

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

ANA MATIJEVIĆ

**OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA
IZRADE I PUNJENJA KARTONSKIH KUTIJA
ZA LIJEKOVE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

ANA MATIJEVIĆ

**OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA
IZRADE I PUNJENJA KARTONSKIH KUTIJA
ZA LIJEKOVE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Davor Donevski

Studentica:

Ana Matijević

Zagreb, 2020.

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

Zahvale

Ovim putem se zahvaljujem svima koji su mi bili podrška prilikom studiranja i izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Davoru Donevskom na prihvaćanju mentorstva, razumijevanju i pomoći prilikom pisanja ovog diplomskog rada.

Od srca zahvaljujem prijateljima koji su bili uz mene i uljepšali mi studentske dane.

Na kraju, najveću zahvalnost želim iskazati svojim roditeljima koji su mi omogućili školovanje i bili podrška u svakom trenutku studiranja.

SAŽETAK

Ambalaža u farmaceutskoj industriji ima značajnu ulogu jer je farmaceutska industrija u stalnom razvoju i napretku. Ona mora jamčiti kvalitetu lijekova i omogućiti sigurno skladištenje i transport. Teoretski dio rada opisuje materijale i oblike koji se koriste u farmaceutskoj industriji. Također, dio teoretskog dijela odnosit će se na operacije izrade kutije i pakiranja u iste. Operacije izrade kutije podrazumijevaju izradu nacрта kutije, štancanje, savijanje i lijepljenje prireza. U eksperimentalnom dijelu rada utvrdit će se kritične točke proizvodnje te će biti predložena poboljšanja unutar tehnoloških postupaka izrade i punjenja kutija za lijekove. Načini poboljšanja i optimizacije tehnološkog procesa proizvodnje kutija i pakiranja lijekova u kutije uveliko mogu pospješiti cjelokupnu proizvodnju, uz manje zastoja i otpada. Za optimizaciju procesa koristit će se *Lean* metoda koja se zasniva na kontinuiranom poboljšanju proizvodnje. Primjenom *Lean* metode povećat će se produktivnost, uštedjeti vrijeme i troškovi proizvodnje, te osigurati bolja kontrola procesa proizvodnje.

KLJUČNE RIJEČ

Lean, farmaceutska industrija, komercijalna kutija, proizvodnja

ABSTRACT

Packaging in pharmaceutical industry has a significant role because the pharmaceutical industry is in constant development and progress. It must guarantee the quality of medicines and enable safe storage and transport. The theoretical part of this paper describes the materials and forms used in the pharmaceutical industry. Also, the theoretical part will relate to the operations of making boxes and packing into them. Operations of making boxes include drafting the box, die cutting, folding and gluing flat blanks. In the experimental part of the paper the critical production points are located, and improvements of technological procedures for the making and filling medicine boxes are being suggested. Ways to improve and optimize the technological process of box production and packaging of medicine in boxes can greatly improve overall production, with less downtime and waste. The Lean method based on continuous production improvement will be used for the optimization of the process. Applying the Lean method will increase productivity, save time and production costs, and ensure better control of the production process.

KEYWORDS :

Lean, pharmaceutical industry, folding carton, production

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. FARMACEUTSKA AMBALAŽA	3
2.1. Kutije za pakiranje lijekova	4
2.1.1. Materijali.....	4
2.1.2. Dizajn i oblik kutije.....	5
3. OPERACIJE IZRADE KUTIJE	8
3.1. Štancanje.....	8
3.1.1. Stroj za plošno rezanje.....	9
3.1.2. Stroj za rotacijsko rezanje	11
3.2. Savijanje i lijepljenje	12
3.3. Tilografski tisak	13
4. OPERACIJE PAKIRANJA.....	15
4.1. Strojevi za pakiranje	15
4.1.1. Strojevi za vertikalno punjenje.....	16
4.1.2. Strojevi za horizontalno punjenje	18
5. LEAN PROIZVODNJA	20
5.1. Povijest <i>Lean-a</i>	20
5.2. Cilj i prednosti <i>Lean-a</i>	22
5.2.1. Prednosti <i>Lean-a</i>	22
5.3. Načela <i>Lean-a</i>	23
5.4. Alati <i>Lean-a</i>	25
5.5. Vrste gubitaka	26
5.6. <i>Lean</i> u ambalažnoj industriji	28
6. EKSPERIMENTALNI DIO	30
6.1. Izrada nacрта složive kartonske kutije za lijekove.....	30

6.2.	Praćenje svojstava materijala	33
6.2.1.	Podesnost za žljebljenje	36
6.2.2.	Podesnost za savijanje.....	38
6.3.	Problemi koji se javljaju prilikom štancanja.....	39
6.4.	Problemi prilikom lijepljenja kutije.....	41
6.5.	Problemi na liniji za pakiranje.....	42
6.6.	Prijedlozi kontinuiranog poboljšanja rada linije za pakiranje	43
7.	ZAKLJUČAK	45
8.	LITERATURA.....	46
9.	POPIS SLIKA	49

1. UVOD

Ambalaža predstavlja svaki proizvod, bez obzira na materijal od kojeg je izrađen, koji se koristi za držanje, zaštitu, rukovanje, isporuku i predstavljanje robe [1]. Danas je gotovo nemoguće zamisliti proizvod bez ambalaže. Svaka proizvodna industrija ima svoje zakone i odredbe po kojima je potrebno vršiti pakiranje. Farmaceutska industrija jedna je od najunosnijih i najbrže rastućih industrija u svijetu. Osim toga, tržište lijekova je jedno od najstrože kontroliranih tržišta. Razvojem industrije, svakodnevno na tržište dolaze novi proizvodi. Samim time potrebno je održati kvalitetu i sigurnost njihove ambalaže. Kada se govori o farmaceutskim proizvodima podrazumijeva se, osim samog lijeka, i ambalaža u koju se lijek pakira. Ambalaža za lijekove jedna je od najkompleksnijih oblika pakiranja. Mora predstavljati sigurnost, spriječiti zlouporabu proizvoda, a njezin dizajn ne bi trebao sličiti ni jednom drugom pakovanju, kako ne bi došlo do zamjene proizvoda. Razvojem tržišta, zahtjevi i inovacije u području farmaceutske industrije su u stalnom porastu, što rezultira mnogobrojnim različitim aplikacijama i oblicima pakiranja lijekova. Teme ovog diplomskog rada su postupci oblikovanja, izrade i pakiranja sekundarne ambalaže za lijekove, odnosno radi se o kartonskim kutijama u koje se najčešće smještaju bočice ili blister pakovanja. Osim složenosti proizvodnje lijeka, ambalaža u koju se pakira također podrazumijeva neke zakonitosti koje se moraju poštivati kako bi proizvod kao takav bio ispravan i slobodan za postavljanje na tržište. Većina ambalaže orijentira se isključivo na potrošača, što nije slučaj s ambalažom za lijekove. Ona se temelji na istraživanjima čime su izrada ambalaže za lijekove i sam postupak pakiranja lijeka gotovo postali znanost. Teži se pronalaženju što boljih i inovativnijih rješenja, a da se pri tome zadrže sve potrebne mjere i zakonitosti kojih je se potrebno pridržavati prilikom dizajniranja farmaceutske kartonske ambalaže. Osim izrade nacrt, cilj rada je optimizirati tehnološke postupke punjenja u kartonske kutije. Metodom optimizacije omogućava se smanjenje troškova i vremena zastoja proizvodnje. Optimizacija tehnoloških procesa je moguća ukoliko se utvrde kritične točke u proizvodnji. Nakon uočavanja kritičnih točaka proizvodnje teži se pronalaženju što učinkovitijih i trajnijih rješenja. Poboljšanjem tehnoloških postupaka izrade kutije dolazi do poboljšanja cjelokupne proizvodnje i daljnjih postupaka koje je potrebno napraviti kako bi proizvod,

kao valjan, dospio na police ljekarne. U istraživačkom dijelu rada utvrdit će se neke od kritičnih točaka proizvodnje kutija za lijekove i predložiti moguća rješenja kako bi se poboljšali proizvodni procesi.

2. FARMACEUTSKA AMBALAŽA

Svaka ambalaža, pa tako i ambalaža za pakiranje lijekova, prema osnovnoj podjeli dijeli se na primarnu, sekundarnu i tercijarnu ambalažu (Slika 1). Svaka od ovih ambalaža ima određenu svrhu s karakterističnim zahtjevima kako bi se proizvod isporučio potrošaču na siguran, učinkovit i dosljedan način.

- Primarna ambalaža – predstavlja kontaktnu ambalažu. Dolazi u direktan kontakt s lijekom, a funkcija joj je zaštita samog lijeka od kemijskih i fizičkih utjecaja. Primjer su blister pakovanja.
- Sekundarna ambalaža – nalazi se oko primarne ambalaže. Ujedno predstavlja komercijalnu ambalažu koja služi za komunikaciju s potrošačem. Osigurava identifikaciju i informacije o lijeku, te dodatno štiti lijek. Primjer su komercijalne kutije na koje je usredotočen ovaj rad.
- Tercijarna ambalaža – predstavlja transportnu ambalažu. Obično su to kartonske kutije u kojima se nalazi više skupnih (sekundarnih) pakovanja [2, 3].



Slika 1. Primjer primarne, sekundarne i tercijarne ambalaže

(Izvor: <https://www.sciencedirect.com/>)

2.1. Kutije za pakiranje lijekova

Kutije za pakiranje lijekova predstavljaju sekundarnu ambalažu. Jedan od ustaljenih naziva je „komercijalne kartonske kutije“. One su najčešće ono što kupac vidi na policama prilikom kupovine pa je izgled ove ambalaže jako važan. Materijali koji se koriste za sekundarno pakiranje naglasak stavljaju na izgled, što je rjeđi slučaj s primarnom i tercijarnom ambalažom. Komercijalne kartonske kutije izrađuju se uglavnom od tankog kartona. Vrlo su praktične za skladištenje i transport jer zauzimaju vrlo malo mjesta kada su neoblikovane, a sam postupak oblikovanja se izvodi neposredno prije punjenja. Osim toga, troškovi materijala za izradu su dosta niski. Postupak proizvodnje kutija je također cjenovno povoljniji od ostalih sekundarnih pakiranja, pogotovo ako se radi o masovnoj proizvodnji. Osim što kutije pridonose lakšem transportu proizvoda, one uveliko umanjuju vjerojatnost oštećenja primarnog proizvoda, odnosno primarne ambalaže. Kutije za lijekove imaju i veliki utjecaj na promoviranje marke i proizvoda. Karton predstavlja odličnu podlogu za ispis, osim dizajna na kutiji, lako je ispisati i potrebne propisane informacije. S obzirom da propisi mogu varirati, kutije pružaju dovoljno prostora potrebnog za ispis svih potrebnih informacija i promjenjivog teksta poput roka trajanja i serijskog broja proizvoda [3, 4].

2.1.1. Materijali

Karton koji se koristi za izradu komercijalnih kutija uglavnom se sastoji od mješavine pulpe, vode i dodataka. Postoje razne vrste kartonskih ploča koje se koriste za proizvodnju kutija. U farmaceutskoj industriji se preporučuje korištenje primarnih vlakanaca, iako su cjenovno skuplji od recikliranih materijala. Ukoliko se radi o recikliranim materijalima, mora se znati njihovo porijeklo kako ne bi došlo do emigracije nepoželjnih sastojaka. Neki od njih možda mogu negativno utjecati i na proizvod koji se pakira unutar ambalaže izrađene od recikliranih materijala.

Za izradu kutija za lijekove najčešće se koristi bijeljena sulfatna celuloza (*Solid bleached sulphate* - *SBS*). Ona u sebi sadrži najmanje 80% primarnih vlakanaca. Može biti

premazana kaolinom kako bi se dobio bolji otisak, a nekada i polietilenskom smolom ako se radi o ambalaži u koje se pakiraju „mokri“ proizvodi. Ponekad se, osim SBS-a, koristi premazani *newsback* karton. Najčešće ima premaz samo s jedne strane, a ovisno o zahtjevu ambalaže može imati premaz na obje strane. Strana na kojoj se vrši ispis je izbijeljeni kraft¹ s kaolinskim premazom, pri čemu kaolinski premaz daje prikladan izgled. Veće je gustoće od SBS kartona, budući da se radi o recikliranom materijalu. Reciklirana vlakna su slabija, stoga ih je potrebno više, a samim time se povećava gustoća [4].

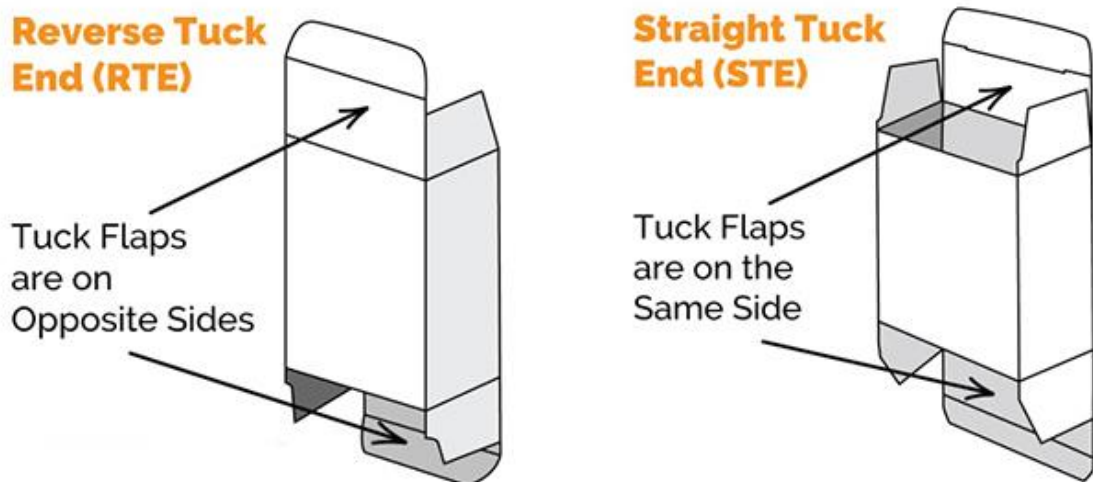
Farmaceutska industrija je u stalnom razvoju i teži inovativnijim rješenjima. Danas se često naglasak stavlja na očuvanje okoliša. Neke tvrtke za proizvodnju kutija za lijekove u industriju počinju uvoditi ekološki uravnoteženu proizvodnju ambalaže. To postižu na način da za proizvodnju kutije koriste 100% reciklirani materijal, za razliku od *newsback* kartona koji nije izrađen od 100% recikliranog materijala. To je nebijeljeni karton s kaolinskim premazom [5].

