

STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA TECHNICKÁ

Hviezdoslavova 6, 052 01 Spišská Nová Ves

Návrh a konštrukcia kuželovej rotačnej štiepačky dreva s jednofázovým elektromotorom

Súťaž: Strojár – Inovátor 2026

Organizátor: Strojnícka fakulta TU v Košiciach

Oblasť: Konštrukcie strojov a zariadení

Spišská Nová Ves

Rok: **2026**

Riešitelia:

Tomáš Dzurňák

Jozef Tejbus

Ročník štúdia: **štvrtý**

1. Úvod

Spracovanie palivového dreva predstavuje v domácom prostredí energeticky náročný proces, ktorý je neoddeliteľnou súčasťou prípravy na vykurovaciu sezónu. Tradičné metódy ručného štiepania pomocou sekier sú nielen časovo neefektívne a fyzicky vyčerpávajúce, ale pri dlhodobom vykonávaní predstavujú aj značné riziko zranení a nadmerné zaťaženie pohybového aparátu. Vzhľadom na rastúci význam biomasy ako obnoviteľného zdroja energie sa zvyšuje dopyt po dostupných riešeniach, ktoré by tento proces automatizovali a zjednodušili.

Cieľom práce bolo navrhnuť mechanizované zariadenie – rotačnú štiepačku, ktorá kombinuje vysokú efektivitu, bezpečnosť a ekonomickú dostupnosť pre bežného používateľa. Navrhovaná konštrukcia využíva princíp rotačného kužela so závitom, ktorý transformuje krútiaci moment pohonnej jednotky na štiepaciu silu s minimálnym fyzickým úsilím obsluhy. Práca sa podrobne zaoberá celým procesom vývoja, od výpočtu kinematických parametrov a voľby vhodných komponentov až po finálnu montáž a overenie funkčnosti prototypu v praxi.

2. Technické požiadavky

Hlavným kritériom bol návrh zariadenia operujúceho v jednofázovej sieti (230 V), čo umožňuje jeho nasadenie v bežných domácich podmienkach bez potreby trojfázového rozvodu (400 V). Dôraz bol kladený na tuhosť nosnej konštrukcie a elimináciu vibrácií. V rámci filozofie udržateľnosti a znižovania vstupných nákladov bol projekt realizovaný s využitím princípu „reuse“ (opätovné využitie), kde kľúčový funkčný celok – pohon – pochádza z recyklovaného zariadenia.

3. Špecifikácia komponentov a materiálov

Pri konštrukcii boli využité materiály s ohľadom na mechanické namáhanie a životnosť:

- Pohonná jednotka: Jednofázový asynchrónny elektromotor ($P = 2,2 \text{ kW}$, $n = 2900 \text{ min}^{-1}$). Motor bol získaný sekundárne z nefunkčnej vŕtavy. Po dôkladnej technickej revízii, vyčistení a kontrole izolačného stavu vinutia bol plne integrovaný do pohonného systému štiepačky.
- Nosný rám: Oceľové profily (S235JR) spájané ručným oblúkovým zvaraním.
- Pracovný mechanizmus: Štiepací kužeľ je osadený na hriadeli v ložiskových domcoch typu UCP.
- Pracovná doska: Tuhá protišmyková doska zvyšujúca stabilitu materiálu pri procese štiepania dreva.





4. Mechanizmus prenosu výkonu

Prenos krútiaceho momentu je realizovaný prostredníctvom remenicového prevodu s klinovým remeňom. Tento systém plní aj funkciu bezpečnostnej spojky – v prípade náhleho preťaženia (napr. pri narazení na húževnatý suk) dôjde k preklzu remeňa, čím sa chráni vinutie motora.

Výpočet uhla obopnutia remeňa (opasania) pre menšiu remenicu:

Pre otvorený remenicový prevod platí vzorec pre uhol α .

$$\alpha: \sin \alpha = (D - d) / (2C)$$

kde $D = 300$ mm (veľký priemer remenice), $d = 50$ mm (malý priemer remenice), $C = 535,52$ mm (vzdialenosť osí hriadeľov).

