.

Val E se upotrebljava pri izradi komercijalne tj. prodajne ambalaže. Val E je najniži val i ima najveću čvrstoću na tlak i najmanju čvrstoću na savijanje i izvijanje.

Osim navedenih profila, postoje još i grublji i manji profili valovitog kartona (npr. F val).



Slika 9. Troslojni valoviti kartoni izrađeni od različitih vrsta valova.

2.5. TIPOVI VALOVITOG PAPIRA I KARTONA

Valoviti karton je proizvod od papira koji se dobiva sljepljivanjem valovitog papira s ravnim papirom u cjelinu. S obzirom na broj valovitih i ravnih papira, valovite papire i kartone dijelimo na:

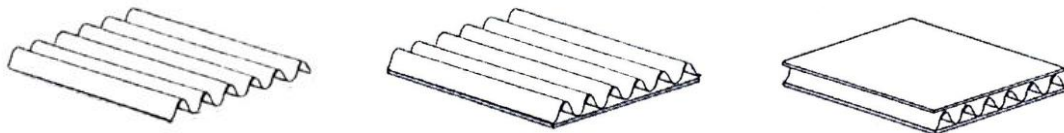
- VALOVITE PAPIRE:
jednoslojni valoviti papir,
dvoslojni valoviti papir.
- VALOVITE KARTONE:
troslojni valoviti karton,
peteroslojni valoviti karton,
sedmeroslojni valoviti karton.

JEDNOSLOJNI VALOVITI PAPIR

Dobiva se od papira u rolama na žljebastim valjcima. Veličina valova ovisi o visini i dubini žljebova na valjcima. Širina i dužina ovise o radnoj širini stroja i dužini role papira. Proizvodi se od različitih vrsta papira, kvaliteta i gramatura, ovisno o namjeni. Isporučuju se u rolama.

DVOSLOJNI VALOVITI PAPIR

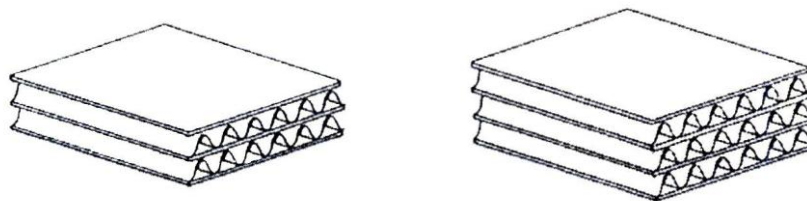
Razlika između jednoslojnog i dvoslojnog valovitog papira je u tome što ovaj ima dodatni ravni sloj koji je slijepljen s valovitim papirom. Lako se savija u smjeru pružanja vala. Koristi se za jastučenje različite robe (npr. omatanje boca i drugih roba osjetljivih na dinamička naprezanja). Najčešće se izrađuje s valom A, ali se može izrađivati i od B ili C vala. Najčešće se isporučuje u rolama, rjeđe u pločama.



Slika 10. Jednoslojni valoviti papir, dvoslojni i troslojni valoviti karton.

TROSLOJNI VALOVITI KARTON

To je zapravo jednovalni karton koji se dobiva tako da se na dvoslojni valoviti papir naljepljuje još jedan sloj ravnog papira. Za razliku od prethodnog, nije savitljiv već ima svoju čvrstoću i krutost. Koristi se za izradu transportnih i komercijalnih tj. prodajnih kutija, za pakiranje lakših osjetljivih roba, za izradu pregrada i uložaka, pakiranje proizvoda koji su osjetljivi na udarce izvana ili za zaštitu od međusobnih unutrašnjih dodira. To je najkorištenija varijanta i najčešće se izrađuje s valom A. Ako se koristi za teže i manje osjetljive robe, koristi se i val B. Ponekad se koristi i val E, ako govorimo o komercijalnoj ambalaži. Proizvodi se i isporučuje u pločama.



Slika 11. Peteroslojni i sedmeroslojni valoviti karton.

PETEROSLOJNI VALOVITI KARTON

Peteroslojni valoviti karton je dvovalni karton koji se sastoji od pet papira slijepljenih u cjelinu, tj. sastoji se od tri ravna i dva valovita sloja. Valoviti papiri se nalaze između dva vanjska i jednog unutrašnjeg papira. Oni su većinom različitih profila. Najčešće se upotrebljava A ili B val u kombinaciji s C valom. Peteroslojni valoviti karton ima bolja mehanička svojstva od troslojnog, čvršći je i teži po kvadratnom metru. Kao i troslojni, koristi se za izradu transportne ambalaže za pakiranje teže robe, ali i za izradu svih vrsta kutija za pakiranje i unutrašnju zaštitu proizvoda osjetljivih na lom. Proizvodi se i isporučuje u pločama.

SEDMEROSLOJNI VALOVITI KARTON

Sedmeroslojni valoviti karton spada u trovalni karton koji ima sedam slijepljenih slojeva. Ima četiri ravna i tri valovita sloja koji su čvrsto spojeni. Valovi mogu biti različitih ili istih visina. Za izradu se koriste sve vrste valova osim najmanjeg val – E. Ovaj karton je najčvršći i najteži od svih, uopće nije savitljiv te se teško probija. Svojstvo krutosti daje mu osobine drveta te zbog toga često zamjenjuje drvenu ambalažu. Ambalaža izrađena od sedmeroslojnog valovitog kartona služi samo za pakiranje teških uređaja i strojeva. Proizvodi se i isporučuje u pločama

2.6. SPECIJALNE VRSTE VALOVITOG KARTONA I SLIČNI MATERIJALI

Osim običnog valovitog kartona danas se od papira proizvode još neki ambalažni materijali koji su po nekim svojim svojstvima i namjeni slični valovitom kartonu. Od tiha materijala, najvažniji su: unakrsna valovita ljepenka, ukočeno saće i ondulij.

2.6.1. UNAKRSNA VALOVITA LJEPENKA

Unakrsna valovita ljepenka proizvodi se kao četveroslojna, peteroslojna i sedmeroslojna. Četveroslojna valovita ljepenka ima dva valovita sloja koja su međusobno slijepljena tako da im se valovi sijeku pod pravim kutom, a s jedne i druge strane ovih slojeva prilijepljen je ravni papir. Peteroslojna unakrsna valovita ljepenka razlikuje se od prethodne samo po tome što ima još jedan ravni sloj papira koji se nalazi između dva valovita međusobno ukrštena sloja. Sedmeroslojna unakrsna valovita ljepenka ima tri valovita sloja međusobno ukrštena, između njih dva ravna međusloja i još dva površinska sloja papira.

Ukrštena valovita ljepenka ne upotrebljava se tako često zbog cijene i zbog toga što se od nje teško proizvode složive kutije. Uglavnom se koristi za izradu ambalaže za voće i povrće ili kao ambalaža za posebno tešku robu. Kod takvih ambalaža kombinira se s drvom i služi kao zamjena za daske.



Slike 12., 13. i 14. *Unakrsna valovita ljepenka. ukočeno saće i ondulij.*

2.6.2. UKOČENO SAĆE

Ukočeno saće je nešto noviji ambalažni materijal kod kojeg središnji dio ima oblik saća, a na njega su s jedne i druge strane nalijepljeni ravni papiri. Saće se dobiva lijepljenjem uskih i dugih papirnih traka na određenim mjestima, tako da se razvlačenjem slijepljenih traka dobije saće šesterokutnog presjeka. Širina traka je prilagođena debljini ukočenog saća.

Ukočeno saće ima izvanredna mehanička svojstva, pa se upotrebljava za proizvodnju transportne ambalaže namijenjene teškim robama, u kombinaciji s drvom. Sve se više upotrebljava i za izradu jastuka za jastučenje teške robe.

2.6.3. ONDULIJ

Ondulij se dobiva međusobnim spajanjem dvaju valovitih papira, i to tako da im se tjemena valova slijepe. To je vrlo elastičan materijal te se zbog toga upotrebljava, kao i dvoslojni papir, za omatanje boca prije pakovanja u transportnu ambalažu i tako služi za ublažavanje dinamičkog naprezanja robe.

3. AMBALAŽA OD VALOVITOG KARTONA

Prvi valoviti karton najviše se upotrebljavao za jastučenje i transport boca u farmaceutskoj i kemijskoj industriji, industriji alkoholnih pića i proizvodnji vina. Osim toga, primjenu je našao i prilikom slanja ostalih proizvoda u komercijalnoj ambalaži od stakla.

Ambalaža od valovitog kartona podjednako se upotrebljava u svim vrstama prometa, no to nije uvijek bilo tako. Na samom početku njezinog razvoja, željezničke uprave nisu htjele uzimati na prijevoz proizvode upakirane u ambalažu od valovitog kartona. Osim što su se tome odupirale željeznice, posebni otpor pružali su proizvođači drvene ambalaže.

1914. godine SAD je prvi potpuno priznao ambalažu od valovitog kartona. Isto priznanje, u Europi, stiglo je tek oko 1955. godine. Naše željeznice, prihvatile su valoviti karton 1962. godine.



Slika 15. Svjetska raširenost ambalaže od valovitog kartona pri transportu.

Zbog kvalitete i pouzdanosti te privlačnosti kod kupaca, ambalaža od valovitog kartona danas ima široku namjenu i u tome, zapravo, nema limita.

Dakle, ambalaža od valovitog kartona omogućava najkvalitetniju zaštitu robe na putu od proizvođača, preko skladišta i trgovine, do krajnjeg kupca. Ovakva ambalaža udovoljava visokim ekološkim standardima, omogućava racionalno prostorno spremanje proizvoda, a vrhunskom konstrukcijom i čvrstoćom materijala daje sigurnost prilikom transporta gotovih proizvoda. Posebnu vrijednost daje kvalitetan tisak i atraktivni dizajn ambalaže koji privlači pozornost kupaca i povećava vrijednost krajnjeg proizvoda, a lako je ostvariv. Tisak na ovu vrstu ambalaže najčešće se ostvaruje fleksotiskom ili offset tiskom. Zbog svega navedenoga, ambalaža od valovitog kartona može biti transportna, štancana i komercijalna.

