



**INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK U
TRAVNIKU**

FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA

ZAVRŠNI RAD

**TEMA: ČELIČNA UŽAD I NJIHOVA
PRIMJENA**

Mentor :

Doc. Dr. Božičković Zdravko

Student :

Ivana Miletić

Travnik, 2019.



**INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK U
TRAVNIKU**

FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA

ZAVRŠNI RAD

**TEMA: ČELIČNA UŽAD I NJIHOVA
PRIMJENA**

Mentor :

Doc. Dr. Božičković Zdravko

Student :

Ivana Miletić

Travnik, 2019.

UŽAD

Sažetak: U završnom radu predstavljeno je užde kao sastavni dio mehanizma za dizanje. Opisane su različite vrste užadi prema raznim podjelama, čimbenici koji utječu na trajnost užeta i načini veza pomoću kojim užde možemo upotrijebiti za različite potrebe.

Cordage

Abstract:

In the final work it is presented as a rope as an integral part of the lifting mechanism. Different types of ropes have been described according to different divisions, factors affecting the durability of ropes and the ways in which the rope can be used for different purposes.

SADRŽAJ:

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 3 |
| 2. VLAKNASTA UŽAD..... | 4 |
| 3. ŽIČANA UŽAD..... | 7 |
| 3.1.Podjela žičane užadi prema vrstama opterećenja..... | 8 |
| 3.2.Podjela žičane užadi prema građi i načinu pletenja | 9 |
| 3.2.1.Spiralna užad | 9 |
| 3.2.2.Pramena užad | 12 |
| 4. ČELIČNO UŽE..... | 15 |
| 4.1 Primjena čelične užadi..... | 16 |
| 4.2 Vrste opterećenja i oštećenja | 17 |
| 4.2.1 Mehaničko trošenje..... | 17 |
| 4.2.2 Pojava umora zbog savijanja užeta..... | 18 |
| 4.2.3 Korozijska oštećenja | 19 |
| 4.2.4 Otkazivanje zbog vlačnog preopterećenja | 19 |
| 4.2.5 Smični lom | 20 |
| 4.3 Vrste čelične užadi | 21 |
| 4.3.1 Čelična užad za normalnu namjenu | 21 |
| 4.3.2 Specijalna čelična užad: | 24 |
| 4.4 Konstrukcione izvedbe čeličnih užadi..... | 26 |

| | |
|---|----|
| 4.4.1 Dimenzionisanje čeličnih užadi..... | 27 |
| 4.4.1 Projektovanje žičara za prevoz ljudi..... | 28 |
| 5. ČIMBENICI TRAJNOSTI UŽADI | 29 |
| 5.1 Vlačno opterećenje užeta..... | 30 |
| 5.2.Utjecaj savijanja užeta..... | 30 |
| 5.3.Utjecaj kuta pregiba | 31 |
| 5.4.Utjecaj izrade užeta | 31 |
| 5.5.Utjecaj korozije na uže | 31 |
| 6.UŽETNE VEZE | 32 |
| 6.1. Veza užeta s bubnjem..... | 34 |
| 7. ZAKLJUČAK | 36 |
| Popis slika | 37 |
| Literatura..... | 39 |