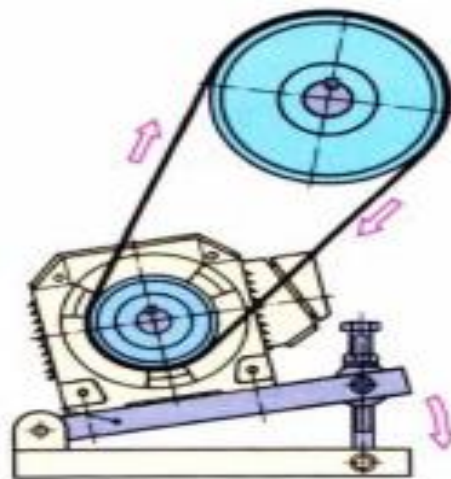
$$\sin \alpha = 250 / 1071,04 \approx 0,2334$$

$$\alpha = \arcsin(0,2334) \approx 13,50^\circ$$

Uhol obopnutia pre menšiu remenicu (β_1):

$$\beta_1 = 180^\circ - 2\alpha \approx 180^\circ - 27^\circ = 153^\circ$$

Tento uhol zabezpečuje dostatočné obopnutie remeňa ($\beta_1 > 120^\circ$), čím sa minimalizuje riziko preklzu v normálnej prevádzke a zvyšuje účinnosť prevodu na približne 90 %. Pre veľkú remenicu je $\beta_2 \approx 207^\circ$, čo ďalej zlepšuje prenos sily.



5. Uloženie hriadeľa

Hlavný hriadeľ je uložený v dvoch ložiskových domcoch. Presné vycentrovanie a pevné uchytenie k rámu minimalizuje radiálne hádzanie, čo je kľúčové pre bezpečnosť obsluhy a kvalitu rezu.

6. Výpočet kinematických parametrov

Prevodový pomer bol navrhnutý na zvýšenie krútiaceho momentu pri súčasnom znížení otáčok pracovného kužela.

Parametre remeníc: malá remenica (d1): 50 mm a veľká remenica (d2): 300 mm.

Prevodový pomer (i):

$$i = d2 / d1 = 300 / 50 = 6$$

Výstupné otáčky (n2):

$$n2 = n1 / i = 2900 / 6 \approx 483 \text{ min}^{-1}$$

8. Konštrukčný problém a jeho riešenie

Významnou technickou výzvou pri konštrukcii bol malý priemer vývodového hriadeľa elektromotora, ktorý dosahoval iba 12 mm. Pri takto malom priemere by klasické vyfrézovanie drážky pre tesné pero kriticky oslabilo nosný prierez hriadeľa. Odobratie materiálu pre drážku by v kombinácii s rázovým zaťažením pri štiepaní mohlo viesť k deformácii hriadeľa alebo k jeho predčasnému únavovému lomu v mieste koncentrácie napätia.

Z tohto dôvodu bol zvolený profesionálny upínací systém Taper Bush 1008-12. Toto riešenie prináša nasledujúce výhody:

- Zverný spoj: Taper Bush funguje na princípe kužeľového zverného spoja, ktorý rozkladá sily rovnomerne po celom obvode a dĺžke hriadeľa, čím eliminuje bodové preťaženie.
- Kompenzácia oslabenia: Systém umožňuje bezpečný prenos krútiaceho momentu $M1 \approx 7,24 \text{ Nm}$ aj bez nutnosti hlbkej drážky, ktorá by hriadeľ znehodnotila.
- Presnosť a stabilita: Zabezpečuje dokonalé vycentrovanie remenice, čím sa minimalizujú vibrácie a zvyšuje životnosť ložísk motora.

Toto riešenie výrazne zvyšuje bezpečnosť a technickú úroveň celého zariadenia, pričom rešpektuje limity použitého pohonného agregátu.



7. Silová analýza a krútiaci moment

Krútiaci moment na hriadelí motora (M1):

$$M1 = P / (2 \cdot \pi \cdot n1 / 60) = 2200 / (2 \cdot \pi \cdot 2900 / 60) \approx 7,24 \text{ Nm}$$

Krútiaci moment na výstupnom hriadelí (M2) pri účinnosti $\eta \approx 0,9$:

$$M2 = M1 \cdot i \cdot \eta = 7,24 \cdot 6 \cdot 0,9 \approx 39,1 \text{ Nm}$$

Tento moment je dostatočný na prekonanie odporu pri vniknutí kužeľa do drevnej hmoty väčšiny listnatých aj ihličnatých drevín (typický rezistívny moment pri štiepaní do 30–40 Nm).

8. Pevnostná kontrola tesných pier

Pre zaistenie bezpečného prenosu momentu boli posúdené perové spoje (podľa STN ISO 773).