2.1.2. Dizajn i oblik kutije

Kutije za pakiranje lijekova uglavnom su izrađene od jednog komada kartona. S obzirom na oblik kutije, na jedan arak moguće je smjestiti više prireza koji se istovremeno otiskuju, a nakon toga i izrezuju. Naravno to ipak ovisi o veličini prireza, ali i o veličini arka. Osim niske cijene, kartonsku ambalažu karakterizira i lako oblikovanje i prilagođavanje bilo kojem obliku kutije. Danas postoji veliki broj različitih oblika kutija ovisno o zahtjevu proizvoda i klijenta. Kutije za farmaceutske proizvode zahtijevaju iznimno veliku preciznost jer se njihovo punjenje odvija pri velikim brzinama. Konstrukcija kutije uveliko ovisi o strojevima koji se koriste za formiranje, punjenje i zatvaranje. Danas postoje uvriježeni standardi i oblici kutija koji se koriste za pakiranje farmaceutskih proizvoda. U nastavku su navedeni neki od oblika:

¹ Kraft – naziv za papir koji se proizvodi od nebijeljene ili bijeljene sulfatne celuloze s veoma velikom otpornošću prema kidanju, prepoznatljiv po smeđoj boji.

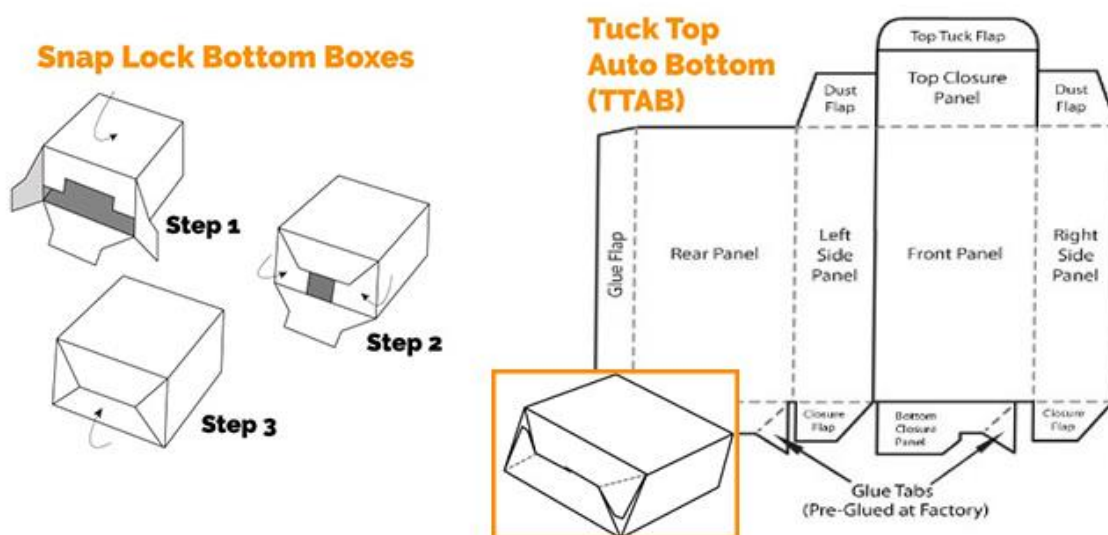
- Kutija s nasuprotnim zaticanjem – poznata pod nazivom *Reverse Tuck End (RTE)* kutija. Danas je vjerojatno najzastupljeniji oblik kutije u farmaceutskoj industriji. Karakteristika ovih kutija je da se velike klapne nalaze na nasuprotnim stranama. One služe za zatvaranje kutije s gornje i donje strane. Otvaranje i zatvaranje ovih kutija je jednostavno, pa se kutija može koristiti više puta bez da se pokvari oblik i naruši kvaliteta iste. Prilikom izrade kutije, moguće je smjestiti više prireza na jedan arak upravo zbog rasporeda klapni. Može se oblikovati ručno ili automatski na stroju prilikom punjenja. Brzina punjenja u ove kutije je relativno velika, a uglavnom služi za pakiranje proizvoda manje težine kao što su blister pakovanja tableta. Na Slici 2. je primjer RTE kutije.
- Kutija s istostranim zaticanjem – odnosno *Straight Tuck End (STE)* kutija. Velike klapne, koje služe za zatvaranje gornjeg i donjeg dijela kutije, nalaze se na istoj strani (Slika 2.). Također se mogu oblikovati ručno ili automatski kao i RTE kutije. Brzina punjenja je relativno velika te nisu preporučljive za pakiranje težih proizvoda. Proizvodnja STE kutija je nešto skuplja od RTE kutija jer se na jedan arak može smjestiti manje prireza zbog klapni koje se nalaze na istoj strani.



Slika 2. Primjer kutije s nasuprotnim zaticanjem i kutije s istostranim zaticanjem

(Izvor: <https://howtobuypackaging.com/box-styles/>)

- *Tuck Top Snap-Lock Bottom (TTSLB)* – poznate su i kao *1-2-3 Bottom* jer se zatvaranje donjeg dijela kutije odvija u tri koraka kao što je prikazano na Slici 3. Ove kutije je jednostavno oblikovati, a brzina punjenja i zatvaranja kutija je prilično velika. Dno kutije nakon zatvaranja je ravno i pravilno što omogućava vrlo jednostavno postavljanje na police prilikom izlaganja proizvoda. Nedostatak je što za oblikovanje ovih kutija treba nešto više vremena i skuplje su odnosu na RTE i STE kutije.
- Kutija s automatskim dnom – odnosno *Tuck Top Auto Bottom (TTAB)* kutija. Dno ove kutije se automatski formira. Koristi se za pakiranje težih proizvoda jer kutije kod kojih je dno „zaključano“ mogu podnijeti veće težine. Oblikovanje je vrlo jednostavno i brže u odnosu na gore navedene kutije. Brzina punjenja je također veća u odnosu na druge oblike kutija s obzirom na vrlo brzo zatvaranje. Dno je nakon zatvaranja ravno i pravilno kao i kod TTSLB kutija. Proizvodnja ovih kutija je nešto skuplja u odnosu na ostale vrste jer je potreban dodatni korak pri izradi, odnosno lijepljenja dna kutije [6]. Primjer kutije je vidljiv na Slici 3.



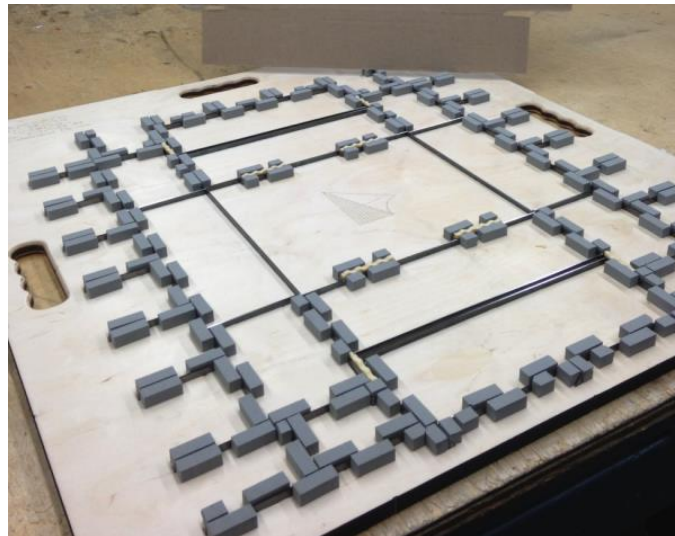
Slika 3. Primjer Tuck Top Snap-Lock Bottom kutije i kutije s automatskim dnom

(Izvor: <https://howtobuyunpackaging.com/box-styles/>)

3. OPERACIJE IZRADE KUTIJE

3.1. Štancanje

Štancanje je doradni postupak proizvodnje. Predstavlja izrezivanje oblika (u ovom slučaju plašta kutije) pomoću stroja za štancanje, tj. štancem djelovanjem sile pritiska između dvije ploče (plošna štanca) ili dva valjka (rotacijska štanca). Na štanci se izrezuju papiri, kartoni ili valoviti kartoni u željeni, prethodno definirani oblik koji daje matrica. Na Slici 4. je prikazan alat za štancanje koji se stavlja u plošnu štancu. Štancanje zauzima veliku ulogu u masovnoj proizvodnji. Ovaj način izrezivanja je jako brz i osigurava jednak rezultat svakog proizvoda.



Slika 4. Alat za štancanje

(Izvor: <https://www.boxmaker.com/>)

Alat za štancanje predstavlja kombinaciju višeslojnog lijepljenog drveta – šperploče, čeličnih linija za rezanje, žlijebljenje ili perforiranje, te gume [7]. Nasuprot nosača

čeličnih linija nalazi se protuploča. Ona služi kao podloga za rezanje, a omogućava i izradu žlijebova na određenom prirezu. Danas se za izradu protuploče najčešće koristi pertinaks. To je tehnički laminat na bazi papira i modificiranih fenolnih smola. Svaka matrica na pertinaksu odgovara čeličnim linijama na nosaču čime se omogućava dobivanje prireza s pravilnim i kvalitetnim linijama koje imaju velik značaj za daljnju obradu prireza (lijepljenje i savijanje). Osnova za izradu štanice je nacrt kutije izrađen u računalnim programima za konstrukciju i dizajn. Zatim se različitim postupcima nacrt prenosi na šperploču, nakon čega slijedi rezanje. Prvo se izbuše rupe za provlačenje pila, a nakon toga se ploča pili po odgovarajućem nacrtu. Napretkom i razvojem tehnologije omogućeno je lasersko rezanje ploča. U izrezana mjesta se stavljaju linije za rezanje (noževi), linije za perforiranje i linije za žlijebljenje. Zatim se uz čelične linije lijepi guma koja služi za izbacivanje prireza [7, 8]. Vrsta noža se određuje u ovisnosti o vrsti materijala. Ako je materijal deblji, potreban je jači nož, odnosno oštrica. Ako se radi o jednostavnijim oblicima, postoje strojevi koji oblikuju, savijaju i izrezuju oštrice. Ali ako je riječ o kompliciranim oblicima, tehničar koji izrađuje štanice, posebnim alatima manipulira oštricama [9].

Postoje dvije različite konstrukcije štanci, a to su strojevi za plošno rezanje i strojevi za rotacijsko rezanje. Zahtjevi i specifikacije proizvoda, npr. materijal, veličina, tolerancija, vrijeme obrade, trošak i sl. određuju koja vrsta štanice će se upotrebljavati. Također svaka tvrtka ne posjeduje obje vrste strojeva, stoga se štančanje odvija na onoj štanci koju tvrtka posjeduje.

3.1.1. Stroj za plošno rezanje

Ova vrsta strojeva se koristi za rezanje, perforiranje i žlijebljenje raznih materijala kao što su papiri, kartoni, valoviti kartoni, plastika i sl. [4]. Primjer ploče koja se stavlja u stroj za plošno rezanje prikazan je na Slici 1. Strojevi plošne konstrukcije dolaze uglavnom u manjim veličinama, ali zbog toga su precizniji kada se izrezuju sitni, uski detalji. Ova vrsta strojeva je prilično složena. Mogu biti tzv. offline (izvan tiskarske linije, samostalni) ili u liniji s tiskarskim strojem ili nekom drugom jedinicom koja je potrebna za određenu primjenu. No, svaki stroj sadrži jednake osnovne komponente, a to su:

- Ulagači uređaj – sastoji se od usisnih pipaka koji transportiraju arak papira/kartona s kupa u stroj.
- Odjeljak za štancanje – mjesto gdje se odvija postupak izrezivanja materijala. Arak se nalazi između ploče na kojoj je štanca i rezne ploče.
- Odjeljak za optrgavanje² – mjesto gdje se uklanja otpad (škart). Međusobnim djelovanjem gornjeg i donjeg alata se uklanja višak materijala s bočnih strana i stražnje strane, dok višak materijala s prednje strane ostaje kako bi se omogućio transport arka.
- Odjeljak za izlaganje – alat omogućava odvajanje prireza od preostalog otpada s prednje strane arka koji se odlažu na kup kako bi se omogućila daljnja obrada [10, 11].

Prednosti ove vrste strojeva su što su pogodni i za rezanje debljih materijala, minimalno deformiraju materijal, koriste se za manje narudžbe, odnosno kratkotrajnu proizvodnju, niži troškovi izrade alata. Ove vrste štanice daju jasnije i oštrije rezove jer je pritisak okomit na materijal, a samim time omogućava minimalnu deformaciju jer se materijal polaže u ravninu preše, za razliku od rotacijske štanice gdje se materijal smješta na zakrivljenu površinu. Alat za rezanje se lakše zamjenjuje kod ravne štanice, nego rotacijske čime se skraćuje i vrijeme stanke proizvodnje između različitih oblika proizvoda [12]. Današnje konfiguracije uređaja posjeduju automatsko optrgavanje čime se skraćuje vrijeme dorade, koje je potrebno kod ručnog optrgavanja. Kod strojeva s automatskim optrgavanjem u odjeljku za optrgavanje, prirezi se oslobađaju bočnog i stražnjeg otpada (viška materijala), te se na odjeljku za izlaganje odvaja prednji otpad i izlažu se gotovi prirezi. Ovakvi automatski strojevi za štancanje su najčešće instalirani u proizvodnu liniju iako mogu raditi i samostalno.

² Optrgavanje – oslobađanje prireza od viška materijala.

