

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

Мирко Катона, Никола Иланковић, Драган Живанић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – Тема рада јесте пројектовање уређаја за испитивање транспортних трака. На почетку су извршени прегледи стандарда који се односе на испитивање транспортних трака и научних радова чија је тема испитивање транспортних трака. Након тога је направљен концепт уређаја. Затим је извршен избор компонената уређаја које учествују у погону и управљању. Након тога је изведен прорачун елемената и анализа помоћу методе коначних елемената. На крају су дате смернице за безбедност и заштиту при раду.

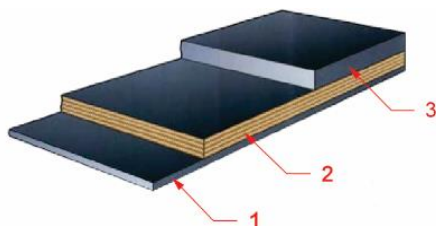
Кључне речи: транспортна трака, узорак транспортне траке, уређај за испитивање транспортних трака.

Abstract – The subject of this paper is the design the testing device for conveyor belts. An overview of standards and scientific papers concerning testing devices for conveyor belts was given in the beginning. Then, the components of testing device were selected. The second part gives the calculation of the elements of testing device and their analysis with the finite element method. Finally, recommendations concerning health and safety measures were given.

Keywords: conveyor belt, conveyor belt sample, testing device for conveyor belts.

1. УВОД

Трака је основни и најодговорнији елемент тракастог транспортера, а истовремено је и носећи и вучни елемент. Највише се примењује трака са текстилним влакнима као носећим слојевима који су обложени гумом као што је приказано на сл. 1. Носећи слојеви преносе силе које се јављају при кретању, а гумена облога служи као заштита од механичких оштећења и хабања [1].



Сл. 1. Транспортна трака: 1-облога са клизне стране; 2-носећа влакна; 3-облога са носеће стране

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чије ментор је био др Драган Живанић, ванр. проф.

Уређајем за испитивање транспортних трака је могуће извршити четири врсте испитивања:

- Одређивање затезне чврстоће траке,
- Одређивање еластичне и трајне деформације траке;
- Одређивање отпорности према раздвајању слојева траке;
- Одређивање максималне силе коју може да издржи веза спајања траке.

2. ПРЕГЛЕД СТАНДАРДА

Да би се извршила набројана испитивања потребно је познавање стандарда према којима се врше.

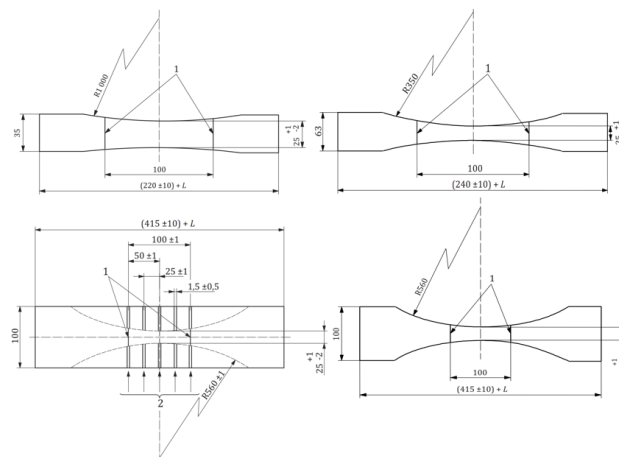
Прегледани су следећи стандарди: DIN 22102, ISO 282, ISO 283, ISO 9856, ISO 252, ISO 1120, ISO 18573 и ISO 7500. При прегледу стандарда ISO 282 [2], утврђен је број шема узорака према табели 1.

Табела 1. Број шема узорака транспортне траке у односу на дужину траке.

Укупна дужина транспортне траке L [m]	Број шема узорака
L ≤ 500	1
500 < L ≤ 1 000	2
1 000 < L ≤ 2 000	3
2 000 < L ≤ 3 500	4
3 500 < L ≤ 5 000	5
5 000 < L ≤ 7 000	6
7 000 < L ≤ 10 000	7

Напомена: Преко 10 000 m, по једну шему узорака треба направити за сваких 5 000 m дужине траке.