1. UVOD

Uže je ravna (linearna) tehnička teksitilija, debljine veće od 4 milimetra, namijenjena za privezivanje, prijenos i učvršćivanje tereta. Izrađuje se sukanjem (užarenjem) ili višestrukim končanjem dvaju ili više strukova vlakana, odnosno užarske pređe, a sve češće i pletenjem na strojevima za prepletanje, kao jednoslojno, dvoslojno i spiralno pletena užad. Pletena i končana užad s četirima strukovima ili više njih u šupljini uzduž središnje osi užeta često sadrži uložak ili jezgru, koja preuzima opterećenja užeta. Za izradbu užadi nekad su se upotrebljavala samo prirodna vlakna velike čvrstoće i otpornosti na atmosferilije (kudjelja, konoplja, sisal, kokos, manila, juta) te metalna žica. Danas se užad sve više izrađuje od sintetskih vlakana velike čvrstoće (tehnički tipovi poliesterskih, poliamidnih, polipropilenskih i vinilalnih vlakana), a jezgra od metalnih (čeličnih) i aramidnih niti. Uže od biljnih ili sintetskih materijala se naziva konop ili konopac. Prema svojim osnovnim značajkama (materijal, čvrstoći, trajnosti i području primjene) razlikuju se žičana i vlaknasta užad. Žičana užad za prenosila i dizala izrađuju se iz čeličnih žica dok se vlaknasta užad plete iz prirodnih ili umjetnih vlakana. Glavna je značajka užeta njegova čvrstoća, koju mora zadržati u različitim uvjetima uporabe (vlaga, voda, kiša, snijeg, Sunčevo zračenje i drugo). Čvrstoću određuju sirovinski sastav i konstrukcijske karakteristike, to jest vrsta vlakana i svojstva užarske pređe, način izradbe (ručno ili strojno sukanje, prepletanje s jezgrom ili bez nje), broj strukova, smjer uvijanja pri sukanju (užarenju), korak použavanja odnosno korak pletenja, promjer ili obujam užeta. Za pojedine vrste užadi, ovisno o njihovoj namjeni, tehničkom su legislativom propisani minimalni zahtjevi za kvalitetu i značajke građe o kojima ovisi kvaliteta i sigurnost užeta u primjeni.

2. VLAKNASTA UŽAD

Vlaknasta užad (DIN 83305) su lagana i pokretljiva i podesna za rukovanje. Savitljivost ove užadi omogućuje dobro i neškodljivo obavijanje tereta, pa se preporučuje kao ovjesno sredstvo, osobito za dizanje osjetljivih visokovrijednih strojnih dijelova. Zbog male čvrstoće i trajnosti vlaknasta užad se rijetko upotrebljava za dizanje odnosno kao pogonska užad. Ako se i primjenjuje kao pogonska užad onda je to ograničeno na ručne dizalice manje nosivosti (koloturnici, laka građevinska vitla i slično).

Prirodna vlakna ove užadi izrađuju se iz:

- **konoplje** (oznaka **Ha**), konopna užad (DIN 83325),
- **manile** (oznaka **Ma**), (DIN 83322),
- **sisala** (oznaka **Si**), (DIN 83324).

Materijali sintetičkih vlakana su:

- **poliamid** (oznaka **PA**), poliamidno uže (DIN 83330)
- **poliester** (oznaka **PES**), (DIN 83331)
- **polipropilen** (oznaka **PP**), (DIN 83329, DIN 83332, DIN 83334)

Normirana vlaknasta užad moraju biti označena koncem u propisanoj boji i trakom s podacima o proizvođaču po čitavoj dužini, te odgovarajućom etiketom. Užadi od prirodnih vlakana povećava se otpornost prema utjecaju atmosferalija natapanjem u karboleum ili katran. Tako impregnirana užad postaje kruća, a nosivost se smanji za 10 %. Prirodna vlakna pri pucanju imaju relativno produljenje oko 4 %, dok je to produljenje kod sintetičkih vlakana veće i iznosi 15 do 20 %. Dosta veliko produljenje sintetičkih vlakana je nedostatak kod pogonskih užadi, ali kao ovjesno sredstvo nema prigovora.

