



Středoškolská technika 2017

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

KLADNICE 300 t (výťah z maturitní práce)

Simon Kalombo

Střední průmyslová škola strojnická a Střední odborná škola profesora Švejcara, Plzeň
Klatovská 109, 301 00 Plzeň

Anotace

V dlouhodobé maturitní práci je řešena konstrukce a následná výroba modelu jeřábové kladnice s nosností 300 t, která bude používána v mořském prostředí na plovoucím jeřábu. Nejprve je provedeno obecné seznámení s možnými konstrukčními řešeními, ze kterých je následně jedno vybráno, a tato volba je zdůvodněna. Následuje samotné konstrukční řešení, kde je nejprve provedena volba vhodných materiálů s ohledem na prostředí. Dále se práce zabývá charakteristikou jednotlivých součástí kladnice. Po konstrukčním řešení následují výpočty, které byly použity při konstrukci jeřábové kladnice. V poslední části se práce zabývá samotnou výrobou 3D modelu jeřábové kladnice v měřítku 1:10 za pomoci 3D tiskárny 3D Systems Cube Pro Duo z materiálu ABS.

Úvod

Jeřábová kladnice je součástí zdvihacího zařízení, které se využívá v mnoha odvětvích průmyslu ke zdvihání a přemístování těžkých břemen ve vymezeném prostoru. Pomocí tohoto zařízení se síla působící na hák rovnoměrně rozkládá na více lan. Tíha kladnice napíná lano i v nezátíženém stavu. Kladnice se skládá z bočnic, čepu kladek, kladek, radiálních ložisek, příčnicku, matice háku, háku, axiálního ložiska háku a krytů.

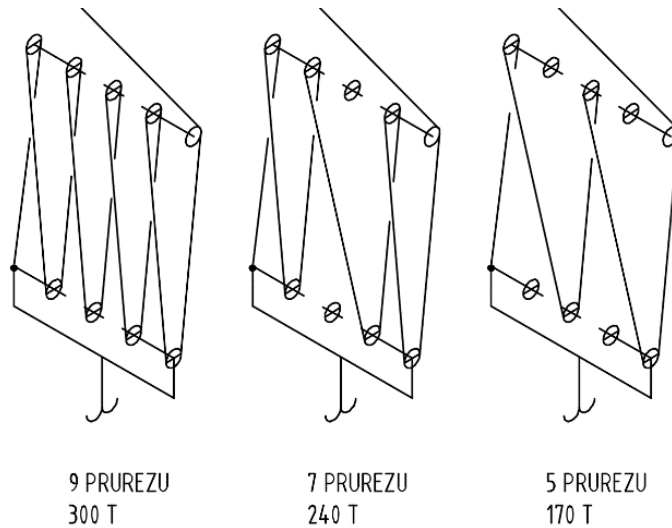
Kladnice může být provedena ve 2 provedeních:

1. Provedení prodloužené – kladky jsou uloženy na jednom čepu, hák na druhém – toto provedení bylo zvoleno v tomto případě z důvodu menší šířky jeřábového bubnu oproti zkrácenému provedení.
2. Provedení zkrácené – kladky i hák jsou uloženy na společném čepu.

Cílem této dlouhodobé maturitní práce je navrhnout a následně zkonstruovat model jeřábové kladnice o nosnosti 300 t. Zadaný průměr lana je 44 mm. Kladnice bude pracovat v mořském prostředí.

Kladnici je možné navinout celkem 3 způsoby (obr. 1), podle požadované nosnosti.

- a) 9 nosných průřezů – nosnost je 300 t.
- b) 7 nosných průřezů – nosnost je 240 t.
- c) 5 nosných průřezů – nosnost je 170 t.



Obr. 1



Obr. 2

Konstrukční řešení

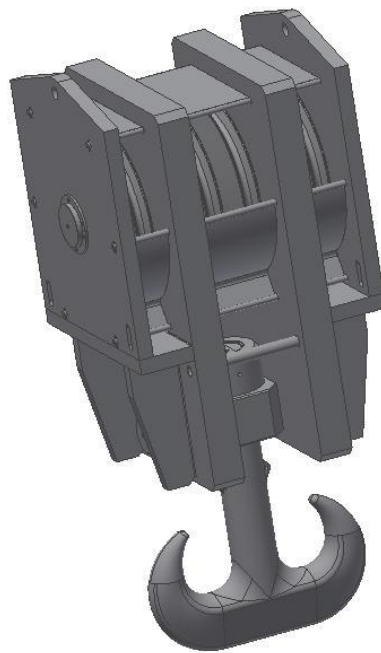
Materiály

Vzhledem k tomu, že je kladnice určena pro plovoucí jeřáb a bude vystavena značným působením povětrnostních vlivů a působení mořské slané vody, jsou zvoleny materiály, které