3.1. TIPOVI I OBLICI AMBALAŽE OD VALOVITOG KARTONA

Postoji više tipova, oblika i izvedbi ambalaže od valovitog kartona. Sam tip i oblik ambalaže od valovitog kartona ovisi o prirodi i obliku proizvoda, namjeni ambalaže s obzirom na uvjete transporta i skladištenja te o zahtjevima potrošača.

3.1.1. KUTIJE OD VALOVITOG KARTONA

U najzastupljeniju vrstu ambalaže od valovitog kartona spadaju različiti oblici *kutija*. Kutije od valovitog kartona, s obzirom na tip, mogu se podijeliti na:

- složive kutije,
- provlačne kutije,
- teleskop kutije,
- savijene kutije,
- učvršćene kutije,
- kutije posebnih izvedbi.

Složive, provlačne i savijene kutije prije upotrebe su složene kao "ploče" te tako zauzimaju malo prostora. Ostale navedene kutije uglavnom dolaze kao već složene pa im se time otežav transport.

SLOŽIVE KUTIJE

U ovu vrstu kutija spadaju kutije tipa amerika i slične kutije. Takve kutije možemo još nazvati i preklopivim kutijama. Sve one, u osnovi su jako slične, pa im glavnu razliku predstavlja tip valovitog kartona tj. omjer ravnih i valovitih slojeva te vrsta i kvaliteta papira od kojeg su izrađene. Osim po tome, još se razlikuju i po svojim preklopnicama. Tako se vanjske i unutrašnje preklopnice međusobno mogu dodirivati ili ne, preklapati se, biti spojene čeličnim spojnicama, ljepilom, ili najčešće, ljepljivom vrpcom.



Slike 16. i 17. Bijela preklopna jednovalna kutija i smeđa varijabilna jednovalna kutija.

Danas postoje i kutije koje na sebi imaju ugrađene tzv. SL zatvarače sa čvrstim ljepilom pa nije potrebno upotrebljavati ljepljivu vrpcu. Nerijetko se javljaju i kutije s automatskim dnom koje su brzo sklopive te imaju praktični utični zatvarač.

Ovakve kutije lako se formiraju, a mogu biti prilagođene posebnim zahtjevima (npr. imati ugrađene pregrade u obliku saća i sl.).

Također, postoje preklopne kutije varijabilne visine. Takve kutije imaju utore na određenom razmaku (ugl. 10 mm) i time štede prostor potreban za skladištenje različitih formata kutija.

PROVLAČNE KUTIJE

Ovakve kutije upotrebljavaju se za pakovanje težih proizvoda ili proizvoda kojima je potrebna bolja zaštita. Provlaka za kutiju najčešće je izrađena od valovitog kartona od kojeg je izrađena i kutija te se navlači na kutiju. Provlačna kutija može biti učvršćena za provlaku ili ne, ovisno o namjeni.

Postoje i provlačne kutije koje se sastoje od tri djela, točnije jednog omotnog i dva provlačna dijela. Takva kutija je sva sastavljena od dvostrukih slojeva valovitog kartona, jer joj se provlačni dijelovi postavljaju u suprotnim smjerovima.

Provlačne kutije mogu biti obložene različitim vrstama materijala, kao što je npr. pjenom od poliuretana. Takva pjena prekriva unutrašnju stranu omotnog dijela provlačne kutije.



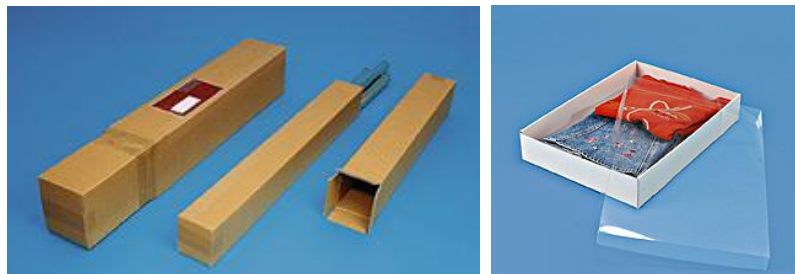
Slika 18. Provlačna kutija s pjenom od poliuretana.

TELESKOP KUTIJE

Teleskop kutije su kutije koje se sastoje od dva dijela istih ili različitih visina. To su zapravo dva pokriva koji ulaze jedan u drugi. Takav mehanizam omogućava varijabilnost volumena.

Najčešće se zatvaraju ljepljivom trakom ili različitim vrstama vrpce.

Ovakve vrste kutija mogu imati i prozirne poklopce te su kao takve primjenjuju za pakiranje darova ili služe kao jedan od oblika komercijalne ambalaže.

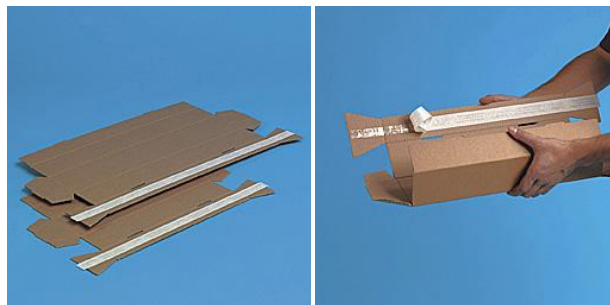


Slike 19. i 20. Teleskopska kutija pogodna za različite duljine te komercijalna teleskop kutija s prozirnim poklopcem.

SAVIJENE KUTIJE

Ovakva kutija dobiva se savijanjem ploče od valovitog kartona uz istodobno spajanje i zatvaranje ljepljivim vrpicama ili čeličnim spojnicama. Mogu biti izrađene od jednog, dva ili tri savijena dijela te se spajati na sredini ili jednom od rubova.

Ovakve kutije često se koriste u poštanskom prometu. Izrađene su tako da ne gube oblik i zbog toga su prikladne za otpremu planova, folija, postera, registratora i sl. Na sebi mogu imati i dodatne SL zatvarače i perforacije koje će pomoći pri otvaranju. Postoje i savijene kutije koje se prilagođavaju debljini sadržaja.



Slike 21. i 22. Jednostavne savijene kutije s SL zatvaračem i perforacijama za lakše otvaranje.

UČVRŠĆENE KUTIJE

Za proizvode koji su posebno teški koriste se ovakve kutije. One imaju spojene strane i dno. Spajaju se čeličnim spojnicama. Izrađene su od tri komada valovitog kartona, tijela i dviju bočnih strana.



Slika 23. Učvršćena kutija s odvojivim poklopcem.

KUTIJE POSEBNIH IZVEDBI

Ovakve kutije najčešće se izrađuju kombinacijom štancanjem i perforiranja, često su patentirane te uvijek imaju posebnu namjenu neovisno o tome da li se radi o transportnoj ili komercijalnoj ambalaži.

Štancane kutije izrađuju se po želji, prirodi i obliku proizvoda, a troše minimalne količine valovitog kartona. Ova vrsta ambalaže našla je primjenu pri pakiranju svih vrsta voća i povrća, jer otvorene ili zatvorene kutije od valovitog kartona uspješno zamjenjuju drvenu ambalažu (tzv. letvarice).



Slike 24., 25. i 26. Štancana kutija za pakiranje voća, kutija s dvostrukim dnom i šesterokutna kutija.

Kutije s dvostrukim dnom sastoje se od plašta kutije i dva dna od kojih jedan predstavlja dno, a drugi gornji dio kutije. Zadebljanja koja nastaju na mjestu spajanja dna s plaštem kutije služe kao zaštita.

Višekutne kutije od valovitog kartona izrađuju se kao i kutije s dva dna, a jedina razlika im je u broju stranica koji je veći od četiri.

U posebne oblike kutija spadaju i *kutije za opasne tvari*. Vanjske stranice ovakvih kutija obložene su hidrofobnim slojem.



Slike 27. i 28. *Kutije za opasne tvari i brzoklopive kutije.*

Postoje i *brzo sklopive kutije*, složive u jednom potezu bez potrebe za lijepljenjem. Posebno fiksiranje omogućava savijanje stranica nakon slaganja. Poklopac je odvojiv i zbog toga omogućava podešavanje visine tj. volumena.

Naravno, uz nabrojene kutije, postoji još niz različitih *kutiji posebnih izvedbi*. To su: kutije za selidbu s ugrađenim ručkama i kuvertama, kutije za odjeću s ugrađenim prečkama za vješanje odjeće, skrojene kutije, arhivske kutije, skladišne, različite poklon kutije, kutije ojačane drvom i slično.



Slike 29., 30., 31. i 32. *Kutije za selidbu, kutije za odjeću, arhivske kutije i jastučaste poklon kutije.*

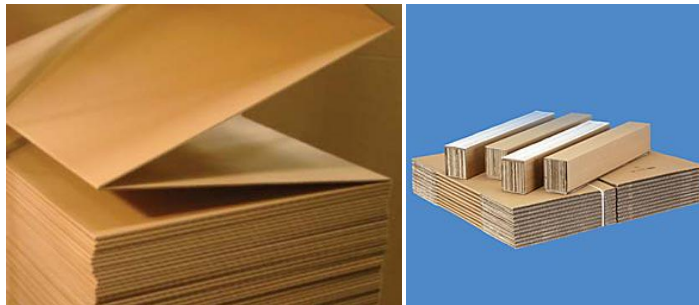
3.1.2. OSTALI OBLICI AMBALAŽE OD VALOVITOG KARTONA

BESKONAČNI VALOVITI KARTON

Najbolje rješenje za dugačke, glomazne i proizvode posebnih formata je beskonačni valoviti karton koji se reže prema želji. On je pogodan i za podlaganje paleta, stavljanje na njih ili između njih.

