

ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКАТ УРЕЂАЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА BASICS FOR DESIGN OF DEVICE FOR TESTING CONVEYOR BELTS

Немања Ђурић, Никола Иланковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – *Тема рада јесу подлоге за пројектовање машине за испитивање транспортних трака. На почетку рада наведене су карактеристике транспортера и њихових вучних елемената. Према стандардима за испитивање трака тракастих транспортера и на основу досадашњих истраживања извршен је прорачун конструкције машине. Након прорачуна извршено је пројектовање машине и анализом коначних елемената проверени су критични делови. На крају рада су дате смернице за даље истраживање и могуће надоградње машине у погледу напреднијег испитивања.*

Кључне речи: *транспортер, трака транспортера, машина за истезање.*

Abstract – *The topic of the paper are the basics of design of a machine for testing the conveyor belts. At the beginning of the work, the characteristics of conveyors and their traction elements are stated. According to the standards for testing the belts of belt conveyors and on the basis of previous research, the calculation of the machine construction was performed. After the calculation, the design of the machine and the analysis of the finite elements of the checked critical parts were performed. At the end of the work, guidelines are given for further research and possible upgrades of the machine in terms of more advanced testing.*

Keywords: *conveyor, conveyor belt, tensile testing machine.*

1. УВОД

Карактеристике машина са непрекидним радом је премештање материјала без заустављања ради прихватања и одлагања материјала, за разлику од транспортних машина са прекидним радом гдје се премештање терета врши у циклусима који се састоје из више различитих операција. Захваљујући томе, машине непрекидног транспорта омогућавају остваривање изузетно великих капацитета. Трака је најзначајнији елемент тракастог транспортера који истовремено остварује две функције носећу и вучну. За поуздан и ефикасан рад транспортера, трака мора поседовати одређене особине као што су: савитљивост (гипкост), мала сопствена тежина, велика чврстоћа, мала релативна издужења, мала хидроскопност, велика отпорност на хабање, итд [2].

Тема овог рада заснива се на идеји о испитивању транспортних трака код транспортера. Машина за испитивање се може користити за испитивање ланаца и ужади. Испитивање се заснива на мерењу силе која се појављује услед затезања вучног елемента и поређењу те силе са силом на навојном вретену до које долази услед оптерећења и затезања вучног елемента транспортера непрекидног транспорта.

2. ТРАКАСТИ ТРАНСПОРТЕРИ

Тракасти транспортери се користе за транспорт насипног и комадног терета претежно у хоризонталном или мало нагнутом правцу (до 25°) помоћу траке као вучног и носећег елемента. Користе се заједно са другом транспортном и машинском опремом, за транспорт различитих материјала из једног процеса у други. Постоји велики број варијанти тракастих транспортера опште намене, пројектованих зависно од капацитета и услова експлоатације [1]. Због својих изузетно повољних техноекономских карактеристика представљају најраспрострањеније уређаје непрекидног транспорта у експлоатацији [2].

3. ТРАКА

Трака је најзначајнији елемент тракастог транспортера која истовремено остварује две функције – носећу и вучну. За поуздан и ефикасан рад транспортера трака мора поседовати одређене особине као што су: савитљивост (гипкост), мала сопствена тежина, велика чврстоћа, мала релативна издужења, мала хидроскопност, велика отпорност на хабање, итд [2].

За правилан рад тракастог транспортера битна је равномерна оптерећеност транспортне траке. Угао нагиба траке треба да буде бар за 10° мањи од угла клизања материјала који се транспортује по траци када се она креће [5]. Изглед траке је приказан на слици 1.