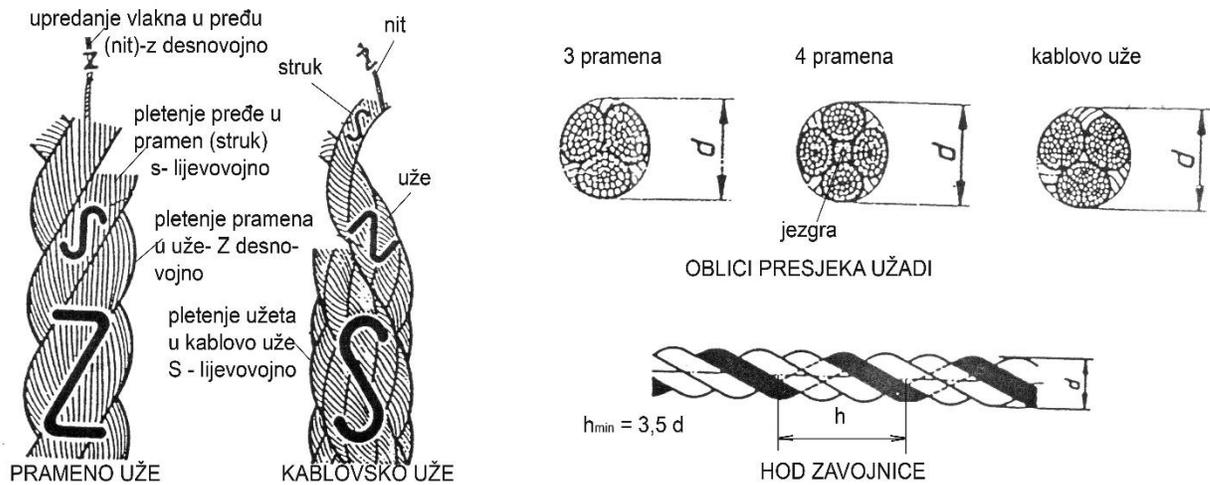
U različitim fazama proizvodnje smjer i oznaka pletenja su definirani kao:

- **desnovojno** (**z** ili **Z**)

- **lijevovojno** (**s** ili **S**)

Mala slova se odnose na pletenje pređe u pramen (struk), a velika slova na pletenje pramena (struka) u uže.

Na slici 1. nalazi se primjer pletenja vlaknastih užadi, pletenje niti, niti u pramen ili struk, struk u uže i pletenje užeta u kablovo uže.



Tablica 1. Minimalna prekidna sila (F_L) i dozvoljeno opterećenje (F) vlaknaste užadi
Slika 1. Primjer pletenja vlaknaste užadi

| Materijal i pletenje | Min F_L u N (d u mm) | Dozvoljeno opterećenje F, N ; (d, mm) | Koeficijent c |
|---|------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Prirodna vlakna (Ha, Ma, Si), oblik A,B | $(60 - 70)d^2$ | $(7 - 8)d^2$ | 0,365 - 0,34 |
| Konoplja (Ha), oblik C | $(35 - 38)d^2$ | $\approx 4,5d^2$ | $\approx 0,47$ |
| Sintetička vlakna (Pa); oblik A | $(165 - 200)d^2$ | $(20 - 25)d^2$ | 0,22 - 0,2 |
| Sintetička vlakna (PES); oblik A | $(146 - 165)d^2$ | $(18 - 20)d^2$ | 0,35 - 0,22 |
| Sint. Vlakna (PP); vrsta S2, S3; oblik A, B | $(116 - 150)d^2$ | $(14 - 18)d^2$ | 0,26 - 0,23 |
| Sint. Vlakna (PP); vrsta S1; oblik A, B | $(70 - 90)d^2$ | $(8 - 11)d^2$ | 0,34 - 0,30 |

Vlaknasta užad se dimenzionira prema prekidnoj sili, uz faktor sigurnosti $S \geq 8$. Prema tablici 1. potrebni promjer užeta za poznato opterećenje treba biti :

$$d = c\sqrt{F}, \text{ mm} \quad (1)$$

gdje je F sila u užetu, u N. Veće vrijednosti koeficijenta c pripadaju većim promjerima užeta (npr. $d = 80$ mm), a manje vrijednosti su za manje promjere (npr. $d = 10$ mm). Za vlaknastu užad uzima se da presjek vlakana iznosi $2/3$ teorijskog presjeka definiranog s promjerom d , pa se čvrstoća tih užadi može uvjetno definirati izrazom:

$$R_m \cong F_L / \left(\frac{2}{3} \frac{\pi d^2}{4} \right) = \frac{1,9 F_L}{d^2}, \frac{N}{mm^2} \quad (2)$$

Tako čvrstoća loma prema izrazu (2) za konopnu užad iznosi $R_m = 120$ N/mm, a za poliamidnu užad (PA) $R_m = 320 - 380$ N/mm², dakle trostruko. Dužina hoda zavojnice pramena, ovisi o materijalu i promjeru užeta d , ali najviše $h = 3,5d$, za užad iz prirodnih vlakana, a za užad iz sintetičkih vlakana $h = (3,5 - 3,7)d$. Masa vlaknaste užadi po jedinici dužine definira se u stanju predopterećenja od $F_p = 1,25 d^2$, N (d u mm).