Valoviti karton također možemo upotrijebiti i za formiranje *nožica za palete*. Njihova opteretivost ovisi o njihovoj građi. Na njihovoj površini mogu se nalaziti i samoljepljive površine koje omogućavaju brzo i jednostavno pričvršćivanje.

Od valovitog kartona lako se formiraju štitnici za uglove, ulošci i pregrade za posebne namjene.



Slike 33. i 34. Beskonačni valoviti karton i nožice za paletu od valovitog kartona .

ONDUELL

Postoji materijal nalik valovitom kartonu koji se isporučuje u rolama. To je blago valoviti karton koji štiti površine, a ujedno je fleksibilan. On svojom cijelom duljinom ima poprečne utore koji omogućavaju savijanje u svim smjerovima bez kidanja i dobro se prilagođava pakovini.



Slike 35. i 36. Onduwell i packwell.

PACKWELL

Elastičan omot za široku primjenu naziva se packwellom. On dobro obuhvaća i proizvode nepravilna oblika. Oblaže ih i štiti od udaraca. Može biti različitih dimenzija, promjera, boja i oblika.

MAPE

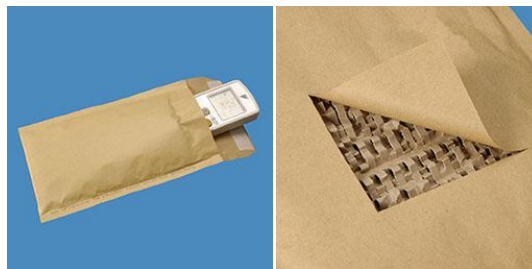
Za pakiranje plosnatih proizvoda kao što su CD-i, kalendari, mape i dokumenti, koriste se mape od valovitog kartona. One na sebi najčešće imaju utične zatvarače za jednostavno zatvaranje i otvaranje.



Slika 37. Mapa od valovitog kartona s utičnim zatvaračem.

KUVERTE

Mikrovalni karton koristi se i za formiranje kuverti koje služe za otpremu težih tiskanica, dokumenata, plosnatih metalnih dijelova i slično. Otporne su na izvijanje, imaju bočne utore za varijabilnu visinu punjenja, čvrsto prijanjajući SL zatvarač i praktične perforacije za otkidanje. Postoje i kuverte koje su izrađene od kraft papira, ali imaju ispunu od valovitog papira koja pruža dodatnu zaštitu.



Slika 38. Kuverta s ispunom od valovitog kartona.

POLICE

Postoje police i pretinci od valovitog karton koje omogućavaju lakše organiziranje dokumenata. Mogu biti okomite ili vodoravne, jednostavno se slažu i pružaju veliku stabilnost zahvaljujući svojoj konstrukciji.



Slika 39. Police od valovitog kartona.

PROMOTIVNI STALCI (DISPLAY-i)

Predstavljaju dobar način za promoviranje i isticanje proizvoda unutar velikih trgovačkih centara. Izrađeni su od valovitog kartona te su na njima uvijek otisnuti različiti reklamni motivi. Tisak može biti direktan na materijal ili se može tiskati na samoljepljivu foliju koja se kasnije kašira na materijal.



Slike 40., 41., 42. i 43. Četiri različite vrste promotivnih stalaka od valovite ljepenke tzv. display-a.

KUTIJE ZA CUBITAINER

Cubitainer ima na sebi otvor za ulijevanje i izlivanje tekućine te je smješten u kutije od valovitog kartona istog oblika i veličine. Kutije za cubitainer imaju perforirani dio koji omogućava da se slavina cubitainera izvadi.



Slika 44. Kutija za cubitainer.

VREĆICE I POKLON KUTIJE

Prilikom darivanja na raspolaganju su različite poklon kutije i vrećice od valovitog kartona. Ambalaža za darivanje najčešće se izrađuje u različitim bojama i s otisnutim motivima. Tako možemo razlikovati jastučaste kutije, poklon vrećice za boce, drvene sklopive kutije s unutrašnjom kutijom od valovitog kartona, kutije za nošenje boca elegantne izvedbe s ručkom za nošenje, zaštitne kutije za boce u kombinaciji s polistirolom i slično.



Slike 45., 46. i 47. Kutija za vino od kombinacije drva i valovitog kartona, kutija od valovitog kartona za med i vino.

3.2. UPOTREBA AMBALAŽE OD VALOVITOG KARTONA

Razvojem tehnologije razvili su se i *laserski rezači* (ploteri). Njima je omogućeno kreiranja i izrađivanja ambalažnih kutija na kompjuteru, pomoću odgovarajućeg programa koji omogućava podešavanje rezača. Sada se jedan uzorak od valovite ljepenke može izraditi u manje od jedne minute. Time je bitno smanjeno vrijeme potrebno za kreiranje ovog tipa ambalaže te se tako uvelike povećala potražnja za ovom vrstom ambalaže. Također, automatizacijom pakiranja u ambalažu od valovitog kartona, svakim danom povećava se broj proizvoda koji se pakiraju u ovu vrstu ambalaže.



Slika 48. Laserski rezač – ploter za valoviti karton.

Razvojem ambalaže od valovitog kartona, takva ambalaže je ponajviše smanjila upotrebu drvene i ambalaže izrađene od ljepenke.

3.2.1. USPOREDBA AMBALAŽE OD VALOVITOG KARTONA S AMBALAŽOM OD LJEPENKE

U odnosu na ambalažu od ljepenke, ambalaža od valovitog kartona ima određene prednosti, ali i nedostatke. Za razliku od ljepenke, valoviti karton je mekan, savitljivi elastični materijal koji se lako probija i obrađuje te kompenzira vanjske udarce. Također, ambalaža od valovitog kartona se brže priprema i zatvara, bolje štiti proizvode od vanjskih udaraca, ima mogućnost bolje grafičke obrade i reklame proizvoda. Pakiranje u ambalažu od valovitog kartona je ekonomičnije i praktičnije u odnosu na pakiranje u ambalažu od ljepenke. Ipak, upotreba ovakve ambalaže otežana je u uvjetima vlažnosti, nije otporna na grub transport i rukovanje, lakše se probija od ljepenke i u dodiru s drugim vrstama ambalaže može se lako oštetiti ako se ne pazi na propisno uskladištenje.

3.2.2. USPOREDBA AMBALAŽE OD VALOVITOG KARTONA S DRVENOM AMBALAŽOM

Ambalaža od valovitog kartona postepeno je zamjenjivala drvenu ambalažu te ju je danas gotovo potpuno zamijenila zahvaljujući velikom broju prednosti u odnosu na drvenu ambalažu. Tako je ambalaža od valovitog kartona znatno lakša, zauzima manje prostora pri transportu i skladištenju te ima manje transportne troškove. Ambalažom od valovitog kartona lakše se rukuje, lakše uklapa u sistem paletizacije te olakšava unutrašnji transport. Također, ovakvu ambalažu lakše je likovno i grafički oblikovati, racionalnije izraditi i bolje zaštititi od nasilnog otvaranja. Valoviti karton pruža čišće pakovanje, bolju unutrašnju zaštitu proizvoda, drugačija mehanička svojstva i slično. Za razliku od drvene ambalaže, ona je nepovratna i ekonomičnija.

3.2.3. TISAK NA AMBALAŽU OD VALOVITOG KARTONA

Prilikom odabira ambalaže za određeni proizvod, u obzir se uzima vrsta proizvoda, njegova težina, vrsta transporta i slično. Ako govorimo o komercijalnoj ambalaži, pri odabiru takve ambalaže treba paziti i na to da ona privuče kupca bolje od konkurentske, *dizajnom* istakne prednost proizvoda te ambalažu napravi drugačijom od drugih. Treba voditi računa o tome da dobar dizajn može prodati lošu robu, ali samo jedanput. Nasuprot tome, loše odabrani materijal i loše izveden dizajn mogu uvelike naštetiti ili čak uništiti u osnovi dobar proizvod.



Slike 49. i 50. Obavezni natpisi – tisak na različitim vrstama ambalaže.

Tekst na ambalaži mora sadržavati sljedeće podatke: naziv proizvoda, naziv i adresu proizvođača, naziv komponenti sadržaja i njihovo pojedinačno učešće izraženo u propisanim mjernim jedinicama, težinu, dimenzije, količinu, rok trajanja, upute za upotrebu i ostali tekst zahtjevan od strane proizvođača.

Reklama proizvoda na ambalaži od valovitog kartona ne smije biti takva da nametljivo odvraća pažnju od drugih oznaka, posebno od znakova o rukovanju. Zbog toga se reklamni dio mora uklopiti u likovno rješenje cijele ambalaže.

Valoviti karton izrađen je od papira. Što je kvaliteta papira na koji se nanosi sloj boje bolja, to je i tisak bolji. Upravo je zbog toga valoviti karton pogodan za različita likovna rješenja i grafičku obradu.

Razvojem tehnologije, boja i materijala, danas je moguće gotovo bilo kojom tehnikom tiska tiskati na valoviti karton i ambalažu od valovitog kartona. Ipak, najzastupljenija je tehnika visokog tiska - fleksotiska ili eventualno plošnog - offseta.

Danas je *fleksotisak* jako zastupljena tehnika tiska koja je još uvijek u razvoju, ali svojom ekspanzijom konkurira ostalim tehnikama tiska. Nudi nižu cijenu i veću brzinu izrade tiskovne forme, dok kvalitetom ne zaostaje u toj mjeri da gubi na konkurentnosti. Iako se ova vrsta tiska primjenjuje u različitim domenama grafičke proizvodnje, u novije vrijeme, specijalizirao se kao ambalažni tisak.