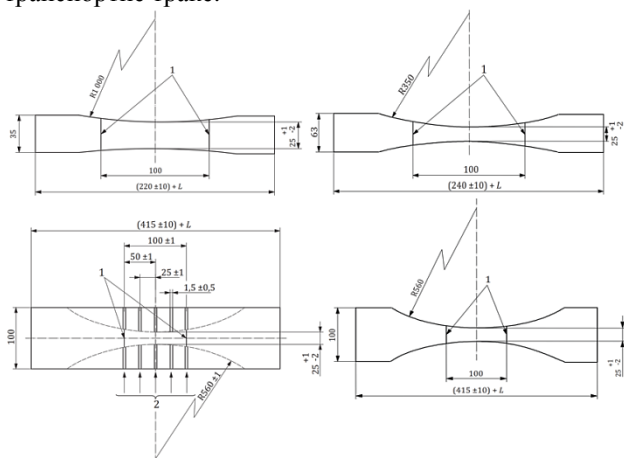
Слика 1. Гумена трака са носећим слојевима од текстилних влакана

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је др Драган Живанић, ванр. проф.

4. МЕТОДА ИСПИТИВАЊА

Испитни комад, одсечен од пуног комада транспортне траке, током испитивања се издужује приликом оптерећења уређајем за испитивање затезањем, док не дође до пуцања узорка или видног изражајног оштећења. Машина за испитивање затезањем, типа *CRE* или *CRT*, калибрисана према ISO 7500-1, је способна да издужи испитни комад, сталном брзином, без прекида до 100 ± 10 mm/min [4]. Уређај, какав је екстензометар, са дужином мјерења од најмање 100 mm и тачношћу од 0,1 mm или тачније, може да мери издужење основне димензије означене на испитном комаду [4]. Уређај са графичким приказом или рачунар су пожељни током теста испитивања, због лакшег читавања резултата. На слици 2 дати су облици и изгледи узорка за испитивање исечених од транспортне траке.



Слика 2. Узорци транспортне траке према стандарду ISO 283

Испитни комад треба ограничити на испитивање транспортних трака са затезном чврстоћом до 2000 N/mm. Стања испитиваних комада морају бити у сагласности са ISO 1857. Испитни комад се монтира у чељусти кидалице (горњу (покретну) и доњу (непокретну)). Постављање се врши тако да се вертикална оса комада и навојног вретена поклапају. Ако се користи екстензометар, треба га поставити на референтне линије испитиваног комада [4].

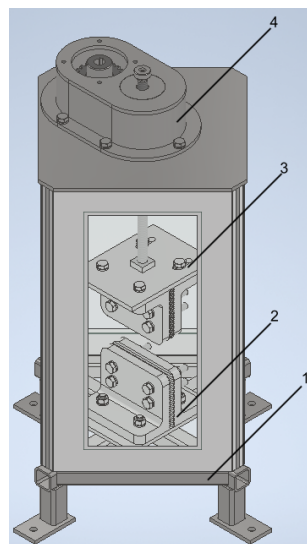
5. КОНСТРУКЦИЈА МАШИНЕ ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА

Основна сврха машине је испитивање транспортних трака.

Принцип рада машине се заснива на претварању обртног кретања навојног вретена у праволинијско кретање чељусти у којима је се налази стегнут испитни комад.

Погонска јединица машине је електромотор, који преко пара зупчаника преноси обртни момент на навојно вретено. Идеја за овакав принцип рада са навојним вретеном и чељустима искоришћена је из рада „Failure analysis of conveyor belt samples under tensile load“ [9].

На слици 3 је дат приказ машине за испитивање транспортних трака.



Слика 3. Приказ машине са основним деловима; 1. постоље машине са конструкцијом; 2. доњи склоп чељусти; 3. горњи склоп чељусти са навојним вретеном и 4. склоп погонске јединице

На основу резултата који су добијени у раду [9], који служи као смерница за прорачун и конструкцију машине (кидалице) за испитивање трака тракастог транспортера, сила која затеже траку се дефинише се да буде три пута већа. Добијена сила у резултатима износи 4 kN, за три носећа слоја траке, а претпостављена сила за 9 носећих слојева износи 12 kN, уз додаток од 3 kN, као степен сигурности и сигурности машине. Дакле, сила затезања коју кидалица треба да издржи једнака је 15 kN .