3.1.2. Stroj za rotacijsko rezanje

Rotacijska štanca je stroj za rezanje koji koristi cilindrične matrice za rezanje pričvršćene na rotacijsku prešu (cilindar) koji izrezuje materijal. Primjer rotacijske štance je na Slici 5. Materijal može biti u obliku role ili araka, a stavlja se između dva cilindra koji se rotiraju u suprotnim smjerovima i time izrezuju materijal.



Slika 5. Stroj za rotacijsko rezanje

(Izvor: <https://www.indiamart.com/>)

Rotacijska štanca se najčešće nalazi u liniji s tiskarskim strojem, iako može funkcionirati i zasebno. Brzina rada strojeva je usklađena kako bi se održao registar. Usklađivanje brzine često je izvedeno zupčanicima. Danas se koriste motori koji omogućavaju preciznije i dosljednije rezanje. Ova vrsta štancanja daje jako kvalitetne rezultate u vrlo kratkom vremenu. Neke od prednosti rotacijske štance su ujednačeni i dosljedni rezovi, manje otpada, laka zamjena matrica i veća brzina. Trajnost matrice omogućava rjeđu zamjenu čime se smanjuje gubitak koji odlazi na zamjenu cilindara. U usporedbi s plošnim rezanjem, koje zahtjeva neprestano podešavanje brzine i dubine rezanja, rotacijska štanca ima stalni, neprekidni pritisak cilindara koji daje učinkovitije i bolje

proizvodne rezultate. Jedan od nedostataka rotacijske štanice je što je alat za rezanje skuplji nego kod plošne štanice. Osim toga, postoje i ograničenja kod rotacijskog rezanja, a to su maksimalna duljina, širina i debljina materijala koji se obrađuje [12]. Kao i kod plošnog štanjanja i rotacijska štanica može posjedovati automatsko optrgavanje čime se dobiva na efikasnosti i uštedi vremena. Nakon optrgavanja gotovi prirezi se vodilicama prenose na kup za daljnju obradu.

3.2. Savijanje i lijepljenje

Postupkom savijanja i lijepljenja prireza dobivamo gotov proizvod. Konkretno, ako govorimo o prirezima kutije za lijekove, dobivamo gotovu kutiju koja se isporučuje korisniku za daljnju obradu, tj. punjenje. Savijanje se vrši po linijama dobivenim u procesu štanjanja, odnosno žlijebljenja. Kako bi stroj za lijepljenje detektirao koji dio kutije lijepi, na kutijama za pakiranje lijekova otiskuje se *pharma-code*. To je farmaceutski binarni kod koji se koristi za kontrolu pakiranja. Dizajniran je tako da ga očitava čitač barkoda bez obzira na pogreške u tisku. Može se otiskivati u širokom spektru boja. Mora sadržavati minimalno 3 okomite linije kako bi bio ispravan. Lijepljenje kutija za farmaceutske proizvode odvija se tako da se ljepilo kotačićem nanosi na klapnu (jezičak) za lijepljenje. Na klapni ostaje traka ljepila koja se raširi na odgovarajuću širinu kada se bočna stranica kutije pritisne na jezičac s nanesenim ljepilom. Ljepilo se nanosi ili na lijevu ili na desnu stranu, a ovisno o tome s koje strane se lijepi, na toj se strani nalazi i *pharma-code*. Na primjer, ako se ljepilo nanosi na lijevu stranu, prirez ulazi u stroj na način da je na lijevoj strani klapna s *pharama-codom* jer se prvo on očitava. Očitavanjem koda, ljepilica detektira točke lijepljenja. Kod kutija s „automatskim zaključavanjem“ ili dijagonalnim preklapanjem, ljepilo se ne nanosi u trakama, nego u točkama lijepljenja. Gotovi, slijepljeni prirezi se prilikom otpremanja na punjenje ne bi trebali čvrsto zbiti jedni uz druge jer ukoliko nisu zbijeni i spljošteni, lakše će se otvoriti prilikom punjenja. Svaki prirez treba biti okrenut u istom smjeru ukoliko se radi o automatskom punjenju. [4, 13].

3.3. Tilografski tisak

Tilografski tisak predstavlja posebnu tehniku tiska kojom se otiskuje Brailleovo pismo. Brailleovo pismo namijenjeno je slabovidnim i slijepim osobama. Izmislio ga je Louis Braille 1821. godine po kome je i dobio ime. Svako slovo pisma sastoji se od šest točaka organiziranih u dva stupca po tri točke. Točke su uglavnom ispupčene, iako mogu biti i udubljene. Svakom slovu abecede odgovara određena kombinacija točaka. To također ovisi o jeziku jer različiti jezici imaju različite slovne znakove. Tisak Brailleovog pisma danas se često naziva i „slijepim tiskom“, a uglavnom se otiskuje bez boje. U Europskoj Uniji je 2006. godine (ovisno o državi) donesen zakon da se na svaku kutiju farmaceutskog proizvoda otiskuje Brailleovo pismo. Osim što slijepim osobama olakšava korištenje proizvoda, ovaj tisak također služi kao i zaštita proizvoda od krivotvorenja. Dakako, ne predstavlja snažnu zaštitu, ali u kombinaciji s ostalim vrstama zaštite jako doprinosi smanjenju krivotvorenja proizvoda. Ovaj tisak moguće je izvesti na dva načina: prilikom štancanja i prilikom lijepljenja kutija. Otiskivanje pisma prilikom štancanja se odvija na isti način kao i kada se radi reljefni tisak. Proces otiskivanja Brailleovog pisma prilikom štancanja je znatno složeniji, nego kada se na ljepljivu nadogradi uređaj za tisak Brailleovog pisma. Nadogradnjom uređaja na ljepljivu znatno se smanjuje vrijeme pripreme i otiskivanja. Za slijepi tisak se koriste matrica (udubljeni tiskovni elementi) i patrica (ispupčeni tiskovni elementi). Potrebno je imati oba elementa kako bi otiskivanje bilo ispravno i kako ne bi došlo do probijanja materijala [13]. Primjer otiskivanja Brailleovog pisma prikazan je na Slici 6.



Slika 6. Otiskivanje Brailleovog pisma

(Izvor: <https://www.trendhunter.com/trends/embossing-of-braille-the-blind-reading-packages>)

4. OPERACIJE PAKIRANJA

Pakiranje je postupak stavljanja proizvoda u ambalažu odgovarajuće kakvoće, oblika i načina zatvaranja [14]. Proces pakiranja ovisi o vrsti proizvoda koji se pakira. Prirezi koji se dostavljaju na punjenje mogu biti lijepljeni ili nelijepljeni. Osim toga, kutije se dopremaju na punjenje unaprijed oblikovane ili kao prirezi koje je potrebno prostorno oblikovati neposredno prije punjenja, kao što je slučaj s kutijama za lijekove. Postoje i varijacije u dizajnu kutije. Primjer toga su kutije s istostranim zaticanjem i kutije s nasuprotnim zaticanjem [4].

4.1. Strojevi za pakiranje

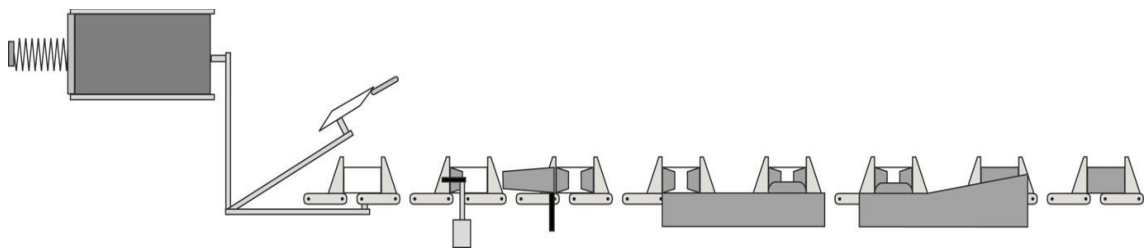
Strojevi za pakiranje se razlikuju ovisno o namjeni, stupnju automatizacije, gibanju, postavi i toku proizvoda, smjeru punjenja te brzini. Podesivi su unutar nekog određenog raspona, osobito ako se govori o sekundarnim kutijama za pakiranje, iako postoje i oni namijenjeni isključivo za jednu veličinu i tip ambalaže [15]. Zbog toga se dizajnerima preporučuje što veća moguća standardizacija kako bi se smanjili gubici potrebni za podešavanje stroja. Strojevi za pakiranje s obzirom na orijentaciju i položaj kutije prilikom punjenja mogu biti: vertikalni, horizontalni i kosi. Strojevi mogu raditi na principu jednolikog ili na principu isprekidanog gibanja. Ponekad su u strojevima omogućena oba načina, a izbor ovisi o vrsti proizvoda koji se pakira. Strojevi s isprekidanim kretanjem trenutno zaustavljaju kutiju na traci što je od velikog značaja pri ručnom umetanju ili umetanju težih proizvoda. Strojevi s jednolikim gibanjem najčešće rade pri većim brzinama, no ako su brzine manje mogu vrlo dobro raditi u kombinaciji s ručnim punjenjem. Izuzeci pokazuju da se ništa od navedenog ne može generalizirati. Izbor stroja za pakiranje ovisi isključivo o vrsti proizvoda, kutiji u koju se pakira, smjeru punjenja i dizajnu stroja. Stupanj automatizacije je važan faktor, osobito ako se govori o masovnoj proizvodnji [16].

4.1.1. Strojevi za vertikalno punjenje

Strojevi za vertikalno punjenje su bolji za ručno punjenje pri niskim brzinama. Najčešće rade na principu isprekidanog gibanja kako bi se omogućilo ručno ulaganje proizvoda. Većina današnjih strojeva se može prilagoditi za različite veličine kutija. Može se integrirati ručno ili automatsko punjenje. Što se tiče farmaceutske industrije, automatsko punjenje ima veliku prednost jer automatski vertikalni strojevi za punjenje povećavaju i učinkovitost samog procesa pakiranja. Omogućavaju brzo punjenje s gornje strane i zatvaranje kutije koja se šalje na daljnje završno pakiranje.

Uobičajeni stroj za vertikalno punjenje načinjen je od četiri lanca postavljena jedan iznad drugoga između dva zupčanika na okomitim osovinama. Na svakom lancu je pričvršćen određen broj „prstiju“, odnosno nosača koji otvaraju kutiju „smještanjem u džep“. Na jednoj strani su nosači koji oblikuju stražnji dio, a na drugom paru lanaca su nosači koji oblikuju prednji dio „džepa“. U spremniku koji je okomit na lance se nalaze spljošteni prirezi. Stroj pomoću vakuumske hvataljke ili usisnih pipaka hvata stražnju stranu prireza. Vodicica gura prirez prema bočnoj ploči čime se omogućava otvaranje kutije u „džepu“. Kutija je ograničena prednjim i stražnjim nosačima. Dalje se transportira i pri tome se vodicom manja klapna presavije u vodoravan, zatvoren položaj. Za zatvaranje stražnje manje klapne potreban je udarački mehanizam koji klapnu gura naprijed i zatvara je. Udarački mehanizam može se nalaziti na pomičnoj robotskoj ruci ili rotacijskom kotačiću. Ispod kutije se nalazi vodilica koja manje klapne drži zatvorenim. Velika donja klapna se zatvara lijepljenjem ili zaticanjem. Ako se radi o lijepljenim klapnama, neposredno prije savijanja, kutija prolazi kroz dio gdje se nalazi spremnik s ljepilom koje se raspršuje na manju klapnu. Zatim se velika klapna vodicama preklopi preko ljepljive klapne i stisne kako bi se sve skupa slijepilo. Kutije koje se zatvaraju zaticanjem imaju jednu glavnu klapnu koja se uglavnom zatvara vodicama nakon što se dvije manje klapne preklope. Budući da se kutije kroz stroj kreću prilično brzo, klapne i svi ostali dijelovi kutije moraju biti ispravno oblikovani kako se kutija ne bi zaglavila. Prilikom zatvaranja kutije, obično na donjem dijelu, koriste se pisaci ili strojevi za utiskivanje datuma ili nekog koda na vanjskoj glavnoj klapni [4, 16].

Duljina stroja ovisi o proizvodu, načinu punjenja i brzini. Punjenje se može vršiti tunelom, robotskom rukom ili slobodnim padom. Način punjenja ovisi o vrsti proizvoda. U farmaceutskoj industriji često se susrećemo s bočicama. Stavljanje bočica u kutije može se vršiti robotskom rukom ili metodom slobodnog pada. Robotska ruka uzima bočicu, prenosi je do kutije i smješta je unutar iste. Ako se koristi metoda slobodnog pada, bočice se hvataljkama hvataju i ispuštaju u kutije koje se kreću po vodilicama. Nakon što je kutija napunjena, slijedi zatvaranje njezinog gornjeg dijela. Postupak je sličan kao i kod zatvaranja donjeg dijela kutije. Obično kutije koje imaju lijepljeno dno, lijepe se i u gornjem dijelu. No, to nije uvijek slučaj. Nerijetko nailazimo i na posebne načine zatvaranja, gdje je dno zalijepljeno, a gornji dio se zatvara zaticanjem [16]. Na Slici 7. je shematski prikaz zatvaranja kutije vodilicama.

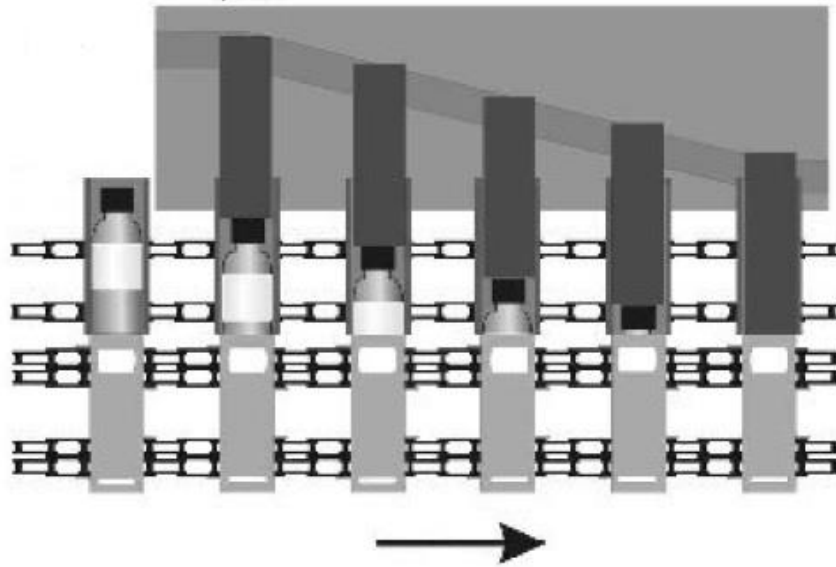


Slika 7. Shematski prikaz zatvaranja kutije vodilicama

(Izvor: Donevski, D.: Predavanja iz kolegija „Ambalaža i tehnologija I“, Zagreb, 2018./2019.)