Slika 51. *Fleksotisak na ambalaži od valovitog kartona.*

Najveći problem prilikom tiska na valovite kartone, predstavlja pojava efekta "mokre daske" tj. pruga. Tisak na valovitim kartonima bez pojave pruga zavisi o četiri parametra:

- Vlaženju araka u slojevima valovitog kartona tijekom procesa proizvodnje,
- prevelikom rastezanju pokrivnog papira koji čini gornji sloj,
- dijelovima valovitog kartona,
- geometriji glave valova.

Povećanjem temperature tzv. efekt "mokre daske" se neznatno pogoršava. Glavni faktor koji utječe na rastezanje i deformaciju valova je ipak voda, koja se nanosi u nanosu ljepila. Također i struktura ljepila, koje se razvlači u duge niti, narušava strukturu; a ne poboljšava ljepljivost. Takve duge niti se rasprskavaju u sićušne dijelove koji kao kiša padaju na donju stranu valovitog kartona uslijed čega se povisuje vlažnost unutar kartona. Efekt "mokre daske" nastaje i zbog lošeg zagrijavanja pokrivnog papira.

Da bi izrezani arci valovitog kartona zadržali ravninu, moraju se kondicionirati pomoću temperature koju stvaraju odgovarajući infracrveni (IR) grijači kojima se isušuje višak vlage.

Snažan napredak u izradi valovitih kartona učinile su kombinacije B/E, E/E i E/F valova. Naročito visoku čvrstoću i istovremeno vrlo dobre tiskovne sposobnosti imaju valoviti kartoni kod kojih se kombiniraju F i C valovi.

Dobro dizajnirana ambalaža gotovo uvijek privlači pažnju kupaca. Najveću ulogu u izgledu ambalaže ima kvaliteta odabranog materijala tj. odabir tiskovne podloge i kvaliteta samog tiska.

4. ISPITIVANJE KVALITETE VALOVITOG KARTONA

U praktičnom dijelu ovog rada, ispitivano je nekoliko mehanička svojstva valovitih kartona, različitih sastavnica. Svi ispitivani kartoni odnosili su se na *peteroslojni valoviti karton*, kojima su definirane potrebne karakteristike u svrhu formiranja ambalaže.

Peteroslojni valoviti karton sastoji se od pet papira slijepljenih u cjelinu, tj. od tri ravna i dva valovit sloja. Koristi se za izradu transportne ambalaže i izradu svih vrsta kutija za pakiranje i unutrašnju zaštitu proizvoda osjetljivih na lom. Proizvodi se i isporučuje u pločama.

Korištene su tri vrste peteroslojnog valovitog kartona: *2BT kvalitete*, *KŠT kvalitete* i *BSET kvalitete*. Sva tri kartona imaju različite ugradnje te su im slojevi formirani od različitih vrsta papira: belliner (smeđi ili bijeli testlinera), kraftliner, šrenc i belwell (reciklirani fluting).

Iako se pri izradi valovitog kartona najčešće upotrebljava A ili B val u kombinaciji s C valom, pri ovom ispitivanju korišten je peteroslojni valoviti karton izrađen *kombiniranjem B i E vala*.

Val B je mali val čije se dimenzije visine kreću od 2.2 mm do 3 mm tj. od 5.5 mm do 6.5 mm s obzirom na duljinu. Kao takav, val B ima veliku čvrstoću na tlak, ali slabo amortizira dinamička opterećenja. Ima nešto manju čvrstoću na savijanje i izvijanje u smjeru pružanja valova, ali zato je čvrstoća na savijanje i izvijanje u okomitom smjeru na smjer pružanja valova prilično velika u odnosu na kartone s većim valom. Val E nazivamo mikrovalom jer mu je visina između 1 mm i 1.8 mm, a duljina iznosi 3 mm do 3.5 mm. Zbog toga se najčešće upotrebljava pri izradi komercijalne (prodajne) ambalaže. On ima najveću čvrstoću na tlak i najmanju čvrstoću na savijanje i izvijanje.

Tablica 2. *Vrste slojeva (papira) od kojih su izgrađeni ispitivani kartoni.*

NAZIV VALOVITOG KARTONA	2BT	KŠT	BSET
VRSTA RAVNOG SLOJA (LICE)	bijeli testliner	kraftliner	bijeli testliner
gramatura (g/ m ²)	130	125	130
VRSTA RAVNOG SLOJA (NALIČJE)	bijeli testliner	smeđi testliner	smeđi testliner
gramatura (g/ m ²)	130	110	165
VRSTA SREDNJEG RAVNOG SLOJA	smeđi testliner	šrenc	šrenc
gramatura (g/ m ²)	110	100	100
VRSTA VALOVITIH SLOJEVA	reciklirani fluting	reciklirani fluting	reciklirani fluting
gramatura (g/ m ²)	100	100	100

BELLINER (TESTLINER)

Belliner je zapravo dvoslojni papir izrađen od primarnih vlakana na bazi starog papira. Pokrovni sloj (lice) sadrži kvalitetniju vlaknastu tvar od naličja. Stari papir se razvlaknjuje u palperima, čisti od svih stranih primjesa: plastike, najlona, šljunka, folija, punila i sl.

Razlikujemo četiri vrste bellinera, belliner 1, 2, 3 i 4. Broj označava kvalitetu, a ona se postiže regulacijom nanosa škroba u zadnjoj fazi proizvodnje ili podešavanjem kvalitete starog papira kao polazne sirovine. Na već formirani list se površinski nanosi škrob u kombinaciji s crnim lugom, izdvojenim iz procesa proizvodnje poluceluloze. Kvaliteta opada povećanjem broja uz ime.

Belliner se odlikuje otpornošću na probijanje i vizualnim izgledom površine lica. Vizualni izgled lica bellinera je od posebne važnosti zbog njegove namjene. Namijenjen je za vanjski sloj ambalažne kutije, te se na njemu radi otisak u boji. Izrađuje se u gramaturi od 115 do 170 g/m².

KRAFTLINER

Kraftliner je sulfatno – celulozni papir koji se proizvodi od nebijeljene sulfatne crnogorične celuloze prirodno smeđe boje ili sa izbijeljenim pokrovnim slojem izrađenim od crnogoričnog drveta s najmanje 80% udjela primarnih vlakana. Takva celuloza ima duga vlakna pa ima veliku čvrstoću na kidanje i probijanje te žilavost. Zbog svojih dobrih mehaničkih svojstava upotrebljava se za izradu ravnog sloja valovitog kartona. Proizvodi se u gramaturama 125, 150, 200, 225 i 250 g/m².

RECIKLIRANI FLUTING (BELWELL)

Proizvodi se iz recikliranih vlakana starog papira. Stari papir se razvlaknjuje u palperima, čisti od svih stranih primjesa: plastike, najlona, šljunka, folija, punila i sl. Na papir strojevima se na već formirani list površinski nanosi škrob. Škrob se nanosi u kombinaciji s crnim lugom, izdvojenim iz procesa proizvodnje poluceluloze. Nanos škroba i crnog luga podešava se ovisno o traženoj kvaliteti belwella. Odlikuje se nešto nižom kvalitetom, u usporedbi sa SC flutingom koji se izrađuje od samo 30% recikliranih vlakana. Nije primjeren za proizvodnju ambalaže za hladnjače, zbog hidrofilnih karakteristika škroba. Namijenjen je za srednji i valoviti sloj ambalažne kutije. Proizvodi se u gramaturi od 90 – 175 g/m².

ŠRENC

Proizvodi se iz recikliranih vlakana starog papira. Stari papir se razvlaknjuje u palperima, čisti od svih stranih primjesa: plastike, najlona, šljunka, folija, punila i sl. Većinom je smeđe ili sive boje. Odlikuje se otpornošću na probijanje i namijenjen je za unutrašnji sloj ambalažne kutije. Njegova gramatura kreće se u rasponu od 90 do 150 g/m².

4.1. ISPITIVANJE OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA PREMA DINAMIČKOM PROBIJANJU (PT - Puncture Test)

Pomoću *FRANK* uređaja (*punkmetra*) ispituje se otpornost valovitog kartona prema dinamičkom probijanju. Taj uređaj radi na principu klatna. Klatno se sastoji od luka (90°) i trokutaste piramide koja je pričvršćena na njega.



Slike 52., 53. i 54. Uređaj *FRANK* za ispitivanje otpornosti valovitog kartona na dinamičko probijanje.

Iz različitih dijelova ploča valovitog kartona izreže se po 20 uzoraka dimenzija 175×175 mm. Otpornost prema dinamičkom probijanju ispituje se na licu i naličju uzoraka, po 10 mjerenja za svaku stranu. Uzorci koji se ispituju pričvršćuju se između dvije horizontalne ploče. Gornja ploča je fiksna dok se donja mora kotačem (ručicom) potpuno približiti gornjoj kako se uzorak ne bi pomicao, nakon svake promjene uzorka. Ploče imaju potpuno identične centralne trokutaste otvore kako bi se omogućilo nesmetano probijanje klatna tj. trokutaste piramide na njegovom vrhu. Pri ispitivanju lica, lice uzorka se okreće tako da gleda prema dolje. Pri ispitivanju naličja radi se obratno.

S obzirom na to da je riječ o ispitivanju kvalitete peteroslojnog valovitog kartona, stavlja se uteg od 12J.

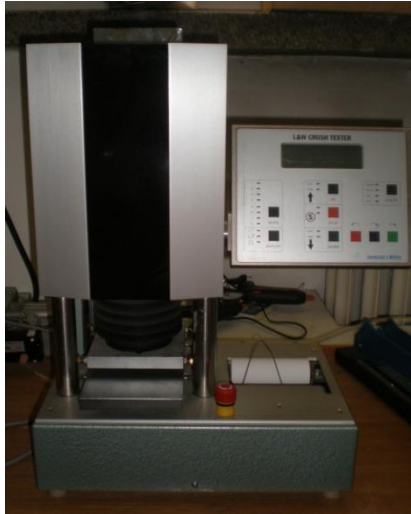
Baza piramide je paralelna s osi rotacije, a suprotni ugao pokazuje putanju rotacije. Klatno se otpušta otpuštanjem sigurnosne kopče, slobodno se njiše i tada nalazi u horizontalnom položaju. Nakon što se izvrši probijanje određenog uzorka, na mjernoj skali se očita vrijednost u kilopond centimetrima (kpcm).