Стандард ISO 283 [3] предвиђа да је из сваке шеме узорака потребно направити по три испитна узорка чије су димензије приказане на сл. 2.



Сл. 2. Узорци транспортне траке према стандарду ISO 283

Такође, наведени стандард предвиђа и дужину од 50 mm којом чељуст уређаја захвата узорак траке. Стандард ISO 18573 [4] предвиђа атмосферске услове током испитивања. Када је у питању само контрола температуре тада је потребна температура од $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, која мора бити постигнута најмање 3 сата пре испитивања.

3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Најзначајније досадашње истраживање је: Издужење текстилних носећих слојева транспортне траке – Анализа оштећења, чији су аутори: *G. Fedorko, V. Molnár, P. Michalik, M. Dovica, T. Tóth, T. Kelemenová*. Из њиховог истраживања добијена је идеја за конструкцију чељусту уређаја. Такође, веома је значајно једно од њихових испитивања узорка траке чији су параметри дати у табели 2.

Табела 2. Карактеристике траке из које је исечен узорак

Материјал траке	EP
Називна затезна чврстоћа	125 N/mm
Дебљина траке	8 mm
Дебљина носеће облоге	4 mm
Дебљина клизне облоге	1,5 mm
Број носећих слојева	3
Специјална особина траке	A

Резултати испитивања приказују да је до кидања узорка дошло при дејству силе од 3473 N. Напон који се том приликом јавља у узорку износи:

$$\frac{F}{S_4 \cdot L} = \frac{3457}{2,5 \cdot 25} = 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 55 \text{ MPa}$$

где су:

- F – Сила при којој долази до кидања узорка;
- S_4 - Укупна дебљина носећих слојева траке;
- L – Ширина узорка траке између реф. линија.

4. КОНЦЕПТ УРЕЂАЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА

Уређај за испитивање транспортних трака треба да има могућност прихватања узорка транспортне траке помоћу чељусту које треба да прихватају узорке ширине до 100 mm, дужине 415 ± 10 mm и дебљине до 30 mm.

Чељусту треба да имају ход 130 mm који ће омогућити кидање узорка свих димензија.

Уређај треба да затеже узорак константном брзином од 100 ± 10 mm/min, до појаве кидања узорка, а такође треба да постоји могућност оптерећења узорка одређеном силом током дужег временског периода.

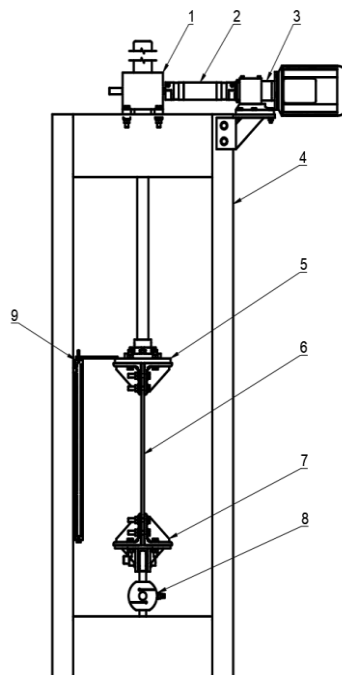
Да би дошло до кидања траке називне затезне чврстоће 2000 N/mm потребно је да уређај на узорак траке делује силом:

$$F = 2000 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 25 \text{ mm} = 50000 \text{ N}$$

где је:

- 2000 N/mm – називна затезна чврстоћа (називна јачина на кидање) траке према стандарду ISO 22102;
- 25 mm – ширина узорка траке између референтних линија.

На сл. 3. приказана је скица уређаја за испитивање транспортних трака.