Сила потребна за савлађивање трења између чељусти кидалице и узорка, рачуна се као:

$$F_{pn} = \frac{Fza}{\mu} = \frac{15}{0,788} = 19,01 \text{ kN}$$

где је:

- Fza - претпостављена сила затезања, на основу претходног износи 15 kN;
- μ - коефицијент трења између челика и гуме који износи $\mu = 0,788$.

Према прорачунатој сили потребној за савлађивање трења даље могу да се рачунају силе у завртњевима за стежање чељусти.

Даљим током прорачуна долази се до усвајања завртњева са метричким навојем M16x2.

Преко силе затезања, која се преноси навојним вретеном, долази се до прорачуна пречника који задовољава према оптерећењу.

Израчунавање пречника језгра навоја се врши према:

$$d_3 = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_k \cdot S \cdot h^2}{\pi^3 \cdot E}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 15 \cdot 7 \cdot 30^2}{\pi^3 \cdot 20600}} = 17,54 \text{ cm}$$

где је:

- $S = 6-8$ степен сигурности, усваја се средња вредност $S = 7$.

Рачунска вредност пречника језгра навоја задовољава усвојени навој Tr 24x5 [6].

Прорачун чељусти се заснива на провери напона у материјалу и доказу чврстоће. Материјал од кога се праве чељусти кидалице је челик за побољшање 42CrMo4 (С.4732).

Напони у карактеристичним тачкама, које су означене на слици 4, ће се израчунавати у наредном делу:

Упоредни напон за тачку 1 се рачуна према:

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{0,024^2 + 3 \cdot 1,92^2} = 3,3256 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Упоредни напон за тачку 2 се рачуна према:

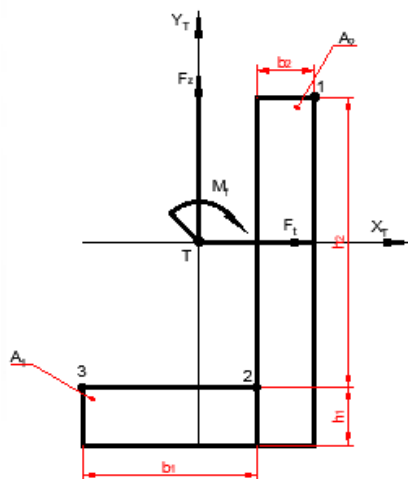
$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{(-0,012)^2 + 3 \cdot 1,92^2} = 3,3255 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Упоредњавање добијених напона са допуштеним напонима у материјалу добија се:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 = 0,024 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{dop} = 43,33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{u,max} = 3,3256 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{dop} = 43,33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{max} = 1,92 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \tau_{dop} = 25,01 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



Слика 4. Скица чељусти са одређеним тежиштем, премештеним силама у тежиште и одређеним моментом

6. АНАЛИЗА СКЛОПА ДОЊИХ ЧЕЉУСТИ МЕТОДОМ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА

Метода коначних елемената, у даљем тексту МКЕ, је примењена за прорачун померања, тј. угиба површина чељусти, као и за проверу напона у њима при деловању израчунатог оптерећења завртњева и силе затезања.

МКЕ је спроведена у два рачунарска софтвера: *CATIA V5R20* и *Autodesk Inventor Professional 2020*. Добијени резултати из оба софтвера су упоређивани, због провере тачности добијених података.