Klatno i skalu vraćamo u početni položaj, a nakon toga pretvorbom kilopond centimetara u Joule (J), dobiva se vrijednost koja pokazuje koliko je energije utrošeno za probijanje uzorka valovitog kartona ($1 \text{ kp} = 9.80665 \text{ N}$; $J = \text{N m}$).

Ovim testom ispituje se mehaničku otpornost valovitog kartona na direktne mehaničke udarce tj. koliko snažne mehaničke udarce može izdržati pojedini valoviti karton, a da pri tom ne pukne. Kako bi se iz dobivenih vrijednosti dalo nešto zaključiti, izračuna se aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti za lice i naličje ispitivanog uzorka zaokruženom na 0,01 J.

4.2. ISPITIVANJE OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA NA TLAČNU SILU (CT – Crush Test)

Crush Testerom (CT) nazivamo uređaj kojim se mjeri otpornost valovitog kartona na ravnu tlačnu silu (bez dodatne opreme) i otpornost brida valovitog kartona na tlačnu silu (uz minimalnu dodatnu opremu). Uređaj ispituje valoviti karton, ravni sloj, valoviti sloj, ali može vršiti i testove tlačenja gotove ambalaže.



Slika 55. L&W Crush Tester za ispitivanje otpornosti valovitog kartona na tlačnu silu.

Sastoji se od tri glavna dijela. Dio na kojem se obavlja mjerenje ima dvije tlačne ploče, opterećenje i prsten za zaustavljanje. Upravljački dio pomaže pri kalibraciji uređaja, mijenjaju brzine tlačenja i sl. Pogonski dio se sastoji od utičnica, analognih priključaka za printer, CD i sklopke uključenja/isključenja.

Ima kapacitet mjerenja sile do 5000 N, efikasan je i izuzetno lagan za upotrebu. Lagan je za upotrebu ponajviše zbog pamćenja mjerenja i startnih pozicija, ekrana koji direktno nakon mjerenja prezentira izmjereno te printera koji omogućava automatski printanje dobivenih podataka.

4.2.1. RAVNA TLAČNA SILA (FCT - Flat Crush Test)

Osnovno ispitivanje koje se izvodi CT uređajem je Flat Crush Test. To je test koji pokazuje otpornost valovitog kartona na ravnu tlačnu silu. Ovaj test se izvodi radi poboljšanja kvalitete papira za izradu valova.

Iz ploča valovitog kartona izrezuju se po *10 uzoraka dimenzija 100 x 100 mm*. Na uređaju se namjesti brzina spuštanja gornje ploče na donju (12,5 mm/min), mjerno područje, osjetljivost i prag. Ispitivani uzorak se postavlja na sredinu donje ploče uređaja te se počinje s mjerenjem pritiskom tipke na upravljačkoj ploči. Gornja ploča se spušta, do trenutka prešanja valova, kada automatski promjeni smjer na dizanje. Na zaslonu se očitava maksimalna tlačna sila koja se potom ispisuje pomoću printera. Dobivena tlačna sila je u kiloPascalima (kPa) koje je potrebno pretvoriti u kiloNewtone po metru (kN/m^2) ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

Nakon toga izračuna se aritmetička sredina dobivenih rezultata s točnosti od $0,01 \text{ kN/m}^2$.

Prilikom ispitivanja, osim ravne tlačne sile, uređaj mjeri i debljinu valovitog kartona (μm) te ukupnu energiju apsorbiranu tijekom ispitivanja (J/m^2).



Slika 56. Provođenje FCT ispitivanja, otpornosti na ravnu tlačnu silu.

4.2.2. TLAČNA SILA NA BRID (ECT - Edge Crush Test)

Edge Crush Test je test koji govori o otpornosti brida valovitog kartona na tlačnu silu. Njime se definira maksimalna tlačna sila koju može izdržati brid valovitog kartona, a da ne dođe do deformacije.

Kako bi se pomoću CT uređaja moglo izvršiti željeno ispitivanje, mora se uz osnovni CT uređaj imati i dodatna oprema u koju spada ECT rezač i dva pomoćna metalna potporna bloka.

Iz ploča valovitog kartona izreže se po 10 uzoraka dimenzija 25 x 100 mm. Uzorci se režu pomoću ECT rezača, 25 mm u smjeru valova i 100 mm u smjeru okomitom na valove. Nakon toga uzorci se stavljaju između dva metalna potporna bloka, a potom na sredinu donje ploče uređaja, s valovima okomito na ploču uređaja. Brzina spuštanja ploče namjesti se na 12,5 mm/min. Namjesti se i mjerno područje te se pritiskom tipke na upravljačkoj ploči započne ispitivanje. U trenutku deformacije uzorka, na zaslonu se očita maksimalna sila kompresije tj. tlačenja te se ispisuje pomoću printera u KiloNewtonima po metru (kN/m).

Kada se dobiju vrijednosti za svih 10 uzoraka, svakog pojedinog valovitog kartona, izračunava se aritmetička sredina s točnosti od 0,01 kN/m.



Slike 57., 58. i 59. ECT rezač uzoraka, umetanje valovitog kartona u CT pomoću dva metalna potporna bloka te sama provedba ECT ispitivanja.

4.3. ISPITIVANJE OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA PREMA STATIČKOM PROBIJANJU (BST – Bursting Strenght Test)

Kako bi se odredila otpornost valovitog kartona prema statičkom probijanju koristi se *L&W Bursting Strength Tester*. To je uređaj koji služi za jako brzo ispitivanje otpornosti papira, kartona i valovitih kartona. Uređaj radi na Mullen-ovom principu. Mullen-ovi uređaji za tlačjenje koriste glicerol. Ispitivani valoviti karton učvrsti se metalnim prstenom određenog promjera. Ispod učvršćenog dijela papira nalazi se elastična gumena membrana ispod koje se dovodi stlačeni glicerol. On potiskuje membranu, a ona ispitivani valoviti karton. Zbog toga se valoviti karton ispupčava sve dok ga dovoljno visoki tlak ne probije tj. uzrokuje raspršenje.

Ispitivanje se vrši na *10 mjesta s naličja* i *10 mjesta s lica* valovitog kartona. Kada se vrši ispitivanje lica, lice mora biti okrenuto prema dolje i obratno. Kako bi se pokrenulo svako pojedino ispitivanje, prethodno je potrebno pomaknuti uzorak na sljedeće slobodno mjesto te pritisnuti tipku "start".

Kada se svaki pojedini test obavi moguće je vidjeti rezultat na zaslonu uređaja, a potom ih i ispisati na printeru. Rezultati se ispisuju u kiloPascalima (kPa) te nije potrebno nikakvo dodatno pretvaranje.

Nakon toga, računa se aritmetička sredina kako bi se izveli određeni zaključci. Aritmetička sredina se iskazuje s točnošću od 0,01 kPa.



Slike 60. i 61. *Bursting Strenght Test*, ispitivanje otpornosti valovitog kartona na statičko probijanje.

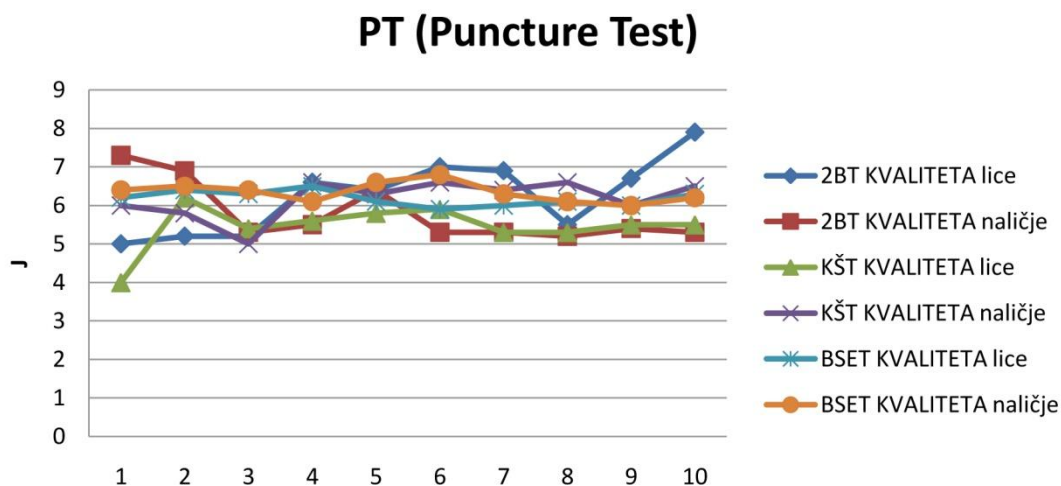
5. REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati dobiveni ispitivanjem biti će prikazani u sljedećim tablicama, posebno za svaku vrstu valovitog kartona, ovisno o vrsti ispitivanja. Nakon toga, rezultati pojedinih testova bit će objedinjeni zajedničkim grafom radi lakše usporedbe rezultata.

5.1. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA PREMA DINAMIČKOM PROBIJANJU

Tablica 3. Rezultati ispitivanja otpornosti valovitog kartona na dinamičko probijanje.