4.1.2. Strojevi za horizontalno punjenje

Kao što je već navedeno, strojevi za horizontalno punjenje mogu raditi na principu isprekidanog ili na principu jednolikog gibanja. Tendencija je da rade na principu jednolikog gibanja budući da se uglavnom radi o većim brzinama pakiranja. Prirezi se nalaze u spremniku koji bi trebao biti dulji kako bi se smanjila potreba za čestim punjenjem istog. Na odjeljku preuzimanja, neoblikovane kutije se iz spremnika mogu izvaditi pomoću pomične „ruke“ ili kružnog mehanizma koji se konstantno okreće. Kružni mehanizam se sastoji od rotacijskog diska s nekoliko horizontalnih „ruku“ koje na sebi imaju usisne pipke, a koje se rotiraju u suprotnom smjeru od rotacijskog diska. Na taj način izvlače prireze iz spremnika i prosljeđuju ih dalje na otvaranje. Princip otvaranja dosta je sličan kao kod vertikalnih strojeva. Neke vrste strojeva posjeduju dodatni stacionarni štap s usisnim pipcima. Dok se prirezi okreću oko stacionarnog štapa, manja stranica prireza je na trenutak zadržana kako bi se omogućilo otvaranje kutije. To je osobito važno za kutije kvadratnog oblika kod kojih su žlijebovi točno nasuprot jedni drugima. Kod kvadratnih oblika, uobičajenom metodom otvaranja kutije, može doći do nepravilnog otvaranja kutije u tzv. „L“ oblik. Dodavanjem drugog seta hvataljki omogućeno je ispravno otvaranje kutije. Nakon što je kutija oblikovana, prenosi se do mjesta gdje se vrši punjenje u kutije. Ako se radi o ručnom punjenju, to je najčešće nekakav stol. Budući da se radi o strojevima s horizontalnim punjenjem, češće su konfiguracije strojeva s automatskim punjenjem. Na Slici 8. shematski je prikazan princip horizontalnog punjenja.



Slika 8. Shematski prikaz horizontalnog punjenja

(Izvor: Henry J. R. (2012.), Packaging Machinery Handbook, Createspace Independent Pub)

Strojevi se sastoje od niza trostranih džepova u koje se smještaju proizvodi. Džepovi rade sinkronizirano s kutijama koje će se u njih smjestiti. Kutije i proizvodi se transportiraju duž stroja za punjenje. Prilikom njihova transporta, kamerom aktiviran gurač, gura proizvod iz džepa u kutiju. Moguće je umetnuti i više proizvoda odjednom u kutiju kao što je slučaj s lijekovima u blister pakovanju ili općenito lijekovima jer svaki proizvod sadrži upute o korištenju. Proizvodi se u džep mogu stavljati ručno, automatski ili kombinacijom ručnog i automatskog. Prednosti punjenja kutija guračem je što omogućavaju pravilno grupiranje proizvoda što nije slučaj kod punjenja slobodnim padom gdje proizvod pada u kutiju bez ikakvog reda. Nakon što je kutija napunjena slijedi zatvaranje. Postupak je sličan kao i kod strojeva s vertikalnim punjenjem. Razlika je u tome što kod strojeva s horizontalnim punjenjem najčešće obje strane zatvaraju istovremeno. Jedna od prednosti nad strojevima s vertikalnim punjenjem je što ovi strojevi imaju bolju kontrolu punjenja [16].

5. LEAN PROIZVODNJA

Za pojam *Lean* ne postoji točna definicija. Prevedeno s engleskog na hrvatski, riječ *Lean* doslovno znači „vitak“. Stoga, kada se govori o *Lean* proizvodnji misli se na „vitku proizvodnju“. *Lean* metoda predstavlja smanjivanje troškova uz povećanje kvalitete pomoću *Lean* alata [17]. Vitka proizvodnja znači manje svega, manje pogona, manje skladišta, manje vremena, manje ljudskog napora, manje investicija, napora i kapitala. Ona predstavlja neprekinuti proces koje se ne može implementirati preko noći, a skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda. Osnovno načelo *Lean* proizvodnje je da se proizvodi točno ono što kupac želi, tj. kvalitetu i količinu proizvoda izravno diktira tržište. Cilj je stvaranje što učinkovitije proizvodnje i poboljšanja procesa bez rasipanja. Prvi korak uspješnosti vitke proizvodnje je razumijevanje samog koncepta *Lean-a* [18].

5.1. Povijest *Lean-a*

Pojam *Lean* prvi je put primijenjen u knjizi „*The machine that changed the world*“ (*J.P. Womack i D.T. Jones*), koja je bila rezultat istraživanja *IMVP-a* (*International Motor Vehicle Program*). U knjizi su opisane razlike između japanske i zapadne automobilske industrije. Što se tiče poboljšanja učinkovitosti proizvodnje, prva osoba koja je obnovila cijeli proizvodni proces bio je *Henry Ford*. Stvorio je linijsku proizvodnju na način da je uveo korištenje specijaliziranih strojeva od kojih je svaki namijenjen izradi određenog dijela proizvoda (vozila). Time je pridonio povećanju kvalitete izrade svakog dijela vozila te skratio vrijeme izrade. Ovim načinom omogućeno je i lakše sastavljanje vozila uvođenjem pokretne trake na liniji za sastavljanje vozila. Nedostatak ovog načina proizvodnje je bila nemogućnost izrade različitih vrsta dijelova. Svaki model je izgledao isto, no zahtjevi kupaca su zahtijevali raznolikost. Bez obzira što je *Ford* uspio ubrzati proizvodnju, a samim time stvoriti jeftiniju proizvodnju, odnosno pristupačniju cijenu vozila na tržištu, nije uspio zadržati kupce koji su težili pronalaženju novih modela vozila.

Bilo je potrebno proizvoditi što više različitih modela u manjim serijama kako bi se smanjili nepotrebnih gubici koji su nastali proizvodnjom istih modela vozila.

U međuvremenu, *Kiichiro Toyoda* i *Taiichi Ohno* u tvrtki *Toyota* u Japanu su došli na ideju kako bi niz inovacija omogućio širu paletu proizvoda i veću kontinuiranu proizvodnju. Po uzoru na *Fordov* način razmišljanja, izumili su *Toyota Production System (TPS)*. Ovaj sustav omogućio je rješavanje problema kojeg su imali u *Fordu*, odnosno proizvodnju istih modela. Zaključili su da je potrebno uvesti strojeve koji proizvode potrebnu količinu i koji imaju opciju kontrole kvalitete proizvoda, te da ih je potrebno postrojiti u proizvodnu liniju po redu kako se izvršavaju procesi jedan za drugim. Strojevi bi trebali imati mogućnost brzog podešavanja gdje bi svaki stroj u vrlo kratkom vremenu mogao proizvoditi velike količine različitih dijelova. Također bi svaki sljedeći korak procesa proizvodnje trebao obavijestiti prethodni korak o trenutnim potrebama za materijalima. Time je omogućeno dobivanje niske cijene, velike raznolikosti, visoke kvalitete, te brzog odgovora na promijene koje kupac zahtijeva [19, 20].

Izraz „*Lean*“ prvi put je korišten od strane znanstvenika *International Motor Vehicle Project-a* koji su radili na *MIT-u (Massachusetts Institute of Technology)* 80-ih godina prošlog stoljeća. Tim pojmom su opisali Toyotin proizvodni pristup u Japanu koji se tada uveliko razlikovao od serijske proizvodnje koja je bila zastupljena u SAD-u i Europi. TPS se često poistovjećuje s *Just In Time (JIT)*³ proizvodnjom. *Lean* se također poistovjećuje s JIT-om, no znanstvenici koji su radili na projektu, a ujedno su i autori knjige *The Machine That Changed The World (Womack, Jones i Ross)*, u kojoj se prvi put spominje izraz *Lean*, objasnili su kako ta dva pojma nemaju isto značenje i da *Lean* preciznije opisuje proizvodne procese. Vitka proizvodnja je opsežnija u odnosu na TPS i njihov JIT proizvodni pristup i ne odnosi se samo na procese proizvodnje, nego puno više od toga. Cilj *Lean-a* je uključiti sve djelatnike u proces, kako bi se zajedničkim djelovanjem otkrili potencijalni problemi i omogućilo njihovo rješavanje. Predstavlja intelektualni pristup koji se sastoji od sustava mjera i metoda koje osiguravaju stvaranje

³ Just in Time (JIT) – pojam koji predstavlja proizvodnju bez zaliha. Proizvodi se ono što je potrebno, koliko je potrebno i kada je potrebno, bez skladištenja.

„vitkog“ stanja u tvrtki. Tvrtkama se uvođenjem vitke proizvodnje omogućava povećanje konkurentnosti na globalnoj razini [19, 21].

5.2. Cilj i prednosti *Lean-a*

Glavni cilj vitke proizvodnje je što više povećati proizvodnu vrijednost uz minimalno rasipanje (otpad), odnosno stvaranje veće vrijednosti za kupce uz što manje resursa. Temelji se na uočavanju vrijednosti koje kupci žele i orijentiraju se na procese koji su ključni za kontinuirano povećanje tih vrijednosti. Krajnji cilj vitke proizvodnje je pružanje savršene vrijednosti kupcu kroz savršen postupak stvaranja vrijednosti koji nema otpada. Kako bi se to postiglo, vitka proizvodnja usredotočena je na definiranje vrijednosti sa stajališta krajnjeg kupca, potpuno otklanjanje rasipanja u svim procesima i na neprekidno poboljšavanje radnih procesa i djelatnika. Otklanjanjem rasipanja duž cijelog toka stvaranja vrijednosti, a ne samo u posebnim dijelovima proizvodnje, stvara se proces u koji je potrebno uložiti manje ljudske snage i truda, manje prostora, kapitala i manje vremena za izradu proizvoda [19]. Primjenom vitke proizvodnje poboljšava se kvaliteta poslovanja, protočnost poslovanja, organizacija rada, smanjuju zalihe i povećava zadovoljstvo kupca [17].

5.2.1. Prednosti *Lean-a*

Uvođenjem *Lean-a* u tvrtku daje se niz prednosti koje stvaraju fleksibilnije proizvodne procese i na taj način se kupčevi zahtjevi ispunjavaju na brži i bolji način. Vitka proizvodnja stvara solidan proizvodni proces koji stvara velike šanse za poboljšanje cijele tvrtke. Neke od prednosti su:

- Inteligentniji poslovni proces – proizvodi se samo onoliko koliko je potrebno i kada je potrebno.
- Poboljšana upotreba resursa – resursi se koriste samo kada su potrebni jer djeluju samo na temelju želje kupaca.

- Poboljšana usredotočenost – smanjuje se rasipanje, omogućava se usredotočenost samo na procese koji stvaraju vrijednost.
- Poboljšana produktivnost i učinkovitost – poboljšanjem usredotočenosti zaposlenika povećava se i produktivnost i učinkovitost, bez pridavanja pozornosti nepotrebnim aktivnostima [22].

5.3. Načela *Lean-a*

Prethodno spomenuti *Womack* i *Jones* su 1996. godine definirali pet osnovnih koraka koji omogućavaju postizanje vitke proizvodnje. Na Slici 9. prikazana su osnovna načela *Lean-a*.



Slika 9. Osnovna načela *Lean* proizvodnje

(Izvor: <https://theleanway.net/The-Five-Principles-of-Lean>)

1. **Određivanje vrijednosti** – odnosi se na određivanje vrijednosti prema kupcu, odnosno odrediti vrijednost iz perspektive korisnika, neovisno radi li se o krajnjem kupcu ili korisniku u toku procesa. Vrijednost predstavlja ono što je kupac spreman platiti. Najvažnije je otkriti potrebe kupca jer ponekad kupac nije dovoljno jasno izrazio što želi. Često je to slučaj s proizvodima i tehnologijama koji su novi na tržištu. Danas postoji puno tehnika koje olakšavaju shvaćanje i otkrivaju što kupac smatra vrijednim. Svaki postupak koji ne daje vrijednost konačnom proizvodu potrebno je ukloniti, kako ne bi bilo rasipanja.
2. **Mapiranje tijeka vrijednosti** – predstavlja drugi korak koji služi za određivanje svih aktivnosti i procesa koji doprinose vrijednosti. Tok vrijednosti predstavljaju svi procesi koji su uključeni u kreiranje, proizvodnju i otpremanje konačnog proizvoda. Ovaj korak pomaže u pronalaženju dijelova koji ne pridonose vrijednosti, te pronalaženju rješenja za njihovo uklanjanje. Uklanjanjem nepotrebnih procesa smanjuju se troškovi proizvodnje i omogućuje isporuka upravo onoga što kupac želi. Prema *Womack-u* i *Jones-u* mogu se pojaviti tri tipa aktivnosti:
 - Aktivnosti koji stvaraju vrijednost (engl. *Value-added activities*),
 - Aktivnosti koje ne donose vrijednost, ali su neophodne (engl. *Non-value-added activity*) - potrebno ih je što više minimizirati.
 - Aktivnosti koje ne donose vrijednost i mogu se odmah eliminirati (engl. *Wasteful activity*) - potrebno ih je potpuno eliminirati iz procesa.
3. **Stvaranje tijeka proizvodnje** – osigurava da se svaki korak proizvodnje odvija nesmetano bez prekida ili odgađanja. Ukoliko dođe do prekidanja procesa, pojaviti će se gubici. Kako bi se omogućio nesmetani tijek proizvodnje potrebno je neke korake analizirati, podesiti ili u potpunosti promijeniti. Često je potrebno stvoriti timove koje tvore ljudi koji pokrivaju različita područja proizvodnje i omogućiti im dodatne edukacije kako bi bili vještiji i prilagodljiviji. Tako je omogućeno razlaganje proizvodnog procesa na manje dijelove, čime se olakšava uklanjanje problema koji prekidaju proces i stvaraju prepreke pri proizvodnji. Detaljno razrađen tijek proizvodnje stvara visoku vrijednost za kupca.
4. **Uspostavljanje odaziva** – osigurava stabilnu proizvodnju i omogućava timovima lakše i brže ispunjavanje radnih zadataka. Ovo načelo *Lean-a* smanjuje otpad u

bilo kojem proizvodnom procesu. Cilj je ograničiti zalihe koje predstavljaju najveće gubitke u proizvodnji. Osigurava JIT proizvodnju i stvaranje samo potrebne količine proizvoda koji se izrađuju prema potrebama krajnjih kupaca. Odnosno, osigurava proizvodnju onda kada je potrebno i na taj način se smanjuju troškovi proizvodnje i skladištenja.