Tako je (d uvrstiti u mm):

$$m_{100} = (6,85 - 7,1) (d/10)^2, \text{ kg/100m} - \text{ za užad iz prirodnih vlakana,}$$

$$m_{100} = 6,2 (d/10)^2, \quad \text{kg/100m} - \text{ za PA užad,}$$

$$m_{100} = 8 (d/10)^2, \quad \text{kg/100m} - \text{ za PES užad.}$$

Prekidne dužine vlaknaste užadi (dužina užeta kod koje uže puca uslijed vlastite težine) su: za užad iz prirodnih vlakana ≈ 10 km, za PA užad ≈ 30 km, za PES užad ≈ 20 km. Radi usporedbe, prekidna dužina čelične žice čvrstoće 1570 MPa iznosi 20,38 km, dok prameno uže iz takvih žica ima prekidnu dužinu oko 16,5 km.

3. ŽIČANA UŽAD

Statičko i dinamičko opterećenje žičanog užeta za vrijeme rada je veće nego što je to uobičajeno za ostale strojne elemente. Vijek trajanja užeta određen je vremenskom čvrstoćom te ga treba zamijeniti nakon sto njegova oštećenja dostignu granicu koja je definirana u normama.

Za žičano užje je pojava oštećenja odnosno lomova pojedinih žica normalna, očekivana i dozvoljena, sve dok gomilanje tih oštećenja na manjoj dužini užeta ne prijeđe dozvoljenu granicu. Takva posebna svojstva žičanih užeta slijede iz toga, što je užje sastavljeno iz snopa tankih i dugačkih elemenata (žica), čiji paralelni nosivi sustav daje užetu u cjelini veću pouzdanost. Više od toga, puknuta žica se zbog trenja među žicama potpuno uključuje u nosivi sustav već na maloj udaljenosti od mjesta prekida. Sukladno tome, ako je užje u pogonu normalno korišteno i održavano, praktički se može isključiti mogućnost loma užeta uslijed prekida svih žica istovremeno. Povremeno preopterećenje ili prekoračenje vijeka trajanja utječe najprije na lomove pojedinih žica, što vidljivo ukazuje na smanjenje nosivosti i potrebu zamjene užeta. Uobičajeno je da se dobre strane užeta argumentiraju još i s nedostacima lanaca, a posebno je znakovita usporedba njihove pouzdanosti. Nasuprot užetu lanac je sastavljen iz niza serijski spojenih elemenata (serijski nosivi sustav) pa je najslabijom karikom određena nosivost i pouzdanost lanaca u cjelini.

Pored visoke pouzdanosti, žičano užje ima još prednosti kao što su visoka čvrstoća pojedinih žica, veće radne brzine nego kod lanaca, tihi rad, dobra savitljivost, manja težina po metru dužine od lanaca. Mane žičane užadi su: osjetljivost na koroziju zbog velike površine, relativno veliki potrebni promjeri bubnjeva i užetnika, potrebna je posebna pažnja pri rukovanju zbog težnje za odvrtanjem i stvaranjem petlji, osjetljivost na visoke temperature.

Materijal užetnih žica je u pravilu nelegirani, umireni ugljični čelik. Sadržaj ugljika je općenito 0,5 – 0,9 %, na čemu se, između ostalog, zasniva visoka čvrstoća žica.