	PT (PUNCTURE TEST) J					
	2BT KVALITETA		KŠT KVALITETA		BSET KVALITETA	
	lice	naličje	lice	naličje	lice	naličje
01.	5	7,3	4	6	6,2	6,4
02.	5,2	6,9	6,2	5,8	6,4	6,5
03.	5,2	5,3	5,4	5	6,3	6,4
04.	6,6	5,5	5,6	6,6	6,5	6,1
05.	6,4	6,4	5,8	6,3	6,1	6,6
06.	7	5,3	5,9	6,6	5,9	6,8
07.	6,9	5,3	5,3	6,4	6	6,3
08.	5,5	5,2	5,3	6,6	6,1	6,1
09.	6,7	5,4	5,5	6	6	6
10.	7,9	5,3	5,5	6,5	6,3	6,2
$\bar{x}$	6,24	5,79	5,45	6,18	6,18	6,34
$\bar{x}$	6,02		5,82		6,26	



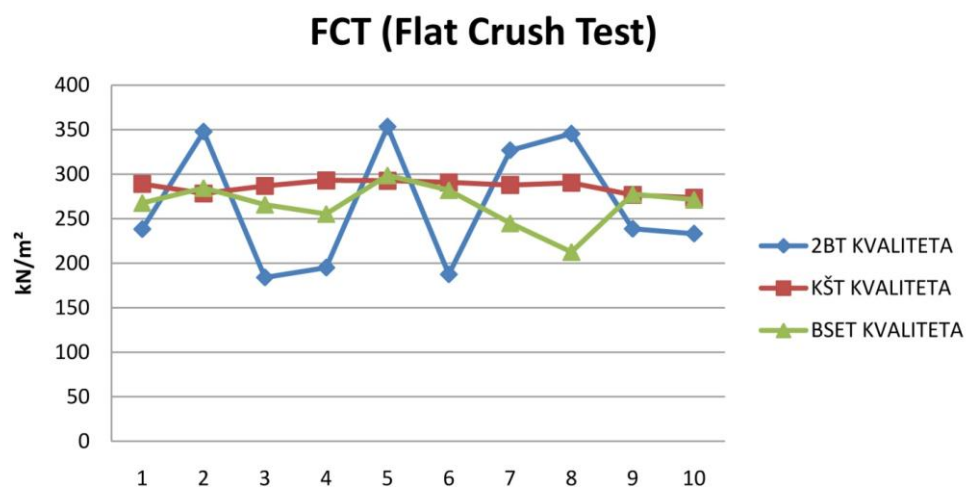
Graf 1. Prikaz rezultata dinamičkog probijanja (PT - Puncture Test).

5.2. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA NA TLAČNU SILU

5.2.1. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA NA RAVNU TLAČNU SILU

Tablica 4. Rezultati ispitivanja otpornosti valovitog kartona na ravnu tlačnu silu.

FCT (FLAT CRUSH TEST) kN/m ²			
	2BT KVALITETA	KŠT KVALITETA	BSET KVALITETA
01.	238,2	289	267,7
02.	347,7	278,2	284,5
03.	183,9	286,7	265,8
04.	194,9	292,9	255,4
05.	353,3	292,6	298,7
06.	187,3	290,7	282,1
07.	326,8	287,8	244,9
08.	345,4	290,1	212,7
09.	238,5	276,7	277,6
10.	233,1	273,6	271,3
$\bar{x}$	264,91	285,83	266,07

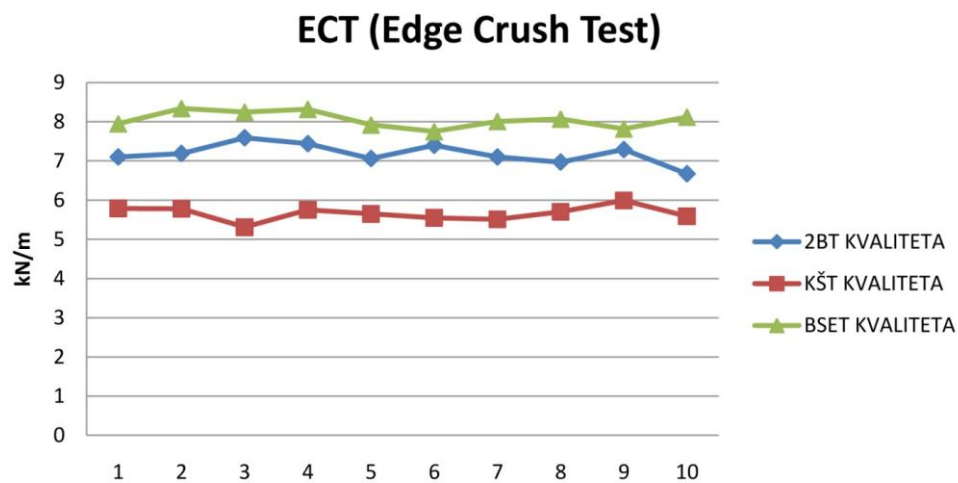


Graf 2. Prikaz rezultata ravne tlačne sile (FCT - Flat Crush Test).

5.2.2. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI BRIDA VALOVITOG KARTONA NA TLAČNU SILU

Tablica 5. Rezultati ispitivanja otpornosti brida valovitog kartona na tlačnu silu.

ECT (EDGE CRUSH TEST) kN/m			
	2BT KVALITETA	KŠT KVALITETA	BSET KVALITETA
01.	7,1	5,79	7,95
02.	7,19	5,78	8,34
03.	7,59	5,31	8,25
04.	7,44	5,75	8,32
05.	7,06	5,65	7,92
06.	7,4	5,55	7,75
07.	7,1	5,51	8,01
08.	6,97	5,7	8,07
09.	7,29	5,99	7,82
10.	6,67	5,59	8,12
$\bar{x}$	7,18	5,66	8,06

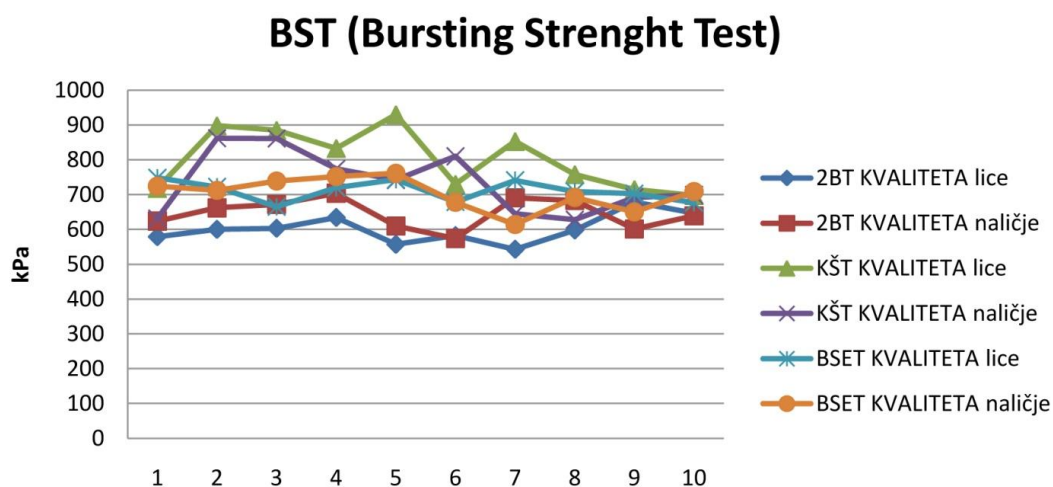


Graf 3. Prikaz rezultata tlačne sile na brid (ECT - Edge Crush Test).

5.3. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI VALOVITOG KARTONA PREMA STATIČKOM PROBIJANJU

Tablica 6. Rezultati ispitivanja otpornosti valovitog kartona na statičko probijanje.

	BST (BURSTING STRENGTH TEST) kPa		KŠT KVALITETA		BSET KVALITETA	
	lice	naličje	lice	naličje	lice	naličje
01.	579	624	718	631	748	724
02.	600	662	898	862	722	712
03.	603	672	885	861	665	739
04.	634	704	833	774	720	752
05.	557	610	930	742	743	761
06.	582	574	730	810	679	678
07.	543	691	853	645	741	614
08.	598	683	758	628	709	692
09.	679	601	715	692	703	650
10.	647	639	698	699	677	709
$\bar{x}$	602,2	646	801,8	734,4	710,7	703,1
$\bar{s}$	624,10		768,10		706,90	



Graf 4. Prikaz rezultata statičkog probijanja (BST - Bursting Strenght Test)

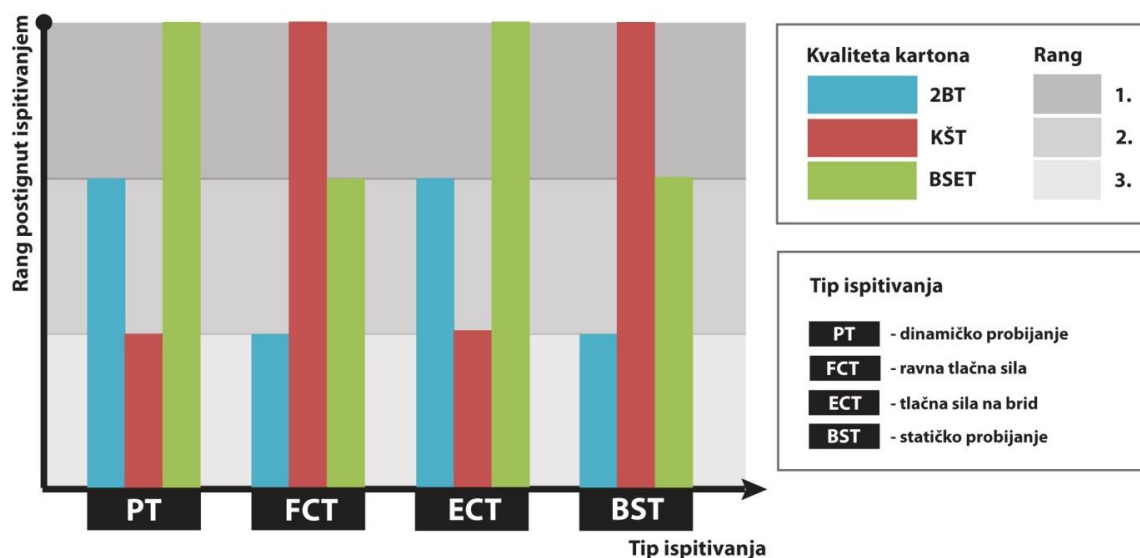
6. ANALIZA REZULTATA

Nakon završenog ispitivanja kvalitete valovitog kartona i unosa rezultata u tablice, izračunate su aritmetičke sredine, pomoću kojih se mogu donijeti određeni zaključci.