- 5. Težnja savršenstvu** – predstavlja najvažnije načelo vitke proizvodnje. Ovdje se uočava sve što je učinjeno, što je još potrebno učiniti i sve prepreke koje mogu nastati tijekom procesa. Kako bi vitka proizvodnja bila učinkovita potrebno je neprekidno uvođenje poboljšanja. Svaki zaposlenik treba težiti savršenstvu i biti uključen u implementaciju *Lean-a* kako bi se omogućilo poboljšanje proizvodnje [20, 23].

Ovih 5 načela potiču stvaranje boljeg protoka rada u proizvodnim procesima i razvijaju „kulturu“ stalnog poboljšanja. Korištenjem načela, proizvodna tvrtka povećava vrijednost koju isporučuje kupcima, smanjuju se troškovi poslovanja i povećava produktivnost [23].

5.4. Alati *Lean-a*

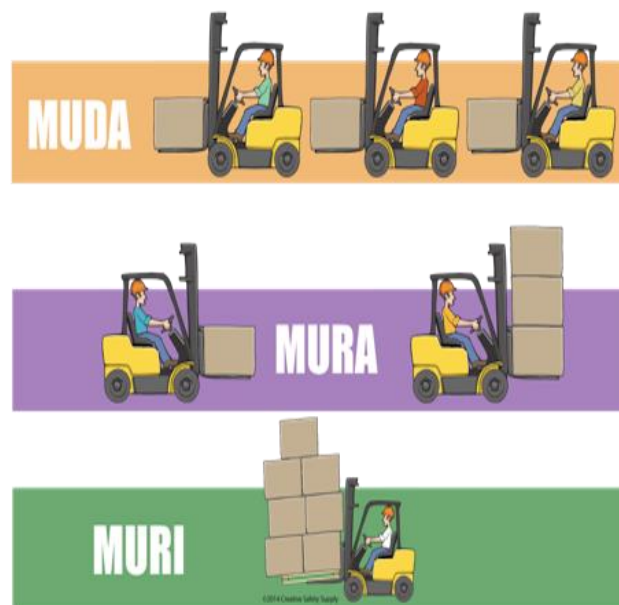
Alati koji se koriste u vitkoj proizvodnji se odnose na organizaciju i ljude, kvalitetu, pripremu i održavanje, protočnost materijala kroz proizvodnju, tehnologiju i procese. Postoji još *Lean* alata koji služe za postizanje vitke proizvodnje, no u nastavku su navedeni najčešći:

- ***Kaizen*** – predstavlja kontinuirano poboljšanje cijelog tima.
- ***Kanban*** – temelji se na stalnom praćenju stanja i nabavi materijala, koja je regulirana potražnjom na tržištu. Svi dijelovi proizvodnje se opskrbljuju materijalima samo u potrebnim količinama.
- ***JIT (Just In Time)*** – sustav koji omogućuje proizvodnju u određenim količinama. Proizvodi se ono što je potrebno, kada je potrebno i koliko je potrebno.

- **SMED** (*Single Minute Exchange of Dies*) – brza zamjena alata. Rezultat uvođenja ovog sustava je da se bilo koji alat može promijeniti i podesiti u samo nekoliko minuta ili čak sekundi.
- **Poka Yoke** – sprječava da proizvodi neprimjerene kvalitete napuste proces.
- **5S** (*Sort, Straighten, Shine, Standardize, Sustain*) – predstavlja 5 načela za organizaciju radnog mjesta. Primjenom 5S sustava povećava se kvaliteta, produktivnost i pouzdanost strojeva [24].

5.5. Vrste gubitaka

Kao što je već spomenuto, glavni cilj vitke proizvodnje je smanjivanje i uklanjanje gubitaka. Kada se govori o gubicima vezanim za *Lean* proizvodnju, često se nailazi naziv *Muda*. To je japanski naziv za otpad/gubitke. Osim *Muda* postoje još *Mura* (predstavlja neujednačenost) i *Muri* (predstavlja preopterećenost). Što to zapravo predstavlja prikazano je na Slici 10.



Slika 10. *Muda*, *Mura* i *Muri*

(Izvor: <https://theleanway.net/muda-mura-muri>)

Gubitak predstavlja sve ono što ne donosi nikakvu vrijednost proizvodu. U proizvodnji koja se temelji na *Lean-u* postoji 7 vrsta gubitaka koji su navedeni u nastavku:

- 1. Transport** – predstavlja premještanje proizvoda od jednog mjesta do drugog. Ne dodaje vrijednost proizvodu, pa je stoga preporučljivo smanjiti transport proizvoda na minimum. Premještanje utječe na vrijeme i prostor, pri čemu se stvaraju gubici. Transport se unutar tvrtke uglavnom odvija viličarom, dizalicama, kamionima ili ručno. Ručni transport predstavlja najveće gubitke. Zbog toga se u proizvodnji preporučuje uvođenje automatiziranih prijenosnika, robota i transporterata.
- 2. Prekomjerne zalihe** – često se na skladištu nalazi višak proizvoda ili materijala. Zalihe zauzimaju prostor, uzrokuju zastarijevanje robe, troškove transporta i skladištenja.
- 3. Nepotrebni pokreti** – svaki nepotreban pokret koji zaposlenik napravi predstavlja gubitak neovisno radili se o premještanju robe, slaganju, traženju robe ili ljudi i slično. Organizacijom proizvodnje i smještanjem potrebnih resursa na dostupnija i određena radna mjesta, nepotrebni pokreti mogu biti u potpunosti uklonjeni ili automatizirani.
- 4. Čekanje** – predstavlja zastoje do kojih dolazi zbog ljudi, proizvodnih procesa ili čekanja na resurse. Čekanje je najčešće i najveći gubitak u proizvodnji. Prednost je što se lako uočava pa se zbog toga može brže ukloniti.
- 5. Prekomjerna obrada** – prilikom izrade proizvoda se izvode nepotrebni dodatni koraci. Često stvara veću vrijednost proizvoda, no što je kupac spreman platiti. Predstavlja gubitke jer se nepotrebnim procesima stvara dodatna vrijednost koju kupac ne želi.
- 6. Prekomjerna proizvodnja** – proizvodnja prevelike količine proizvoda (više no što je potrebno na tržištu). Predstavlja gubitak koji utječe na sve ostale gubitke jer zahtjeva ulaganja u zalihe i više materijala kako bi se proizvele velike količine. Do prekomjerne proizvodnje često dolazi iz sigurnosnih razloga, kada se tvrtka želi osigurati u slučaju da dođe do kvara stroja i zastoja proizvodnje.

- 7. Greške** – predstavljaju otpad, defektne proizvode koji nisu više upotrebljivi. Ponovna obrada proizvoda ili pronalaženje i uklanjanje grešaka dovodi do gubitaka u vremenu i radu. Ulaganjem u sustave koji omogućuju kontrolu kvalitete i proizvodnje smanjuju se greške i otpad [20, 24].

5.6. *Lean* u ambalažnoj industriji

Ambalaža omogućava korisniku posjedovanje proizvoda u željenom obliku, u željeno vrijeme, na željenom mjestu. Vitka se proizvodnja izravno ne odnosi na uklanjanje ambalaže, ali se njome može omogućiti uklanjanje „pretjerane ambalaže“. Pod pojmom „pretjerana ambalaža“ misli se na dodatnu ambalažu, u koju se pakira već zapakiran proizvod. To znači da ukoliko proizvod i ne posjeduje dodatnu ambalažu, neće biti ugrožen. No, ono što zapravo predstavlja „pretjeranu ambalažu“ je subjektivno. Zbog toga bi trebalo za svaki proizvod napraviti analizu. Time bi se odredila najmanja količina ambalaže koju proizvod zahtjeva kako bi se u potpunosti ispunili svi potrebni zahtjevi proizvoda. Većina proizvodnih tvrtki koja koristi *Lean* metodu poboljšanja procesa ne primjenjuje istu kada se radi o smanjenju troškova ambalaže i pakiranja u ambalažu. Troškovi ambalaže i pakiranja razlikuju se ovisno o vrsti proizvoda. Na primjer, ako je proizvod ogroman ili ako se radi o osjetljivom proizvodu, tada troškovi znaju biti iznimno visoki.

Što se tiče uloge *Lean-a* u ambalaži, danas se često povezuje s održivošću jer imaju dosta toga zajedničkog. Cilj održivosti, ali i *Lean-a* je uklanjanje otpada i stvaranje što boljih rezultata, uz što manje resursa. Kvaliteta ambalaže i općenito proizvodnje, povećana je korištenjem *Lean* načela. Svaki zapakirani proizvod sadrži dvije komponente: proizvod i ambalažu. Povećanjem kvalitete svake komponente, povećava se i kvaliteta cijelog zapakiranog proizvoda. Ambalaža povećava kvalitetu kroz svoje osnovne funkcije: zaštitnu, prodajnu i uporabnu. Često se kvalitetnijim proizvodom smatra onaj koji je bolje zaštićen pa se zbog toga kroz ambalažu pokušava povećati kvaliteta proizvoda. Neki od primjera vitke proizvodnje u ambalažnoj industriji su:

- Konfiguracija/rekonfiguracija linije za pakiranje u jednostavnije operacije.

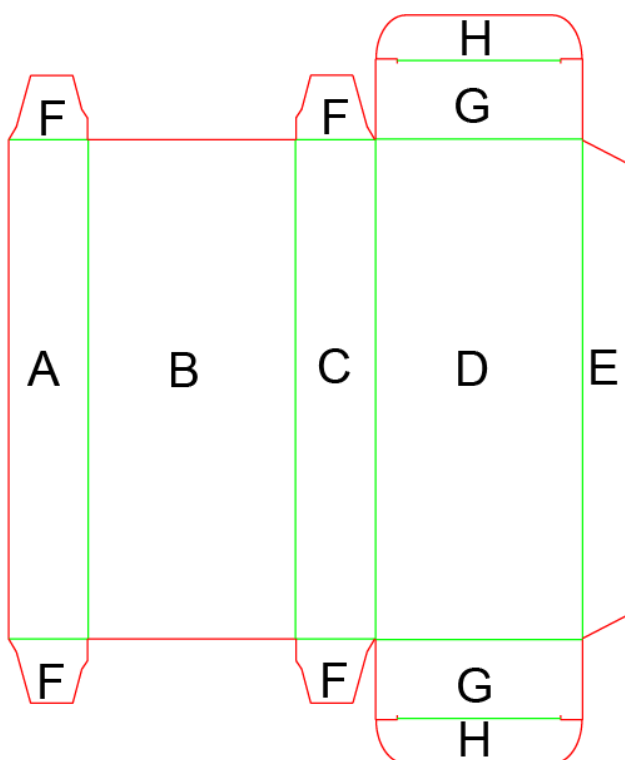
- Uspostavljanje veće brzine kod strojeva za pakiranje.
- Računalno kontrolirani procesi bez nadzora radnika.
- Optimizacija prostora rasporedom strojeva [25].

6. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom dijelu rada bit će prikazani problemi koji se javljaju prilikom procesa izrade i punjenja u kartonske kutije na liniji za pakiranje. Pratit će se neka od svojstva materijala koja utječu na proizvodnju. Bit će utvrđene kritične točke proizvodnje. Nakon utvrđivanja problema koji se javljaju, predložit će se moguća rješenja koja će omogućiti bržu i kvalitetniju proizvodnju.

6.1. Izrada nacrtu složive kartonske kutije za lijekove

Prilikom izrade nacrtu kartonske kutije, potrebno je biti upoznat s vrstom materijala koji će se koristiti za izradu kutije. Izbor materijala za kutiju ovisi o vrsti proizvoda koji se pakira u nju. U radu će biti prikazana izrada nacrtu kutije s istostranim zaticanjem (Slika 11.).