Сл. 3. Скица уређаја за испитивање транспортних трака

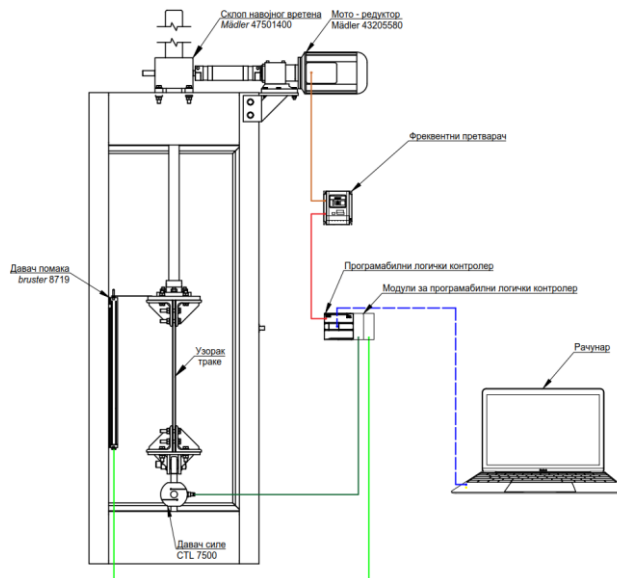
У таб. 3. приказане су компоненте означене на сл. 3. Табела 3. Компоненте уређаја за испитивање транспортних трака

Ознака	Компонента
1	Склоп навојног вретена
2	Спојница - вратило
3	Мото - редуктор
4	Носећа конструкција
5	Горња чељуст кидалице
6	Узорак траке
7	Доња чељуст кидалице
8	Давач силе
9	Давач помака

5. ИЗБОР КОМПОНЕНТИ

У оквиру овог поглавља извршен је избор компонената које учествују у погону и управљању уређајем.

На сл. 4. приказано је повезивање компонената за управљање уређајем.



Сл. 4. Повезивање компонената за управљање уређајем

Изабране су следеће компоненте:

- Навојно вретено типа В *Mädler* 475 014 00;
- Мото-редуктор *Mädler* 432 055 80;
- Вратило-спојница *Mädler RNW* 28;
- Давач силе *Laumas CTL* 7500;
- Давач помака *burster* 8719-5500;
- Програмабилни л. контролер *Fatek FBs-32MA*;
- Фреквентни регулатор *Hitachi NES1-007 HBE*.

У табели 4. приказане су карактеристике изабраних компоненти.

Табела 4. Карактеристике изабраних компоненти

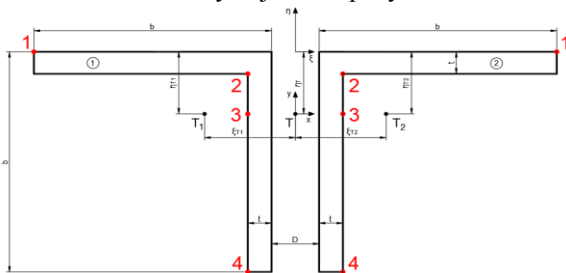
Name	Product Number	Description
Worm Gear Screw Jack NP/I; Version B	47501400	- Size: 4; - Spindle length: 1700 mm; - Trapezoidal Spindle: Tr. 40x7; max. Stroke Force: 50 000 N; - Material: Steel C45; - Without M30 thread at the end of the spindle and without M30 Flange plate for this version; - Spindle and safety features; Fastening Strip Set: size 4; 2 End Switchers.
Helical Geared Motor HR/I	43205580	- P = 0.55kW; n ₂ = 107 min ⁻¹ ; M ₃ = 47 Nm; - Gearbox size: 30/2; Motor size 80A4; With break, posistor and encoder if it is possible.
Connecting Shafts RNW 28	RNW 28	- RNW 28; - Length LA = 255 mm; - Boreholes d = 20 mm on both sides; - Speed: 107 min ⁻¹ .
Tension (compression) load cell	CTL7500	- Load capacity: 7500 kg.
Potentiometric Displacement Sensor	8719-5500	- Measuring Range: 500 mm.
PLC Fatek	FBs-32MA	- 20 points 24VDC digital input (up to 10KHz in 4 points) - 12 Points relay digital output - 1 built-in RS-232 (can be expanded up to 3) - 100~240VAC power supply
Frequency Inverter NES1-007HBE	46013075	- Number of Phases: 3; Output Power: 0,75 kW.

6. ПРОРАЧУН УРЕЂАЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА

Током прорачуна извршени су докази чврстоће, прорачуни заварених и завртањских веза.

Најзначајнији прорачун јесте доказ чврстоће чељусту уређаја јер је чељуст најодговорнији део.

На сл. 5. приказана је скица L профила чељусту са обележеним тачкама у којима се рачуна напон.