Tablica 7. Grupirani rezultati ispitivanja, prikazani aritmetičkim sredinama.

NAZIV VALOVITOG KARTONA	DINAMIČKO PROBIJANJE (J)		RAVNA TLAČNA SILA (kN/m ²)	TLAČNA SILA NA BRID (kN/m)	STATIČKO PROBIJANJE (kPa)	
2 BT	lice 6.24	naličje 5.79	264.91	7.18	lice 602.2	naličje 646.0
	6.02				624.1	
KŠT	lice 5.45	naličje 6.18	285.83	5.66	lice 801.8	naličje 734.4
	5.81				768.1	
BSET	lice 6.18	naličje 6.34	266.07	8.05	lice 710.7	naličje 703.1
	6.26				706.9	

U daljnjem tekstu vršit će se analiza rezultata dobivenih ispitivanjem kvalitete valovitog kartona. Za svako pojedino ispitivanje bit će doneseni određeni zaključci koji će u sljedećem poglavlju biti grupirani i jasno obrazloženi.



Graf 5. Rang postignut ispitivanjem kvalitete valovitog kartona, za sve vrste valovitog kartona i sve vrste ispitivanja.

6.1. ANALIZA DINAMIČKOG PROBIJANJA (PT)

Ispitivanje otpornosti valovitog kartona na dinamičko probijanje bitno je kako bi ustanovili koliko snažne udarce određeni valoviti karton može izdržati, a da ne pukne. Na dinamička svojstva valovitih kartona najveći utjecaj imaju ravni slojevi, lineri. Kada bi dinamičko probijanje ovisilo o valovitim slojevima unutar valovitog kartona, zbog identičnog sastava i veličine valova, kod sve tri vrste kartona, rezultati bi bili približno jednaki.

S obzirom na ugradnju promatranih kartona dalo bi se zaključiti da bi najveću otpornost trebao pokazati valoviti karton *BSET* kvalitete, zbog papira najboljih mehaničkih svojstava. Najmanju otpornost trebao bi imati valoviti karton *KŠT* kvalitete. Nakon ispitivanja, očekivano je i dokazano. Naime, *BSET* i *2BT* imaju isto lice (bijeli testliner, 130 g/m^2), ali im je naličje različito. *BSET* - ovo naličje je načinjeno od smeđeg testlinera znatno veće gramature – 165 g/m^2 . Valovi su im identičnih veličina i načinjeni su od istog materijala (reciklirani fluting, 100 g/m^2). Razlikuju se i po srednjem ravnom sloju kojeg čini šrenc (100 g/m^2) kod *BSETA* – a, a smeđi testliner (110 g/m^2) kod *2BT* – a. *KŠT* ima najmanju kvalitetu linera, najmanje gramature te time i najgorih mehaničkih svojstava. Srednji ravni sloj mu je jednak *BSET* – u, valovi *2BT* - u i *BSET* – u; ali naličje i lice mu je znatno gorih svojstava. Na naličju kao i *BSET* ima smeđi testliner, ali znatno manje gramature (110 g/m^2). Lice mu je načinjeno od kraftlinera (125 g/m^2). Zbog svega navedenoga, ispitivanje je pokazalo kako valoviti karton *BSET* kvalitete ima najveću gramaturu, a time i najbolja mehanička svojstva tj. najveću otpornost na dinamičko probijanje (6.26 J). Slijedi *2BT* (6.02 J), a najgori je *KŠT* (5.81 J).

Kada bi se posebno promatralo lice i naličje valovitih kartona, naličje *BSET* valovitog kartona trebalo bi imati najveću otpornost na dinamičko probijanje. Najmanju otpornost trebalo bi pokazati lice *KŠT* valovitog kartona zbog papira od kojeg je izgrađeno i koji ima najmanju gramaturu. Iz priložene tablice, može se zaključiti, da su i te navedene i očekivane tvrdnje, također, dokazane provedenim ispitivanjem.

Utjecaj veličine valova na otpornost pri dinamičkom probijanju ne možemo vidjeti između različitih kvaliteta valovitog kartona, jer svi ispitivani imaju potpuno identične valovite slojeve, s obzirom na njihovu veličinu i materijal od kojeg su izgrađeni (*E/B*; reciklirani fluting 100 g/m^2). No, utjecaj veličine valova možemo vidjeti na primjeru *2BT* kartona koji ima identično lice i naličje. Njegovo lice pokazuje veću otpornost na dinamičko probijanje (6.24 J), u odnosu na naličje (5.79 J). Razlog je taj, što se *E* (mikroval) nalazi slijepljen između srednjeg ravnog sloja i lica, dok se *B* (mali val) nalazi slijepljen između srednjeg ravnog sloja i naličja. Iz priloženog se zaključuje kako manji valovi pružaju bolju otpornost na dinamičko probijanje.

6.2. ANALIZA TLAČNE SILE (CT)

Ispitivanjem otpornosti valovitog kartona na tlačnu silu pokazuje se otpornost valovitog kartona na pritisak. Tlačna sila je sila koja djeluje na valoviti kartona pomoću dvije tlačne ploče na način da ga deformira i sužava u pravcu djelovanja sile. Sila djeluje odozgo i odozdo na zadani uzorak. Opterećenje je jednoliko raspoređeno po cijelom uzorku. Razlikujemo otpornost valovitog kartona na ravnu tlačnu silu i tlačnu silu na brid valovitog kartona.

6.2.1. RAVNA TLAČNA SILA (FCT)

Ispitivanjem ravne tlačne sile, odnosno FCT ispitivanjem, procjenjuje se otpornost prema pritisku i sposobnost amortizacije udarca. Sama otpornost najviše ovisi o krutosti valova. Manji valovi daju bolji otpor na ravnu tlačnu silu jer imamo veći broj valova, pa se gornji papir drži na više mjesta i time omogućava tvrđu, ravniju i za tisak pogodniju podlogu.

S obzirom da su se pri ispitivanju koristili valoviti kartoni koji su izgrađeni od jednakih valova (kombinacija B i E valova) i čiji su valovi izrađeni od istoga papira (reciklirani fluting), bilo je za očekivati da će rezultati biti približno jednaki tj. da će svi valoviti kartoni pokazati jednaku otpornost na ravnu tlačnu silu.

Iz tablice se zaključuje, iako su svi rezultati približno jednaki, da najveću otpornost pokazuje valoviti karton *KŠT* kvalitete (285.83 kN/m^2). Karton *KŠT* kvalitete (kraftliner 125 g/m^2 , šrenc 100 g/m^2 , smeđi testliner 110 g/m^2) je najotporniji, unatoč najmanjim gramaturama, jer u svom sastavu jedini ima kraftliner (125 g/m^2). To je vrsta papira koja ima karakteristična duga celulozna vlakna i zbog toga veliku otpornost na ravnu tlačnu silu. Sljedeći je BSET (266.07 kN/m^2 ; bijeli testliner 130 g/m^2 , šrenc 100 g/m^2 , smeđi testliner 165 g/m^2) koji ima veću otpornost na ravnu tlačnu silu od posljednjega 2BT (264.91 kN/m^2 ; bijeli testliner 130 g/m^2 , smeđi testliner 110 g/m^2 , bijeli testliner 130 g/m^2), zbog veće gramature svojih ravnih slojeva.

6.2.2. TLAČNA SILA NA BRID (ECT)

Ispitivanjem otpornosti brida na tlačnu silu, tj. ECT ispitivanjem, određuje se maksimalna tlačna sila koju brid valovitog kartona može izdržati, a da na dode do deformacije. Veću otpornost imaju manji valovi jer ih ima više po dužinskom metru, ali otpornost uvelike ovisi i o kompletnom sastavu valovitog kartona. Kao što je već navedeno, promatrane su tri različite vrste peteroslojnog valovitog kartona istih dimenzija i sastava valova. Zbog toga su pri ovom ispitivanju, na otpornost brida valovitog kartona, najviše utjecali njegovi ravni slojevi.

S obzirom na sastavnice, zaključuje se da je za očekivati kako će valoviti karton *BSET* kvalitete biti najotporniji (kao i kod PT testa, zbog boljih mehaničkih svojstava papira od kojih se sastoji) te da će *KŠT* kvaliteta valovitog kartona pokazati najmanju otpornost. Najveći utjecaj na rezultate imala je gramatura ravnih slojeva koja je najveća kod *BSET* kvalitete (bijeli testliner 130 g/ m², šrenc 100 g/ m², smeđi testliner 165 g/ m²). Nakon *BSET* – a (8.05 kN/m) slijedi 2BT (7.18 kN/m; bijeli testliner 130 g/ m², smeđi testliner 110 g/ m², bijeli testliner 130 g/ m²). Najmanju gramaturu, a time i najmanju otpornost brida valovitog kartona na tlačnu silu uma *KŠT* kvaliteta (5.66 kN/m; kraftliner 125g/m², šrenc 100 g/m², smeđi testliner 110 g/m²).

6.3. ANALIZA STATIČKOG PROBIJANJA (BST)

Mullen testom ispituje se otpornost valovitog kartona na statičko probijanje. Određuje se koliki tlak valoviti karton može izdržati, a da ne dođe do raspršenja, pucanja tj. probijanja.