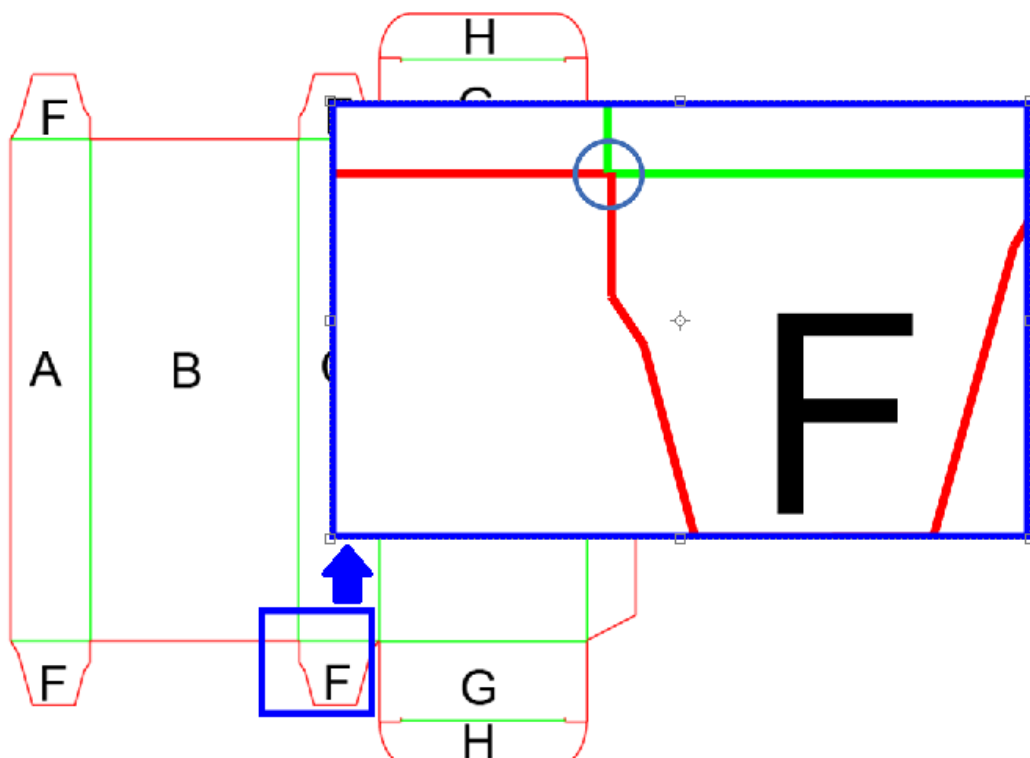


Slika 11. Nacrt kartonske kutije za lijekove

Budući da se pakiranje lijekova odvija na automatiziranim linijama pri velikim brzinama, minimalna odstupanja na prirezu mogu uzrokovati velike zastoje. Crvenom bojom označeni su dijelovi koji se izrezuju, a zelenom bojom dijelovi koji se žlijebe.

U nastavku su prikazane neke od kritičnih točaka koje je potrebno pratiti prilikom izrade nacрта:

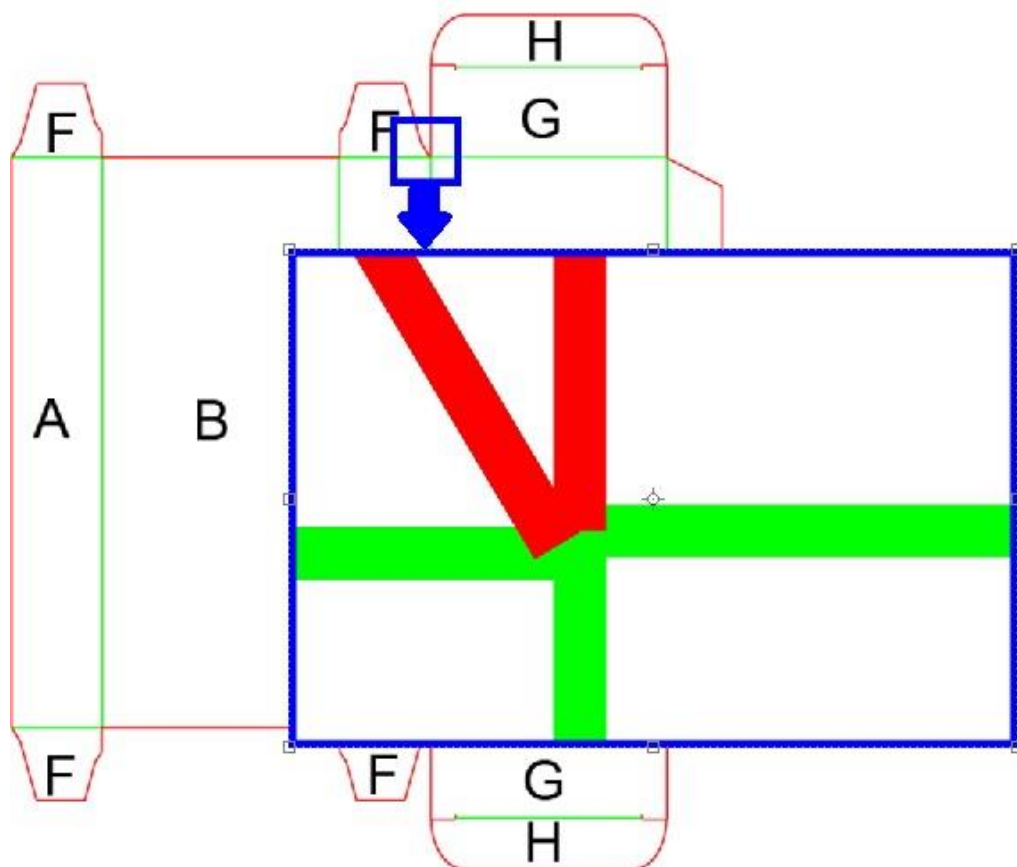
Unutrašnje dimenzije kutije iznose 47x18x114 mm, a debljina materijala je 0,5 mm. Kako bi se omogućio nesmetan prolazak kroz liniju za punjenje, te omogućilo nesmetano zatvaranje (zaticanje) kutije, na određene linije za žlijebljenje je potrebno dodati određene iznose duljina. Iznos duljine koji se dodaje je uglavnom debljina materijala od kojeg se kutija izrađuje. Na stranicu E nije potrebno dodavati duljinu jer ona predstavlja jezičak za lijepljenje koji ne utječe na dimenzije kutije, potrebno je samo da ne bude viši i širi od zadanih dimenzija, kako bi se omogućilo nesmetano zatvaranje klapni. Na unutrašnje klapne F također se ne dodaju određeni iznosi duljine, odnosno stranice A i C moraju biti dulje, kako bi se klapne F mogle neometano presaviti prema unutra. Primjer uže klapne F vidljiv je na Slici 12.



Slika 12. Primjer unutrašnje klapne

Na slici je vidljivo kako vertikalna crvena linija nije u ravni s vertikalnom zelenom linijom, a to je upravo ta razlika u nadodanoj duljini na stranicu C.

Na visinu stranice D se dodaje određeni iznos duljine, budući da G označava klapne koje se savijaju preko unutrašnjih F klapni. Određeni iznos se dodaje kako ne bi došlo do napregnutosti klapni G nakon zatvaranja. Na Slici 13. je primjer razlike u visini između stranice C i stranice D na kojoj se nalazi klapna G, a na koju je dodan određen iznos duljine (zeleno horizontalne linije nisu u istoj ravni – zbog razlike u visini).



Slika 13. Razlika u visini stranice C i stranice D

Visina stranice H obično je nešto manja od polovine visine stranice G. Osim toga, važno je uočiti da su stranice H zakrivljene na rubovima. Razlog tome je što zakrivljeni rubovi olakšavaju zaticanje klapne H u unutrašnjost kutije na liniji za pakiranje. Ukoliko bi stranice bile ravne, bez zakrivljenih rubova, zatvaranje bi bilo teže izvesti jer bi moglo doći do zapinjanja pri velikim brzinama.

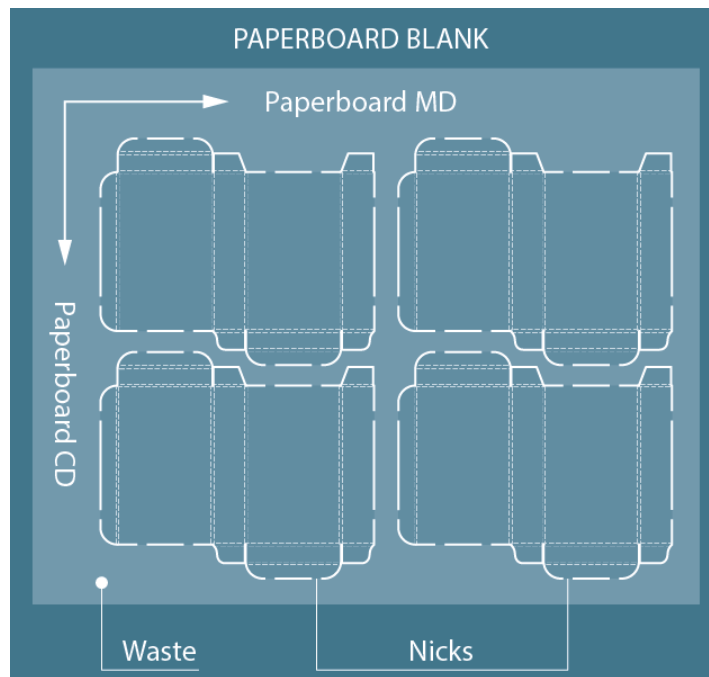
Kao što je vidljivo na slikama, razlike u dimenzijama stranica su jako male, ali iznimno važne za neometanu proizvodnju. Na svaku od ovih točaka izrade prireza potrebno je obratiti pozornost.

Načela vitke proizvodnje temelje se na kontinuiranim poboljšanjima proizvodnih procesa. Svaki od procesa je potrebno zasebno pratiti i analizirati kako bi se lakše otklonili gubici. Nepravilno izrađeni nacrti ujedno znače i gubitak. O nacrtu kutije ovise svi budući procesi proizvodnje: izrada alata za štancanje, podešavanje stroja za lijepljenje, punjenje i zatvaranje kutije.

6.2. Praćenje svojstava materijala

Prethodno su u radu navedene najčešće vrste materijala koje se koriste za izradu kartonskih kutija za lijekove. Svaki od tih materijala zahtijeva poseban način pripreme alata za štancanje. No, zajedničko svim vrstama kartona je da njihovi rezultati ovise o smjeru vlakana, količini vlage u kartonu, debljini, gramaturi, površinskoj obradi i slično. Prilikom izrezivanja prireza, na čeličnim reznim linijama nalaze se premoštenja (prorezi). Na tim mjestima prirez ostaje neizrezan (ostaju mali „zarezi“), što omogućava lakše premještanje araka do odjeljka za optrgavanje. Na Slici 14. su prikazani prorezi (*Nicks*) koji se izrađuju na reznim linijama, na Slici 15. su rezultati na prirezu, nakon štancanja.

Kemijska vlakanca čine karton čvrstim i osiguravaju čiste, glatke rubove nakon rezanja. Zbog toga se na kartonima koji su izrađeni od kemijskih vlakana mogu izraditi manji „zarezi“. Optimalne dimenzije „zareza“ su od 0,4 mm do 1 mm, ovisno o čvrstoći kartona. Preporučeno je stavljati što manje „zareza“, te ih udaljiti što je više moguće. Na klapne na koje se nanosi ljepilo ne stavljaju se „zarezi“. Čvrstoća „zareza“ ovisi i o smjeru vlakana. Oni koji se nalaze na strani gdje je uzdužni smjer vlakana dvostruko su čvršći u odnosu na one koji se nalaze gdje su vlakanca u poprečnom smjeru.



Slika 14. Prorezi na čeličnim linijama za rezanje
 (Izvor: <https://www2.iggesund.com/en/>)



Slika 15. Preostali „zarez“ nakon štancanja
 (Izvor: <https://www.nature-gifts.com/>)

Problemi prilikom štancanja uveliko ovise o debljini kartona, postotku vlage u kartonu ili istrošenosti alata za štancanje. Ukoliko je postotak vlage u kartonu veći od preporučenog, nakon štancanja može doći do izvijanja prireza koje će otežati postupke savijanja, lijepljenja i punjenja u kutije. Osim vlage, veliki utjecaj na precizno izrezivanje i žlijebljenje imaju i premazi (primjer: lakovi) ili plastifikacija araka.

Što se tiče žlijebljenja, kako bi se dobio pravilan žlijeb koji omogućava precizno savijanje uz mali otpor, potrebno je izraditi uske i duboke žlijebove. Prilikom žlijebljenja i savijanja karton je izložen velikim naprezanjima i deformacijama. Debljina kartona ima velik utjecaj na odabir alata za žlijebljenje. Loš izbor alata može dovesti do probijanja kartona ili nestvaranja žlijebova, čime će savijanje i oblikovanje kutije biti onemogućeno [26].

Svaka tvrtka koja se bavi proizvodnjom komercijalnih kartonskih kutija za lijekove treba osobu ili tim koji se bavi nabavom potrebnih materijala. To predlaže i *Lean* metoda. Prema *Leanu*, za poboljšanje poslovanja, potrebno je formirati timove. Tim koji se bavi nabavom materijala treba biti educiran i znati što je „popularno“ i koji su materijali trenutno najzastupljeniji u farmaceutskoj industriji, a ujedno i najpovoljniji za tvrtku. Tim prati kolika je potrošnja svakog materijala i sukladno tome vrše nabavu. Ovakvim, vitkim načinom poslovanja, uklonjene su prekomjerne zalihe materijala koje i stvaraju najveće gubitke u proizvodnji. Kod slučaja nabave materijala moguće je korištenje *Kanban Lean* alata koji se bavi stanjem materijala na tržištu. Na taj način su svi proizvodni procesi u kojima se koristi neki od materijala (karton, ljepilo) opskrbljeni dovoljnom količinom, bez bespotrebnih zaliha koje bi stvarale gubitke.

Materijal, u ovom slučaju karton za izradu kutije, nakon nabave potrebno je ispitati (kontrolirati). Kontrola kvalitete materijala je obavezna, osobito ako se radi o materijalima od novih dobavljača, čijom kvalitetom i pouzdanošću tvrtka još nije upoznata. Kontrola kvalitete osigurava uklanjanje mogućih pogrešaka u proizvodnji koje može izazvati pogrešan odabir materijala. Nedostaci se mogu javiti i u samom sastavu materijala i upravo zbog toga je neophodno napraviti ispitivanje svojstava materijala.

Prema *Lean* načelima, prilikom odabira kartona za izradu kutije, važno je znati što kupac zapravo zahtijeva. Danas je na tržištu dostupan veliki izbor različitih vrsta kartona. Zbog toga je potrebno s kupcem dogovoriti vrijednost konačnog proizvoda. Dogovor s kupcem je potrebno dokumentirati kako bi se pri isporuci, ukoliko bi došlo do neslaganja, moglo

utvrditi što je zapravo dogovoreno. Karton koji se koristi za izradu kutije treba odgovarati zahtjevima proizvoda. Cijena gotovog proizvoda ovisit će i o izboru kartona. Često se tvrtke odluče za neke alternativne, jeftinije vrste kartona, unatoč dogovoru s kupcem, kako bi ostvarile što veću dobit, što na kraju stvara suprotan učinak. Ponekad proizvođači žele povećati kvalitetu i vrijednost proizvoda što također stvara gubitke jer kupac želi platiti samo ono što je dogovoreno. U nastavku će biti objašnjeno kako svojstva materijala utječu na žlijebljenje i savijanje.