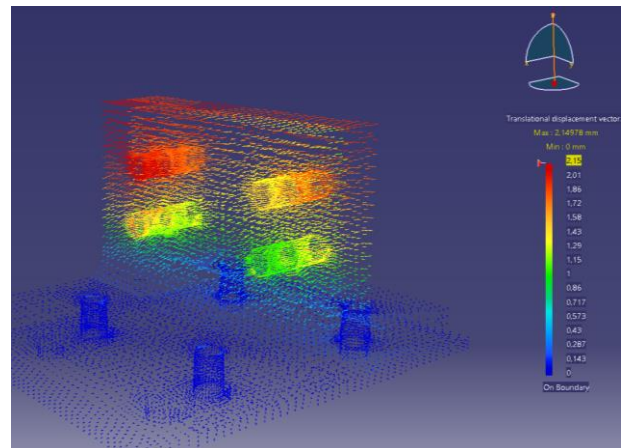
Улазни подаци за анализу су:

- $F_z = F_t = 15 \text{ kN}$ - сила затезања испитиваног комада;

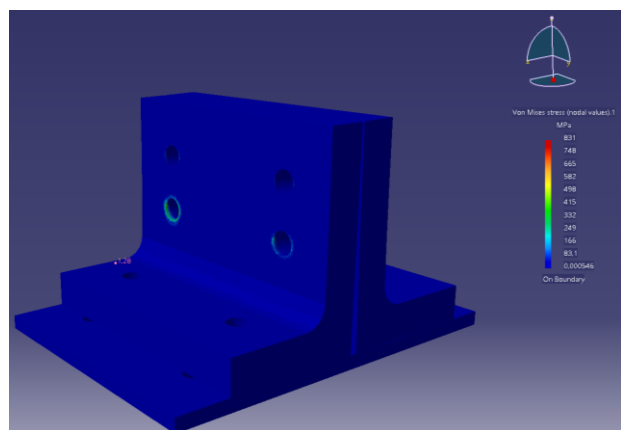
- $F_R = \frac{F_{pn}}{z} = \frac{20}{4} = 5 \text{ kN}$ - радна сила по једном завртњу и

- $F_z = \frac{F_{za}}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ kN}$ - оптерећење по једном завртњу од силе затезања, веза доњих чељусти кидалице са доњим склопом кидалице.

Приликом анализе резултата посматрају се унутрашња померања у чељустима, тј. померања коначних елемената услед дејства силе затезања и осталих оптерећења, као и напони услед деловања истих. Максимално померање коначних елемената која се појављује износи 2,15 mm, и означено је црвеном бојом, слика 5. Напони у материјалу чељусти изазвани дејством оптерећења су у нормалним границама, не прелазе вредност од 83,1 Мпа, што је испод дозвољених вредности, слика 6. Уочава се појављивање нешто већег напона на месту притезања завртњева, везе једне чељусти за другу.

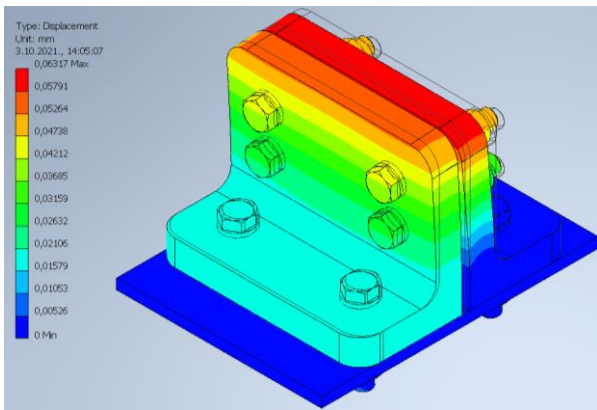


Слика 5. Приказ резултата померање коначних елемената чељусти - стрелицама је показан смер померања коначних елемената на чељустима



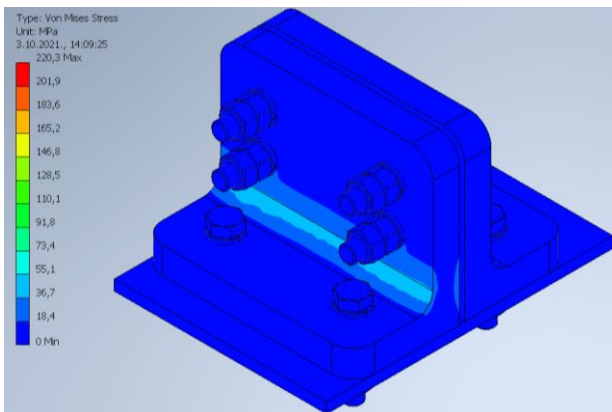
Слика 6. Приказ напона у материјалу чељусти