Iako na statičko probijanje utječu svi slojevi koji čine valoviti karton, u ovom ispitivanju valoviti slojevi nisu imali utjecaj na definiranje razlike i ranga među ispitivanim kartonima. Razlog tome je što su sva tri kartona načinjena od valova identičnih dimenzija i od identičnog papira (reciklirani fluting, 100 g/m²). Zbog toga je, u ovim ispitivanjima, vrsta ravnih slojeva navise zaslužna za različite otpornosti među kartonima.

Za očekivati bi bilo da najveću otpornost na tlak ima valoviti karton čije su ravne sastavnice žilave i otporne na kidanje i probijanje. Tako bi KŠT trebao biti najotporniji jer jedini u svom sastavu sadrži kraftliner koji posjeduje gore navedena svojstva.

Zahvaljujući svojim dugim vlaknima kraftliner je omogućio da navedene pretpostavke postanu točne, te je iz tablice i grafa vidljivo kako najveću otpornost prema statičkom probijanju ostvaruje valoviti karton KŠT kvalitete (768.1 kPa; kraftliner 125g/m², šrenc 100 g/m², smeđi testliner 110 g/m²). Nadalje, valoviti karton BSET kvalitete (706.9 kPa; bijeli testliner 130 g/ m², šrenc 100 g/ m², smeđi testliner 165 g/ m²) pruža veći otpor od 2BT kartona (624.1 kPa; bijeli testliner 130 g/ m², smeđi testliner 110 g/ m², bijeli testliner 130 g/ m²). Valoviti karton 2BT kvalitete ima sastavnice nešto manje gramature te mu srednji sloj predstavlja smeđi testliner, a ne šrenc, kao što je to kod druge dvije vrste ispitivanih valovitih kartona.

Promatranjem lica i naličja valovitih kartona, kao posebnih komponenti, zaključuje se kako bi lice KŠT kartona trebalo imati najveću otpornost, a lice i naličje 2BT kartona najmanju. Iz tablice se jasno vidi da je i to točno te da je ispitivanje potvrdilo navedene pretpostavke.

7. ZAKLJUČAK

Na temelj rezultata i analize rezultata, dobivenih ispitivanjima mehaničke otpornosti peteroslojnih valovitih kartona, može se zaključiti kako svaki ispitani karton ima svoje prednosti i mane u odnosu na onaj drugi.

Jednaki rang ispitivanja dalo je ispitivanje dinamičkog probijanja (PT) i tlačne sile na brid valovitog kartona (ECT). Ova dva ispitivanja, omogućila su da se pronađe valoviti karton najotporniji na direktne mehaničke udarce, padanja ili gruba rukovanja. Kod oba testa, najveći utjecaj na rezultate imala je gramatura ravnih slojeva unutar ispitivanih peteroslojnih kartona. Valoviti kartoni koji su u svom sastavu imali papire veće gramature pokazali su se otpornijima.

Rezultati koji govore o otpornost valovitog kartona na dinamičko probijanje (PT) upućuju na to da je karton BSET kvalitete najbolji za izradu ambalaže podložne čestim vanjskim udarcima. Ovo ispitivanje nam je također pokazalo da su slojevi unutar ove vrste kartona najbolje slijepljeni i oblikovani. ECT ispitivanje, koje određuje maksimalnu tlačnu silu na brid valovitog kartona, također izdvaja BSET kartona kao najkvalitetniji. Iako su pri tom ispitivanju važniji valoviti slojevi papira i njihova otpornost, prilikom ovog ispitivanja do izražaja je došla kvaliteta ravnih slojeva valovitog kartona. Ravni slojevi su postali važniji jer svi ispitivani kartoni imaju valovite slojeve jednakih dimenzija i sastava. U oba prethodno navedena ispitivanja, kao najgori, pokazao se valoviti karton KŠT kvalitete.

Ipak, ako se govori o otpornosti na statično probijanje (BST) tj. koliki tlak valoviti karton može podnijeti dok ne dođe do raspršenja, mora se zamijetiti da je KŠT karton pokazao najbolje rezultate. KŠT karton jedini sadrži na svome licu vrstu linera koja ima najdulja vlakna (kraftliner). Upravo mu taj sloj, najbolje strukture, omogućava veću otpornost na statičko probijanje. Kvalitetu KŠT kartona potvrdilo je i FCT ispitivanje, ispitivanje otpornosti valovitog kartona na ravnu tlačnu silu, iako prilikom ovog testiranja nije bilo značajnih razlika među definirane tri vrste valovitog kartona.

Tako su ispitivanja na statičko probijanje (BST) i ravnu tlačnu silu (FCT) pokazala jednaki rang. Nasuprot kartonu KŠT kvalitete, koji se pokazao kao najbolji, 2BT se pokazao kao valoviti karton najgore kvalitete. Na temelju dobivenih rangova, zaključuje se kako je za izradu ambalaže, koja će se nalaziti pod konstantnim opterećenjem, biti bitnija struktura ravnih slojeva nego njihova gramatura.

Na temelju izvedenih zaključaka, može se zaključiti kako je karton BSET kvalitete pogodniji od kartona KŠT kvalitete pri izradi ambalaže osjetljive na direktne vanjske udarce. Također je bolji za formiranje ambalaže koja je izložena mogućnosti padanja prilikom grubog rukovanja ili skladištenja na uzvišenim mjestima. Karton KŠT kvalitete pogodniji je za zaštitu težih pakovanja i izradu čvršće ambalaže. Pogodniji je za ambalažu koja se nalazi pod konstantnim opterećenjem i promjenjivim klimatskim uvjetima.

Ipak, ako su pri formiranju željene ambalaže bitna sva navedena svojstva, odlučit ćemo se za karton *BSET kvalitete* jer je pri četiri navedena ispitivanja dva puta pokazao najbolju kvalitetu te se dva puta našao na drugom mjestu. Karton *KŠT kvalitete* pokazao se dva puta kao najkvalitetniji, ali je zato dva puta prikazan i kao najlošiji. 2BT karton, na temelju ispitivanja, definitivno predstavlja najgori izbor jer je čak dvaput bio najgori i dvaput na drugom mjestu.

Na kraju svega, trebalo bi se osvrnuti i na sam izgled buduće ambalaže. Pri izradi komercijalne ambalaže, ili ambalaže kod koje je izgled važniji od kvalitete, 2BT karton bi bio najbolja opcija. Ambalaža izrađena od takvog kartona, bila bi nešto atraktivnija i ostavljala bi dojam čistoće zbog svojeg lica i naličja bijele boje. No, ako je uz izgled bitna i kvaliteta, opet se *BSET* karton nameće kao najbolje rješenje. *BSET* karton ima također identični bijeli liner na svome licu.

Iz svega navedenoga, da se zaključiti da je prije izrade ambalaže od valovitog kartona potrebno ispitati valoviti karton, a isto tako i prije izrade valovitog kartona ispitati papir za njegovu izradu. Pri odabiru materijala u obzir se mora uzeti namjena ambalaže, transport i skladištenje.

Najveća prednost ambalaže od valovitog kartona je njena cijena. To je ujedno i najveći razlog njezine ogromne ekspanzije i sve veće raširenosti. Bitan razlog predstavlja i mogućnost lakog transporta i skladištenja, lako uništavanje paljenjem ili ponovnim pretvaranjem u papirnu masu. Iako se na samom početku razvoju, ambalaža od valovitog kartona teško prihvaćala i bila korištena pretežno za transportnu ambalažu, danas se ona sve više koristi u komercijalne svrhe i potpuno istiskuje drvenu ambalažu i ambalažu načinjenu od ljepenke.

8. LITERATURA

KNJIGE:

- Rodin; Ambalaža od valovitog kartona; Progres; Zagreb; 1964
- V. Potisak; Grafička dorada: Priručnik za grafičare; Školska knjiga; Zagreb; 1997
- S. Horvatić; Grafika: Papir i karton; Grafička škola; Zagreb; 2009
- N. Stričević; Suvremena ambalaža 2; Školska knjiga; Zagreb; 1982
- T. Obradović; Priručnik za kartonažere; Zavod za stručno obrazovanje i unapređenje grafičke industrije; Beograd; 1966
- A. Golubović; Svojstva i ispitivanja papira; Viša grafička škola; Zagreb; 1993

ČASOPISI:

- Medewo: Katalog za brzo, povoljno i sigurno pakiranje; Asortiman 2010; Medewo d.o.o.; Rakov Potok; 56. – 94., 118., 136., 137., 226. – 232., 260. – 278. str.
- Belišće; List Belišća d.d. i Grupe Belišće; broj 1; Glas Slavonije d.d.; Osijek; prosinac 2005; 12. i 13. str.

INTERNET:

- <http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo08/Radovi08/ZA%20WEB/ProbojnaCvrstoca140.html>; Lajić Branka, Babić Darko, Jurečić Denis; 27.05.2010
- <http://www.l-w.se/bprod/prod.cfm?prodid=1800&ptyp=12>; Lorentzen & Wettre; 27.05.2010
- http://www.lorentzenwettre.com/index2.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=52&category_id=23&option=com_virtuemart&Itemid=53; Lorentzen & Wettre; 27.05.2010
- <http://www.belisce.hr/tvornice/pcp/pcpp.aspx>, <http://www.belisce.hr/tvornice/ta/tappvk.aspx>, <http://www.belisce.hr/tvornice/ta/tappavk.aspx>; Belišće d.d.; 03.06.2010
- <http://www.studijdizajna.com/tkosc/proizvodi3.pdf>; Grafički proizvod; 01.07.2010
- <http://www.promix.hr/index.php/content/view/ambalaza-od-valovitog-kartona>; Promix; 17.07.2010
- http://translate.google.hr/translate?hl=hr&langpair=en|hr&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Packaging_and_labeling; Wikipedija; 17.07.2010