6.2.1. Podesnost za žlijebljenje

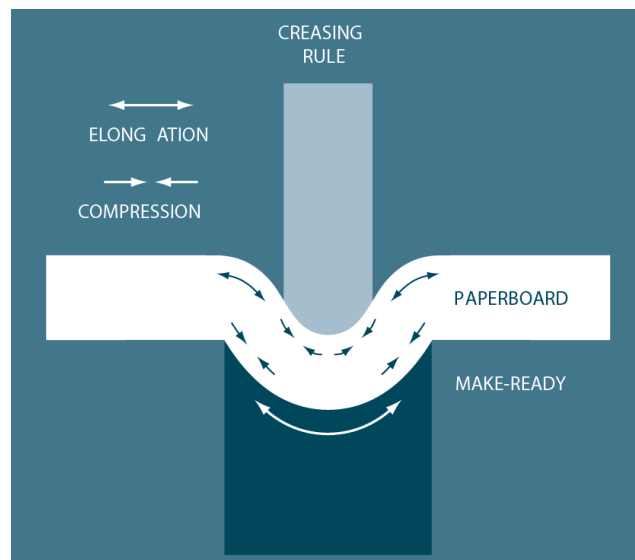
Žlijebovi osiguravaju lakše savijanje prireza kako bi se dobio željeni oblik kutije. Cilj je postići što savršeniji pregib koji će olakšati savijanje i omogućiti nesmetan prolaz kutije kroz liniju za punjenje. Dobro izveden postupak žlijebljenja osigurava postojanost kutije unatoč silama pritiska prilikom skladištenja, distribucije i korištenja. Za dobar rezultat jako je važan izbor vrste kartona, ali i alata za žlijebljenje. Žlijebljenje uzrokuje mehaničke deformacije, stoga je prilikom odabira materijala jako važno obratiti pozornost na otpornost prema kidanju, rastezanju i pucanju (tlaku). Postupak izrade dubokih i uskih žlijebova nije jednostavan, osobito ako se radi o kartonima s pigmentnim premazom. Kod takvih vrsta kartona često dolazi do pucanja površinskog sloja prilikom izrade žlijeba ili u postupku savijanja. Mogući uzrok pucanja žlijeba po njegovoj duljini može biti i to da se karton „presušio“ kao rezultat prekomjerne topline prilikom sušenja otiska u stanicama za sušenje. Zbog neadekvatnog postupka izrade ili lošeg izbora alata nastaju nekvalitetni i estetski neprihvatljivi proizvodi, odnosno škart. Konačan oblik žlijeba (njegovu širinu i dubinu), osim alata za žlijebljenje, određuje i vrsta kartona, te njegova mogućnost prilagođavanja geometriji alata. Također je važno osigurati simetričan žlijeb jer u suprotnom može doći do nepravilnog savijanja prireza. Asimetrični žlijebovi mogu uzrokovati zastoje u liniji za pakiranje.

Pravilno žlijebljenje ovisi o sljedećim svojstvima kartona:

- Otpornosti prema rastezanju
- Otpornosti prema kidanju

- Otpornosti prema sabijanju
- Momentu savijanja
- Unutarnjem raslojavanju
- Dimenzionalnoj stabilnosti

Prilikom žlijebljenja, karton se rasteže u četiri male zone. Nakon što se savije na mjestu žlijeba otpornost prema savijanju treba biti niska kako bi se spriječilo pucanje na površinskom dijelu kartona. Sile pritiska također se javljaju u četiri zone. Na Slici 16. prikazane su sile koje djeluju na karton prilikom žlijebljenja. Prilikom žlijebljenja najbolji rezultati su vidljivi kod kartona koji sadrže veliki broj tankih, neoštećenih slojeva. Dimenzionalna stabilnost materijala ima ključnu ulogu u žlijebljenju jer materijali niske dimenzionalne stabilnosti imaju i veću mogućnost pogrešaka. To rezultira lošom izradom žlijeba i izgledom konačnog proizvoda [26].

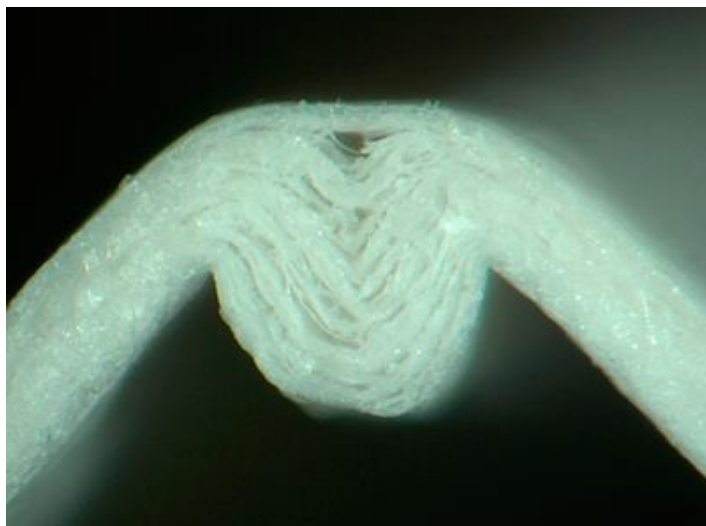


Slika 16. Sile koje djeluju na karton prilikom žlijebljenja

(Izvor: <https://www2.iggesund.com/en/>)

6.2.2. Podesnost za savijanje

Podesnost za savijanje pridonosi kvaliteti proizvoda, ali i omogućava nesmetan rad strojeva za punjenje i pakiranje. Od iznimne je važnosti za oblikovanje proizvoda, odnosno pri savijanju prireza kako bi se zaljepile određene klapne, formirao oblik kutije, izvršilo punjenje u kutije i na kraju kako bi se kutija zatvorila na pravilan, određen način. Loša podesnost za savijanje može uzrokovati velike zastoje u proizvodnji i stvoriti otpad. Jedni od znakove loše podesnosti za savijanje su ispupčene stranice i vraćanje klapni u prvobitni položaj. Podesnost za savijanje ovisi o dobroj podesnosti za žlijebljenje. Mala otpornost žlijebova prema savijanju jamči i manju mogućnost vraćanja klapni u početni položaj, dok zajedno s krutošću materijala sprječava ispupčenje na stranicama kutije. Savijanja se najčešće vrše pod kutom od 90° ili 180° . Karton spada u visoko-elastične materijale, što znači da se pri većoj brzini savijanja javljaju i veći otpori prema savijanju. Kartoni koji omogućavaju stvaranje dubokih žlijebova pružaju i bolju podesnost za savijanje. Prilikom savijanja, unutrašnja struktura kartona trebala bi se razložiti na što je moguće više slojeva, a da pri tome ni jedan od njih ne pukne. Sile koje djeluju na slojeve prilikom savijanja su slične silama koje djeluju na karton prilikom izrade žlijeba. Na Slici 17. je prikazan izgled kartona nakon žlijebljenja i savijanja [26].



Slika 17. Karton nakon žlijebljenja i savijanja

(Izvor: <https://www2.iggesund.com/en/>)

6.3. Problemi koji se javljaju prilikom štancanja

Razvojem industrije, u ovom slučaju farmaceutske, kartonska ambalaža teži sve zahtjevnijim rješenjima. Zbog toga se najčešće za izrezivanje koriste automatske štance. Prilikom štancanja se javljaju neki od problema kojih većina ljudi nije ni svjesna, odnosno ne doživljavaju ga kao problem. To je čest slučaj za strojeve koji su u svakodnevnoj upotrebi. Problemi uglavnom ne ovise o „starosti“ strojeva jer se pojavljuju i kod većine novijih strojeva. Neki problemi mogu biti zanemarivi, no ako imamo puno takvih problema lako je moguće da će se odraziti na kvalitetu proizvoda, ali i usporiti proizvodnju. Rješavanjem tih „sitnih“ problema može se poboljšati cjelokupni proces izrezivanja prireza i znatno ubrzati proizvodnja. Dobrim rezom smatra se rez koji je „čist“, odnosno nema ostataka papirnih vlakana i čestica papirne prašine. Ako se postigne jasan, gladak rez, osigurat će se kvalitetnija daljnja manipulacija prirezima prilikom savijanja, lijepljenja i pakiranja.

Najčešći problemi koji se javljaju kod štancanja su:

- Neusklađenost noževa – česta pojava do koje dolazi zbog velikog broja ponavljanja. Zbog toga rezovi nisu pravilni i ravni kakvi bi trebali biti, nego postaju nepravilni i neusklađeni. U najgorem slučaju, može doći do toga da se arci, odnosno prirezi, uopće ne izrežu.
- Niska preciznost štancanja – odstupanja prilikom izrezivanja i žlijebljenja na štanci su vrlo čest problem u proizvodnji. Preciznost predstavlja najvažniju mjeru koja određuje kvalitetu reza. Dosta je čimbenika koji utječu na preciznost rezanja, kao na primjer: mehanički čimbenici, vrsta i način rezanja, materijali, radno okruženje, radnici i slično. Ručna izrada alata za štancanje sklona je odstupanjima, što dovodi i do odstupanja prilikom procesa izrezivanja i žlijebljenja. Relativna vlažnost zraka i temperatura prostorije u kojoj se štancanje odvija također doprinose preciznosti štancanja.
- Oštećeni i iskrivljeni noževi – do ovog problema može doći ukoliko visina noža nije prilagođena vrsti i debljini materijala. Rubovi prireza nakon toga mogu biti

grubi i nepravilni ili mogu biti neizrezani uopće. Time dolazi do stvaranja proizvoda koji se ne može prepraviti, što na kraju rezultira otpadom.

- Linije puknuća i „tamne“ linije – linije puknuća nastaju prilikom žlijebljenja kada je pritisak viši od tolerancija za određenu vrstu materijala, neovisno o oštini alata za žlijebljenje. „Tamne“ linije predstavljaju problem koji se javlja kada su noževi neusklađeni, ako pritisak nije dovoljan ili ako udubljenja na matrici nisu pravilna. Zbog toga dolazi do stvaranja nabora na materijalu umjesto finih pravilnih udubljenja (žlijebova).
- „Pahuljasti“ rubovi – do ovog problema dolazi jer noževi nisu dovoljno oštri ili su loše kvalitete. Zbog toga dolazi do neprikladnog rezanja i nastaju rubovi koji nisu glatki, odnosno postaju „pahuljasti“. Također jedan od uzroka može biti i kada matrica, odnosno udubljenje na matrici nije pravilne dubine. Ovakvi prirezi uglavnom se smatraju otpadom [26, 27].

Budući da štancanjem nastaje fizički otpad, potrebno je osigurati njegovo odlaganje. Osnovno načelo *Lean-a* je prepoznavanje problema i težnja njegovom uklanjanju. U ovom slučaju riječ je o otpadu koji nastaje nakon štancanja. Osim fizičkog otpada, *Lean* otpadom smatra i potrošeno vrijeme i trud. Cilj *Lean-a* je ubrzati proces uklanjanja otpada i stvaranja nepotrebnih gubitaka. Jedan od prijedloga za ubrzanje procesa je da se ručno optrgavanje zamijeni strojnim. Ručno optrgavanje troši znatno više vremena i stvara veće troškove, osobito ako je potrebno zaustaviti stroj kako bi se očistio od otpada.

Pri izradi kutije, štancanje predstavlja postupak koji zahtjeva najčešću zamjenu alata. Postupak zamjene alata znatno usporava proces proizvodnje, osobito kada je riječ o linijskoj proizvodnji. Stoga se predlaže primjena *Lean* alata kako bi se ubrzao cijeli proces štancanja i smanjili gubici (vrijeme) potrebno za zamjenu alata. Jedan od *Lean* alata koji osigurava brzu izmjenu alata u stroju je *SMED* metoda. Ona se bazira skraćivanju vremena zamjene alata. Kako bi se ubrzao proces zamjene potrebno je osigurati automatsku izmjenu alata na stroju.

6.4. Problemi prilikom lijepljenja kutije

Lijepljenje kutije ne predstavlja veliki problem za proizvođače, no nepažnja prilikom izvođenja ovog postupka može dovesti do velikih gubitaka. Izbor ljepila ovisi o vrsti kartona, a ujedno mora i odgovarati i stroju kojim se to ljepilo nanosi. Učinkovitost lijepljenja uveliko ovisi o prethodnom procesu, odnosno savijanju. Ukoliko su žlijebovi dobro izrađeni i ako je savijanje klapni napravljeno uz minimalne otpore, zasigurno će i lijepljenje biti uspješno izvedeno.

Problemi koji se javljaju prilikom lijepljenja su najčešće:

- Temperatura i vlažnost prostorije
- Promjena vrste ljepila
- Pogrešno mjesto nanosa ljepila na klapni
- Prevelika/premala količina ljepila
- Pritisak i duljina trajanja pritiska
- Predugo/prekratko otvoreno vrijeme sušenja

Svaki od ovih problema smatra se nekom vrstom gubitka. Kako bi se smanjili ili spriječili gubici moguće je metodom *Lean-a* optimizirati cijeli proces lijepljenja. Najvažnije je otkriti potencijalni problem koji dovodi do usporavanja i zastoja procesa. Ukoliko je taj problem temperatura i vlažnost prostorije, potrebno je ugraditi ovlaživače prostorije, kao i potrebnu ventilaciju kako bi se osigurala konstantni uvjeti u prostoriji. To direktno utječe i na otvoreno vrijeme sušenja ljepila. Ukoliko je otvoreno vrijeme sušenja predugo ili prekratko može doći do otvaranja zalijepljenog dijela. Do istog problema može doći i ukoliko je duljina trajanja pritiska premala, dok u suprotnom, ako je duljina pritiska zalijepljenih prireza preduga, može doći do neželjenog sljepljivanja s drugim stranicama prireza. Optimiziranjem procesa lijepljenja skraćuje se vrijeme postupka lijepljenja, ali i ubrzava cijeli postupak uz minimalno rasipanje (otpad) [26].