Сл. 5. Скица L профила чељусту

Резултати прорачуна приказани су у табели 4.

Табела 4. Вредности напона који се јављају у чељустима

	σ [kN/cm ²]	τ [kN/cm ²]	$\sigma_{u,4}$ [kN/cm ²]
Тачка 1	2.00	0.00	2.00
Тачка 2	1.30	1.70	3.22
Тачка 3	0.00	1.82	3.15
Тачка 4	5.07	0.00	5.07

Максимални упоредни напон јавља се у тачки 4 и износи: $\sigma_{u,4} = 5,07 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Допуштени напон за први случај оптерећења за челик S355 од којег су L профили чељусту направљени

$$\text{износи: } \sigma_{dop} = 23,67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad [5]$$

$$\sigma_{u,4} = 5,07 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{dop} = 23,67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

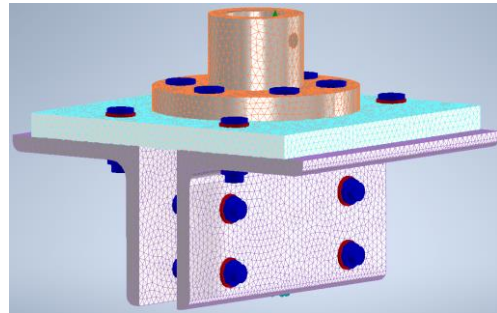
Услов доказа чврстоће је задовољен.

7. АНАЛИЗА МЕТОДОМ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА

За проверу напона који се приликом дејства оптерећења јавља у елементима уређаја користи се метода коначних елемената.

Софтвер коришћен за анализу је *Autodesk Nastran* који је саставни део *Autodesk Inventor-a*.

Прва анализа урађена је без укрућења (сл. 6).

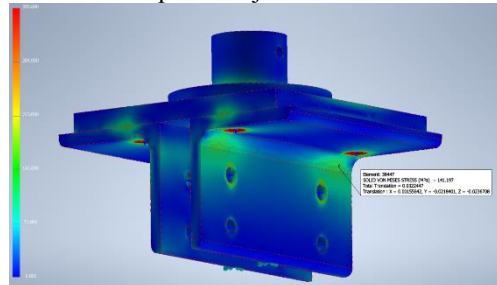


Сл. 6. Чељуст без укрућења

Ослонци су постављени на доњу површину L профила. Елементима је на овај начин онемогућено померање и ротација.

Оптерећење је у виду силе која је постављена на унутрашњој површини навртке за навојно вретено. Сила делује према горе и износи 50 kN.

Резултат анализе приказан је на сл. 7.

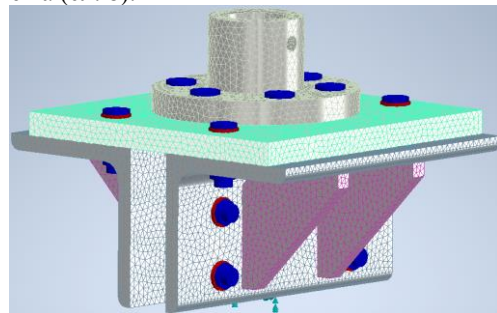


Сл. 7. Анализа чељусту без укрућења

Анализом су добијени следећи резултати:

- максимални напон у чељустима је 14,1 kN/cm² односно 141,2 МПа.

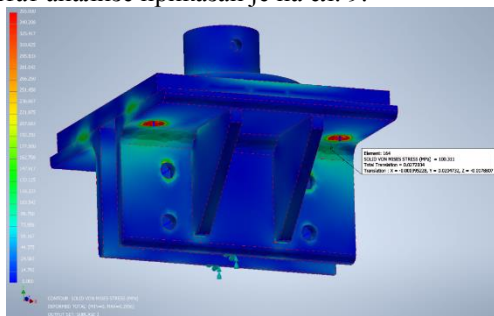
Да би се вредност напона смањила постављена су укрућења (сл. 8).



Сл. 8. Чељуст са укрућењима

Ослонци и оптерећење идентични су као и у анализи без укрућења.

Резултат анализе приказан је на сл. 9.