Pero pod veľkou remenicou ($8 \times 8 \times 30 \text{ mm}$):

- Šmykové napätie: $\tau \approx 39,1 \text{ MPa}$ (dovolené: 60 MPa)
- Plošný tlak: $p \approx 78,2 \text{ MPa}$ (dovolené: 120 MPa)

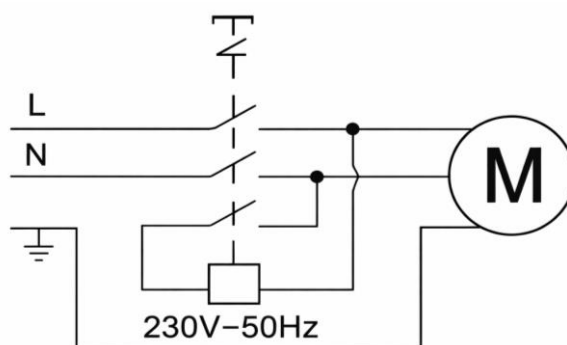
Výsledky potvrdzujú, že perové spoje sú dimenzované s dostatočnou bezpečnostnou rezervou (cca 1,5 až 2-násobnou), čo zabezpečuje dlhodobú únavovú odolnosť pri dynamickom zaťažení.



9. Elektrické zapojenie

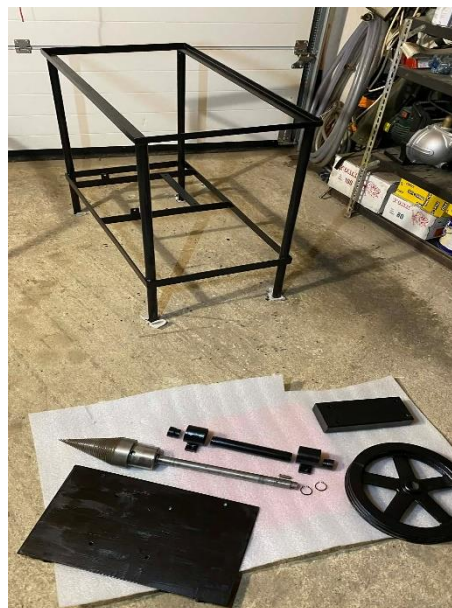
Zariadenie využíva ovládaciú zásuvku s integrovaným relé a tlačidlami START/STOP.

- Bezpečnostný prvok: Tlačidlo núdzového zastavenia (Total Stop) pre okamžité prerušenie obvodu.
- Ochrana: Ochranný vodič PE je pripojený priamo na kostru motora v súlade s normou STN EN 60204-1.



10. Povrchová úprava a ochrana proti korózii

Vzhľadom na predpokladané nasadenie zariadenia v exteriéri a jeho pravidelný kontakt s vlhkou drevnou hmotou bola venovaná zvýšená pozornosť povrchovej ochrane oceľovej konštrukcie. Cieľom tejto úpravy je eliminácia oxidačných procesov (korózie) a predĺženie celkovej životnosti stroja.



11. Cenová analýza

- Skutočné obstarávacie náklady: 53 € (využitie recyklovaných materiálov, vrátane motora z vírivky).
- Odhadovaná trhová hodnota: 373 € – 423 €. Vlastná konštrukcia predstavuje úsporu viac ako 85 % oproti komerčným riešeniam.

Položka	Obstarávacía cena	Odhadovaná cena
Jednofázový elektrický motor	0 €	100 – 150 €
Materiál na konštrukciu	0 €	cca 30 €
Doska na výrobu stola	0 €	cca 30 €
Remene a remenice	38 €	38 €
Hriadeľ s kužeľom na drevo	0 €	cca 120 €
Ovládacie tlačidlo s núdzovým zastavením (EMERGENCY STOP)	15 €	15 €
Farba na povrchovú úpravu	0 €	cca 20 €
Kotúče, elektródy a spojovací materiál	0 €	cca 20 €
Súhrn:		
• Celkové obstarávacie náklady: 53 €		
• Celková odhadovaná hodnota: cca 373 – 423 €		

12. Záver

Navrhnutá rotačná štiepačka spĺňa všetky stanovené ciele: je funkčná, bezpečná a ekonomicky nenáročná. Projekt preukázal, že aj s využitím dostupných materiálov je možné pri dodržaní inžinierskych postupov vytvoriť plnohodnotné technické zariadenie.



Zoznam použitej literatúry:

1. STN ISO 5290: Klinové remene – Rozmery.
2. STN ISO 773: Pero a drážky – Rozmery.
3. VAVRA, P. a kol.: Strojnícke tabuľky pre SPŠ strojnícke.
4. Interné študijné materiály SPŠ technická Spišská Nová Ves.