jsou těmto vlivům schopny odolávat. Jako materiál pro hlavní nosné součásti (svařenec, pevný kryt, kladky) je volena duplexní nerezová ocel S32550. Tato ocel je přímo určena ke kontaktu s mořskou vodou. Tento materiál byl použit zejména pro důležité části, kde by koroze mohla ovlivnit funkci kladnice. Jedná se o svařenec bočnice, kladky, čep kladek, matice háku, příčník, rozpěrné trubky, kroužky a příložky.

Vlastnosti oceli S32550:

- Velmi pevná a odolná proti abrazi (mechanickému obrušování).
- Obsah prvků (Cr 24-27 %, Ni 4,5 – 6,5 %, Mo 2,9 – 3,9 %, Cu 1,5 – 2,5 %, Si 1 %, N 0,1 – 0,25 %, C 0,04 %, P 0,04 %, S 0,03 %).
- Vhodná pro svařování.
- Dobře kujná a obrobitelná.
- Vysoká korozivzdornost (pro slanou vodu výrobce udává maximálně 0,1 mm za rok).
- Pevnost v tahu $R_m = 790 - 890$ MPa.
- Cena 2-3,5 \$/kg.
- Pro plechové kryty je zvolena austenitická nerezová ocel 316L.
- Vlastnosti oceli 316L.
- Odolnost proti korozi v prostředí chloridů (NaCl – chlorid sodný).
- Obsah prvků (Cr 16,5 – 18,5 %, Ni 10 – 12 %, C < 0,03 %, Mo 2 – 2,5 %).
- Pevnost v tahu $R_m = 520 - 680$ MPa.



Obr. 3

Nátěr

Použitý materiál S32550 velmi dobře odolává korozi, ale i přesto byl zvolen nátěr Rokosil Aqua Industry RK 613, což je samozákladující dvousložkový vodou ředitelný polyuretanový nátěr s rychlým vytvrzováním od firmy ROKOSPOL a.s. Jeho použití je určené přímo na jeřábové konstrukce.

Výroba modelu

Cílem práce bylo také zhotovit reálný 3D model jeřábové kladnice.

Výrobní technologie

Jako výrobní technologie byl použit 3D tisk. Jedná se o metodu postupného nanášení vrstev, a tím vzniká model.

Pro tuto kladnici byla zvolena metoda FDM (Fused Deposition Modeling). Jedná se o jednu z nejběžnějších metod 3D tisku.

Princip metody FDM spočívá v tavení plastové (mohou být i jiné materiály) struny v extruderu. Roztavený plast je dále tlačen do trysky, která nanáší materiál do jednotlivých vrstev.

Materiál

Jako materiál pro celý model kladnice byl zvolen termoplast ABS z následujících důvodů:

- velmi dobrá pevnost a tuhost,
- dobrá opracovatelnost a lepitelnost,

3D tisk

Model byl zhotoven pomocí 3D tiskárny Cube Pro Duo s tiskovou plochou 200x230x270mm. Na základě rozměrů tiskové plochy bylo zvoleno měřítko 1:10. Některé větší součásti (bočnice, čep, příčník, kladky) bylo nutné před tiskem rozdělit na více dílů.

V tabulce jsou uvedeny hmotnosti a časy jednotlivých součástí (hodnoty získané ze softwaru Cube Pro, ve kterém probíhala kompletní příprava 3D tisku).

| Součást | Hmotnost 1 kusu | Čas tisku 1 kusu | Počet kusů |
|---------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| Svařenec | 187 g | 7:11 h | 2 |
| Hák | 98,5 g | 4:52 h | 1 |
| Příčník | 42,8 g | 2:48 h | 1 |
| Čep kladek | 38 g | 1:31 h | 1 |
| Kryt pevný | 92 g | 4:38 h | 2 |
| Kladka | 52 g | 4:34 h | 4 |
| Matice háku | 27 g | 2:28 h | 1 |
| Axiální ložisko | 4 g | 0:31 h | 1 |
| Radiální ložisko | 5,3 g | 0:15 h | 4 |
| Rozpěrná trubka | 4,5g | 0:40 h | 2 |
| Kryt výklopný střed | 6 g | 1:30 h | 2 |
| Kryt horní střed | 7,5 g | 0:44 h | 1 |
| Kryt výklopný kraj | 3,5 g | 0:24 h | 4 |
| Kryt horní kraj | 3,5 g | 0:25 h | 2 |
| Celkem | 1047 g | 59:14 h | 28 |