Сл. 9. Анализа чељустии са укрућењима

Анализом су добијени следећи резултати:

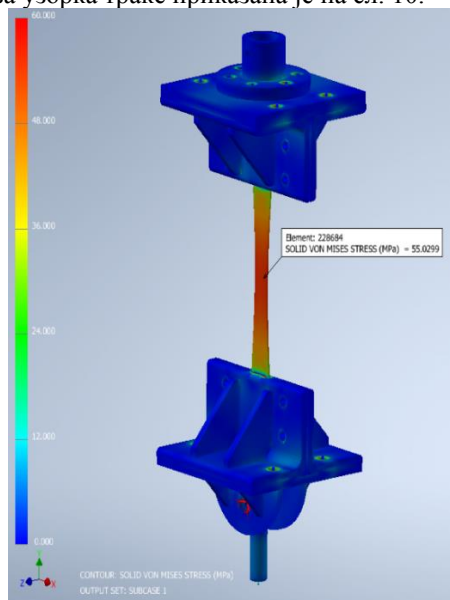
- максимални напон у чељустима је $10,03 \text{ kN/cm}^2$ односно $100,3 \text{ MPa}$.

Коришћењем укрућења вредност напона смањена је за 4 kN/cm^2 односно 40 MPa .

Вредност напона добијена анализом одступа од вредности добијеном доказом чврстоће због појаве концентрације напона у појединим тачкама које у реалности не представљају проблем. Међутим у оба случаја вредности напона не прелазе дозвољену вредност напона која за материјал S355 износи $23,67 \text{ kN/cm}^2$ односно $236,7 \text{ MPa}$.

Помоћу методе коначних елемената извршена је анализа узорка траке. Узорак траке је типа А према стандарду ISO 283,

Параметри за вршење анализе подешени су према параметрима узорка траке (табела 2) коришћеном у научном раду „Анализа оштећења узорка транспортних трака при дејству затезног оптерећења” Сила која делује на узорак траке је $F = 3457 \text{ N}$ током чијег дејства је у испитивању дошло до кидања траке. Анализа узорка траке приказана је на сл. 10.



Сл. 10. Анализа узорка траке

Анализом су добијени следећи резултати:

- максимални напон у узорку траке је $5,503 \text{ kN/cm}^2$ односно $55,03 \text{ MPa}$.

Анализа приказује да се у узорку јавља напон који је једнак затезној чврстоћи током које је дошло до кидања узорка траке.

8. БЕЗБЕДНОСТ И ЗАШТИТА НА РАДУ СА УРЕЂАЈЕМ ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА

На уређају су са обе стране постављена врата која служе за заштиту. При раду уређајем препоручује се да уређај користи један оператер. Оператер и особље који се налазе у близини су обавези да носе заштитне наочаре и заштитне ципеле. Такође, да поседују и флуоресцентни прслук да би били уочљивији у случају да се у лабораторији врше нека друга испитивања или се врши транспорт робе. Оператер је у обавези да носи и заштитне рукавице док поставља узорак у чељуст уређаја.

9. ЗАКЉУЧАК

При транспорту појединих материјала, током времена долази до промене количине влаге што доводи до промене радног оптерећења. Тада у транспортној траци долази до појаве силе која је већа од силе за коју је трака предвиђена. Дејство такве силе доводи до неправилног рада транспортера, а у екстремнијим случајевима може довести и до квара одређених елемената тракастог транспортера. Помоћу пројектованог уређаја могуће је симулирати дејство веће силе од силе добијене прорачуном и на тај начин доћи до закључака какве последице то оставља на траци.

10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д. Живанић: Непрекидни и аутоматизовани транспорт - скрипта, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2019.
- [2] Стандард ISO 282.
- [3] Стандард ISO 283.
- [4] Стандард ISO 18573
- [5] З. Петковић, Д. Острић: Металне конструкције у машиноградњи 1, Машински факултет, Београд, 1996.

Кратка биографија:



Мирко Катона рођен у Руском Крстуру 1995. год. Дипломирао 2019. 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 у Суботици 1994. год. Завршио 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.



Драган Живанић рођен у Сремској Митровици 1972. год. Докторирао је 2012. год. Од 2019. год. ради као ванредни професор на Факултету техничких наука у Новом Саду.