6.5. Problemi na liniji za pakiranje

Osnovu dobrog i učinkovitog proizvodnog procesa čini neometan prolaz araka kroz strojeve za pakiranje. To podrazumijeva sinkronizirani rad strojeva za pakiranje s minimalnim prekidima na određenoj razini učinkovitosti, koji se mogu mjeriti i nadzirati. Učinkovitost linije za pakiranje ovisi o proizvodu, vrsti i kvaliteti kartona, vrsti stroja i načinu pakiranja, održavanju i pouzdanosti strojeva i izobrazbi zaposlenika. Tijekom postupka proizvodnje proizvod prolazi kroz niz različitih strojeva različitih mogućnosti. Stoga je jako čest slučaj pojava problema u liniji za pakiranje. Cilj je smanjiti ili u potpunosti izbjeći proizvodnju oštećenih proizvoda, odnosno otpada.

Najčešći problemi na liniji za pakiranje:

- Nedostatak ambalažnog materijala – problem koji se često javlja kod linijske proizvodnje. Budući da strojevi svakodnevno rade bez prestanka, jasno je da je spremnike potrebno ponovno puniti materijalom (na primjer: prirezi kutija, ljepilo).
- Istrošenost alata – također čest problem koji se javlja kod linijske proizvodnje. Trošenje alata ovisi o količini i vrsti proizvoda koji se proizvode. Jedan od čestih alata podložnih trošenju su usisni pipci/hvataljke. Ukoliko dođe do njihovog oštećenja, prirezi se neće moći čvrsto uhvatiti pa se može dogoditi da se prirezi zaglave.
- Nepravilno održavanje – uobičajen problem koji se javlja i uzrokuje zastoje u proizvodnji. Nepravilno podmazivanje strojeva, ali i nedostatak održavanja njihove čistoće, uzrokuju ovakve probleme. To dovodi do smanjenja vijeka trajanja alata i dijelova stroja. Ukoliko podmazivanje nije pravilno, dolazi do pretjeranog trenja između pokretnih dijelova što može dovesti do velikih kvarova.
- Postavke stroja – problem koji se javlja ukoliko postavke stroja nisu dobro namještene, odnosno na način na koji ih je preporučio proizvođač. Svaki stroj ima određene specifikacije i mogućnosti, stoga je svaki stroj potrebno prilagoditi na određen način kako ne bi došlo do problema koji mogu utjecati na cjelokupnu funkcionalnost stroja.

6.6. Prijedlozi kontinuiranog poboljšanja rada linije za pakiranje

Svako rješavanje i najmanjeg problema može značiti veliko poboljšanje u proizvodnji. Korištenjem *Lean* alata mogu se utvrditi problemi i sve ono što usporava proizvodnju i utječe na kvalitetu, odnosno ne dodaje vrijednost proizvodu. Kako bi proizvodnja bila uspješnija potrebno je smanjiti otpad. Pri tome se otpadom ne smatra samo fizički otpad koji proizlazi iz proizvodnje, nego i na onaj nematerijalni kao što je vrijeme i trud.

Svaki djelatnik bi trebao radni prostor održavati čistim i urednim. To podrazumijeva održavanje stroja jer u suprotnome može doći do oštećenja dijelova stroja, što uzrokuje kraći vijek trajanja stroja, ali i povećanje troškova. Svaki stroj ima vlastite upute za održavanje kojih se treba pridržavati čime se smanjuje rizik od prestanka rada stroja. Ovdje je primjenjiva metoda *5S* koja omogućava unaprjeđenje proizvodnje organizacijom radnog mjesta. Prednost ove metode je što je primjenjiva na svakom radnom mjestu i procesu.

Organizacija radnog prostora smanjuje nepotrebno kretanje zaposlenika. Ono što zaposlenik svakodnevno koristi treba se nalaziti u blizini njegovog radnog mjesta. Time se osigurava maksimalna učinkovitost radnika.

Uspješna provedba *Lean* metodologije ovisi o svim zaposlenim u tvrtki. Poboljšanjem proizvodnje stvaraju se i veće dobiti. Zbog toga je potrebno motivirati zaposlenike kroz povećanje plaće ili bonuse. Time se osigurava motiviranost radnika što dovodi do daljnjeg unaprjeđenja i poboljšanja proizvodnje, a samim time i veće dobiti tvrtke. Motiviranje zaposlenih se ne mora isključivo odnositi na novac. Ponekad to mogu biti i javna priznanja kako bi osjetili da se njihov trud i rad cijeni.

Dokumentiranje zamjene alata i popravci na stroju olakšavaju praćenje trošenja alata s obzirom na količinu obavljenog posla. Djelatniku će biti lakše uočavanje nastalog problema ukoliko zna prije koliko vremena je neki dio zamijenjen.

Komunikacija s dobavljačima materijala je jako važna. Osigurava stalnu opskrbu materijalima potrebnim za proizvodnju. Danas je čest slučaj da proizvodnja poveća i do nekoliko puta, pa se zbog toga predlaže se „umrežavanje“ s više dobavljača kako bi se osigurala dostupnost materijala u bilo koje vrijeme.

Zamjenski strojevi i alati mogu uveliko smanjiti vrijeme zastoja proizvodnje. Automatski strojevi za pakiranje su skupi. Zbog tih troškova, tvrtke ne ulažu i ne osiguravaju zamjensku opremu. Zamjenski strojevi bi se trebali osigurati za one strojeve kod kojih ručna manipulacija nije moguća. Na primjer, ako se stroj za punjenje pokvari, ulaganja u kutije se mogu vršiti ručno, proizvodnja usporava, ali ne staje. Ako se pokvari uređaj za tilografski tisak koji je nadograđen na ljepljivost, potrebno je osigurati izradu Brailleovog pisma na štanci jer u suprotnom dolazi do zastoja proizvodnje dok se uređaj ne popravi.

Praćenje uravnoteženosti procesa pomaže u sprječavanju nastanka „uskih grla“. „Usko grlo“ u proizvodnji predstavlja točku proizvodnje gdje se odgađa, odnosno usporava proces [28]. Na primjer, neispravno lijepljenje prireza zbog loše obuke zaposlenika. Tada na tom mjestu dolazi do nakupljanja proizvoda jer se proizvodnja ne odvija brzinom kojom bi trebala. Praćenje bi se trebalo odvijati po koracima u proizvodnji jer nema svaki segment proizvodnje isti broj djelatnika i ne rade svi strojevi istim kapacitetom i brzinom.

7. ZAKLJUČAK

Farmaceutska industrija se svakodnevno razvija i napreduje. Kako bi se išlo u korak s trendovima, važno je pratiti što se trenutno događa na tržištu. Jedna od glavnih značajki svakog proizvoda je kvaliteta. Osim kvalitete, brzina i cijena su sljedeće dvije značajke koje osiguravaju prednost nad konkurencijom.

Cilj svake proizvodne tvrtke je proizvodnja što veće dobiti uz što manje gubitke. Kako bi se unaprijedili tehnološki procesi proizvodnje koriste se razni alati. Konkretno, u ovom slučaju, korištena je *Lean* metoda optimizacije procesa. Glavni cilj *Lean-a* je kontinuirano poboljšanje svih tehnoloških procesa u svrhu poboljšanja cjelokupne proizvodnje i kvalitete proizvoda. Implementacija *Lean-a* dugoročan je proces koji zahtjeva sudjelovanje svih zaposlenika tvrtke kako bi bio uspješno izvršen. Kod izrade kartonske kutije za lijekove potrebno je nadgledati svaki segment proizvodnje, jer i najmanja odstupanja mogu usporiti i zaustaviti proizvodnju te tako stvoriti gubitke. Proizvodnja ovih kutija je uglavnom linijska, što znači da se koriste automatski strojevi koji rade pri velikim brzinama. Zato smatram kako je osobito važno obratiti pozornost na kritične točke proizvodnje. Osim toga, mislim kako je potrebno osigurati dobru organizaciju tvrtke koja se također može postići metodom *Lean-a*. To znači da podjela proizvodnje na segmente olakšava upravljanje, ali i lakše otkrivanje i rješavanje problema koji se svakodnevno javljaju.

Otklanjanjem i najmanjeg problema postižu se veliki uspjesi. Budući da je naglasak na kontinuiranom poboljšanju, promjene i napreci se ne mogu dogoditi preko noći. Upravo iz tog razloga važno je ustrajati i neprestano doprinositi poboljšanju jer uspješnom provedbom *Lean-a*, ne samo da će se povećati profitabilnosti tvrtke, nego i povećati prednost nad konkurentima.

8. LITERATURA

- [1] Narodne novine, *Pravilnik o ambalaži i otpadnoj ambalaži*, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_88_1735.html, 12.5.2020.
- [2] Marić Marsenić J., Musulin N., Medek G., *Osobine uputa farmaceutskih proizvoda za USA tržište*, dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/774299.BB_Medek_2011.pdf, 12.5.2020.
- [3] Alcami, dostupno na: <https://www.alcaminow.com/>, 13.5.2020.
- [4] Hanlon J. E., Kelsey R. J., Forcinio H. E., *Handbook of Package Engineering – Third Edition*, (1998.), Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster USA
- [5] Pharmaceutical packaging: Current trends and future, dostupno na: https://www.researchgate.net/profile/Vikas_Pareek/publication/297091323_Pharmaceutical_packaging_Current_trends_and_future/links/59a696af4585156873cf9b3e/Pharmaceutical-packaging-Current-trends-and-future.pdf, 13.5.2020.
- [6] How To Buy Packaging, dostupno na: <https://howtobuyunpackaging.com/>, 25.5.2020.
- [7] Grafička tehnologija – Treći razred, dostupno na: http://gogss.hr/wp-content/uploads/2018/10/grafi%C4%8Dka-tehnologija_treci_razred_a.pdf, 20.4.2020.
- [8] Marić Marsenić J., Medek G., *Dizajn i konstrukcija tiskane kutije za potrebe farmaceutske industrije*, dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/774121.BB_Medek_2006.pdf, 20.4.2020.
- [9] Perm A., *Die cutting process*, dostupno na: <https://www.slideshare.net/athi1/die-cutting-process>, 20.4.2020.
- [10] Vrkić T., (2018.), *Održavanje strojeva za štancanje i usporedba roto i plošnih štanci*, dostupno na: https://eprints.grf.unizg.hr/2853/1/Z847_Vrki%C4%87_Toni.pdf, 20.4.2020.
- [11] Colvin-Friedman Company, dostupno na: <https://www.colvin-friedman.com/index.html>, 20.4.2020.
- [12] Thomas Industry, dostupno na: <https://www.thomasnet.com/>, 20.4.2020.

- [13] Balaško N., (2017.), *Proces proizvodnje kartonske farmaceutske ambalaže*, dostupno na: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1651/datastream/PDF/view>, 23.4.2020.
- [14] Narodne novine, *Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za pakovine i boce kao mjerne spremnike*, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_07_90_1792.html, 4.5.2020.
- [15] Donevski, D.: Predavanja iz kolegija „*Ambalaža i tehnologija I*“, Zagreb, 2018./2019.
- [16] Henry J. R. (2012.), *Packaging Machinery Handbook*, Createspace Independent Pub
- [17] Svijet kvalitete, dostupno na: <https://www.svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/513-lean-upravljanje>, 26.5.2020.
- [18] Štefanić N., Tošanović N., (2012.), *Lean proizvodnja*, dostupno na: https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/10_05_2012_16882_UZIP_-_Lean_proizvodnja.pdf, 26.5.2020.
- [19] What is Lean?, dostupno na: <https://www.lean.org/WhatsLean/>, 28.5.2020.
- [20] Krebel V., (2019.), *Primjena metodologije vitke proizvodnje u farmaceutskoj industriji*, dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/riteh%3A1680>, 28.5.2020.
- [21] Bruun P., Mefford R. N., (2004.), *Lean production and the Internet*, dostupno na: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/8904.pdf>, 28.5.2020.
- [22] Tech Tarrget, dostupno na: <https://searchcio.techtarget.com/>, 28.5.2020.
- [23] The Lean Way, dostupno na: <https://theleanway.net/home>, 28.5.2020.
- [24] Piškorić M., Kondić V., *Lean Production kao jedan od načina povećanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu*, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/>, 13.6.2020.
- [25] Packaging World, dostupno na: <https://www.packworld.com/>, 13.6.2020.
- [26] Iggesund Holmen Group, dostupno na: <https://www2.iggesund.com/en/>, 15.6.2020.

[27] Triforme PTY. LTD., dostupno na: <http://triforme.com.au/>, 15.6.2020.

[28] Moja Firma, dostupno na: <https://www.mojafirma.rs/>, 25.6.2020.

9. POPIS SLIKA

1. Slika 1. Primjer primarne, sekundarne i tercijarne ambalaže (strana 3)
2. Slika 2. Primjer kutije s nasuprotnim zaticanjem i kutije s istostranim zaticanjem (strana 6)
3. Slika 3. Primjer Tuck Top Snap-Lock Bottom kutije i kutije s automatskim dnom (strana 7)
4. Slika 4. Alat za štancanje (strana 8)
5. Slika 5. Stroj za rotacijsko rezanje (strana 11)
6. Slika 6. Otiskivanje Brailleovog pisma (strana 14)
7. Slika 7. Shematski prikaz zatvaranja kutije vodilicama (strana 17)
8. Slika 8. Shematski prikaz horizontalnog punjenja (strana 19)
9. Slika 9. Osnovna načela Lean proizvodnje (strana 23)
10. Slika 10. Muda, Mura i Muri (strana 26)
11. Slika 11. Nacrt kartonske kutije za lijekove (strana 30)
12. Slika 12. Primjer unutrašnje klapne (strana 31)
13. Slika 13. Razlika u visini stranice C i stranice D (strana 32)
14. Slika 14. Prorezi na čeličnim linijama za rezanje (strana 34)
15. Slika 15. Preostali „zarez“ nakon štancanja (strana 34)
16. Slika 16. Sile koje djeluju na karton prilikom žlijebljenja (strana 37)
17. Slika 17. Karton nakon žlijebljenja i savijanja (strana 38)