Tab. 1

Cena za 1 cartridge materiálu ABS pro 3D tiskárnu Cube Pro Duo je 2892 Kč. Obsah cartridge činí přibližně 750 g materiálu ABS. Celková cena za kladnici činí cca 4 000 Kč.



Obr. 4

Kompletace modelu

Po vytištění součástí bylo nutné je pečlivě opracovat. Díky dobrým vlastnostem ABS lze k opracování použít velmi jednoduché nástroje (smirkový papír, pilník a nůž) s velmi dobrým výsledkem. Bylo nutné opracovat hrany, aby lícovaly, a smirkovým papírem obrousit povrch před nátěrem.

Samotná kompletace součástí se prováděla pomocí lepených spojů. Jako lepidlo byla použita odpadní hmota ABS z 3D tisku rozpuštěná v acetonu. Důvodem pro volbu tohoto lepidla byla jeho vysoká pevnost a finanční nenáročnost.

Po zkompletování všech dílů následoval nátěr. Nejdříve byl nanesen základový nátěr na plasty, aby nedošlo k popraskání vrchního nátěru. Jako vrchní nátěr byl použit Balakryl Uni v modré barvě. Jedná se o vodou ředitelnou akrylátovou barvu.

Celková doba kompletace činila 12 hodin.

Závěr

Tento příspěvek je výňatkem z maturitní práce, která bude obhajována před zkušební komisí. Cílem této maturitní práce bylo navrhnout jeřábovou kladnici o nosnosti 300 t, která bude pracovat v mořském prostředí.

V první části byly popsány použité materiály a zvoleno konstrukční řešení kladnice. Řešením je prodloužené provedení kladnice se čtyřmi vodícími kladkami bez kladky vyrovnávací. Hmotnost kladnice je cca 26 t. Tato hmotnost nebyla záměrně snižována z důvodu nutného předpětí ocelového lana v nezátíženém stavu. 3D model kladnice byl vytvořen v programu Autodesk Inventor 2017.

Výroba reálného 3D modelu kladnice byla provedena na 3D tiskárně Cube Pro Duo z materiálu ABS v měřítku 1:10. Celková hmotnost modelu kladnice je 1 047 g, což odpovídá ceně cca 4 000 Kč. Celkový čas pro zhotovení kladnice činil přes 71 hodin.

Jedná se časově i finančně náročnou výrobu. Tato výroba je spíše vhodná pro součásti, které jsou tvarově složité, a zároveň je potřebná nízká hmotnost.

Použité informační zdroje

Použitá literatura

1. LEINVEBER, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. 5. vyd. Praha: ALBRA 2011. 927 s. ISBN 978-80-7361-081-4
2. REMTA, F., KUPKA, L. Jeřáby I. díl. Vyd. Praha: SNTL. 1968. 661 s.
3. *DIN 15 403. Rundgewinde. 1965.*

Internetové stránky (www)

4. Guehring s.r.o. Hluboko řezné šroubovitě vrtáky. Dostupné z WWW: <<http://www.guehring.cz/>>
5. SKF CZ a.s. Valivá ložiska. Dostupné z WWW:<<http://www.skf.com/cz/>>
6. Corrosion Materials Inc. Duplexní nerezová ocel S32550. Dostupné z WWW:<<http://www.corrosionmaterials.com/>>
7. INOX, spol. s r. o. Austenitická nerezová ocel 316L. Dostupné z WWW:<<http://www.inoxspol.cz/>>
8. HBT Weld s.r.o. Svařování duplexních ocelí. Dostupné z WWW:< <http://www.hbt-weld.cz/>>
9. *ROKOSPOL a.s. Samozákladující průmyslové barvy. Dostupné z WWW:<*<http://www.rokospol.com/cz/>*>*
10. Wikipedia. Metoda 3D tisku FDM. Dostupné z WWW:< <https://cs.wikipedia.org/> >