Анализом резултата утврђено је да су добијена померања у софтверу *Autodesk Inventor Professional 2020* јако мала и да се разликују од померања која су добијена анализом у софтверу *CATIA V5R20*, слика 7. Различитим бојама су означена померања, од минималног до максималног.



Слика 7. Резултати померања приказани на моделу добијени анализом у софтверу Autodesk Inventor Professional 2020

Напони добијени анализом у софтверу Autodesk Inventor Professional 2020 не одступају у поређењу са анализом напона у софтверу CATIA V5R20, слика 8. Напони се подударају по вредностима интензитета, највише је оптерећен радијус на непомерљивој челусти. Силе у завртњевима челусти покушавају искривити према испитиваном комаду, а сила истезања одвојити од плоче.



Слика 8. Резултати напона приказани на моделу добијени анализом

Резултати померања добијени анализом у рачунарском софтверу CATIA V5R20 су доста приближнији стварном стању. Autodesk Inventor Professional 2020 је дао резултате који су мањи од десетог дела милиметра, што у погледу оптерећења модела није пропорционално и реално.

Напнска стања добијена анализом резултата у оба рачунарска софтвера се подударају по вредности интензитета, при чему према месту где се појављују има одступања.

7. ЗАКЉУЧАК

За даљи рад на испитивању различитих вучних елемената, а не само трака тракастих транспортера, на конструисану машину могу се додати сензори за

праћење температуре, или термалне камере, због праћења промене температуре приликом оптерећења, како би се утврдило колико промена температуре утиче на сам век трајања вучног елемента.

Код испитивања трака могу се уградити и камере ултра звука због праћења дешавања унутар траке, како би се знало који носећи слој први пуца, како би се могло утврдити зашто су ти слојеви најслабија карика.

Мерне траке се могу додати и на навојно вретено да се заправо утврди и провери колика се сила преноси са испитиваног комада на конструкцију машине, ради провере претходних и завршних прорачуна.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д. Регодић, “Логистика”, Универзитет Сингидунум, Београд, 2010.
- [2] Д. Живанић, “Непрекидни и аутоматизовани транспорт”, Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови Сад, 2020.
- [3] EN ISO 14890 2003.
- [4] ISO 283 2015.
- [5] Д. Толмач, С. Првуловић, “Транспортни системи”, Технички факултет Зрењанин, Зрењанин, 2012.
- [6] С. Кузмановић, “Машински елементи, обликовање, прорачун и примена”, Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови Сад, 2014.
- [7] З. Петковић, Д. Острић, “Металне конструкције у машиноградњи I”, Машински факултет Београд, Београд, 1996.
- [8] <https://stroina.com/> приступљено 10. 10. 2020.
- [9] G. Fedorko, V. Molnár, P. Michalik, M. Dovica, T. Kelemenová, T. Tóth, “Failure analysis of conveyor belt samples under tensile load”, Journal of Industrial Textiles. 2019;48(8):1364-1383. doi:10.1177/1528083718763776

Кратка биографија:



Немања Ђурић рођен је у Добоју, Босна и Херцеговина, 1996. год. Дипломирао је 2018. године на Факултету техничких наука, смер Механизација и конструкционо машинство, на којем исте године уписује мастер студије, смер Машинске конструкције, транспортни системи и логистика.



Никола Иланковић рођен је у Суботици 1994. год. Завршио је мастер академске студије 2018. године на Факултету техничких наука и исте године уписао докторске студије машинства. Запослен је у звању асистент мастер на Факултету техничких наука у Новом Саду.