U proizvodnji užetnih žica razlikuju se dvije glavne faze:

a) Izrada poluproizvoda (valjanih žica). Topljeni čelik iz Siemens - Martinovih ili elektrolučnih peći lije se u blokove, a zatim se u više navrata toplo valja u žice promjera 5 - 8 mm, uz popratnu toplinsku obradu koja se naziva patentiranje. Patentiranje se sastoji od žarenja na austenitnu strukturu (≈ 800 °C) i brzog hlađenja u olovnoj kupki u finu perlitnu strukturu (na ≈ 560 °C) s naknadnim laganim hlađenjem na zraku. Valjana žica time dobije feritno-lamelarno-perlitnu strukturu, pogodnu za daljnje hladno izvlačenje.

b) Izrada proizvoda (čeličnih žica). Žice se u više navrata hladno vuku na željeni promjer. Svakim izvlačenjem žicama se povećava čvrstoća, pa se nakon određenog smanjenja presjeka ponovo termički obrađuju (patentiraju). Nakon zadnjeg provlačenja žice se motaju na kolutove iz kojih se pletu u užje.

Visoka čvrstoća čeličnih žica zasniva se na povišenom sadržaju ugljika, patentiranju i hladnom oblikovanju. Okrugle žice proizvode se isključivo hladnim izvlačenjem, dok se profiliranim žicama potrebna čvrstoća postiže izvlačenjem, a željeni oblik profila valjanjem.

Kada ne postoji veća opasnost od korozije (suhi, zatvoreni prostor) te kada je moguće redovno podmazivanje, koristi se užad pletena iz svijetlih žica. Uže se za vrijeme pletenja brižljivo podmazuje iznutra, a u pogonu se podmazuje mašću koja dobro prijanja i ne sadrži kiselinu. Moguće je podmazivanje i visokoviskoznim uljem. Za postrojenja, kod kojih uže radi u mokroj ili agresivnoj okolini, koristi se užad iz pocinčanih žica. Pocinčavanje se vrši nakon ili prije zadnjeg provlačenja žice. Zagrijavanjem u kupki cinka opada čvrstoća žica približno 10 %. Za rad u vrlo agresivnoj okolini, kao što su kemijska postrojenja i neka rudnička okna, koriste se nehrđajuće čelične žice.

3.1. Podjela žičane užadi prema vrstama opterećenja

Izbor i dimenzioniranje užadi ovisi o oblicima opterećenja, koja pak direktno zavise o namjeni užeta. Prema namjeni, odnosno vrstama opterećenja, užad se može podijeliti na:

a) Pogonska užad.

Pored vlačnog opterećenja ova užad se u gibanju savijaju oko užetnika, bubnjeva ili pogonskih užnica, poprimajući njihovu zakrivljenost. Takva užad su najčešće sastavni dio pogonskih mehanizama kao što su: mehanizmi dizanja, mehanizmi promjene dohvata ili užetni mehanizmi vožnje u granika. To su užad za liftove, pogonska užad žičara, užad podiznih mostova i sl. Pogonska užad se dimenzionira prema vlačnom opterećenju, a dozvoljeni promjer užetnika ili bubnjeva oko kojih se savijaju ovisi o promjeru užeta i broju pregiba užeta.

b) Nosiva užad.

Opterećena su vlačnim opterećenjem, savijanjem, ali i poprečnim silama. Ova užad se veže na krajevima pa tako zavješena poprimaju oblik lančanice. Po nosivom užetu gibaju se kotači vitla ili kabine žičare. Značajka je ove užadi da je polumjer njihove zakrivljenosti ispod kotača veći od polumjera kotača, a ovisi o sili u užetu, opterećenju kotača i geometriji zavješanja užeta. Promjer kotača na nosivom užetu ne ovisi o promjeru užeta ili dozvoljenoj zakrivljenosti užeta, kao što je to kod pogonske užadi. Dimenzioniranje ove užadi provodi se prema vlačnom opterećenju, uz kontrolu veličine poprečne sile.

c) Natezna užad.

Opterećena su u pravilu samo vlačnim opterećenjem koje djeluje na krajevima užeta. Primjenjuju se kao vlačni elementi u nosivim konstrukcijama, kao sidrena užad derik-granika, čeličnih dimnjaka i stupova i sl. Natezna užad se dimenzioniraju prema vlačnom opterećenju.

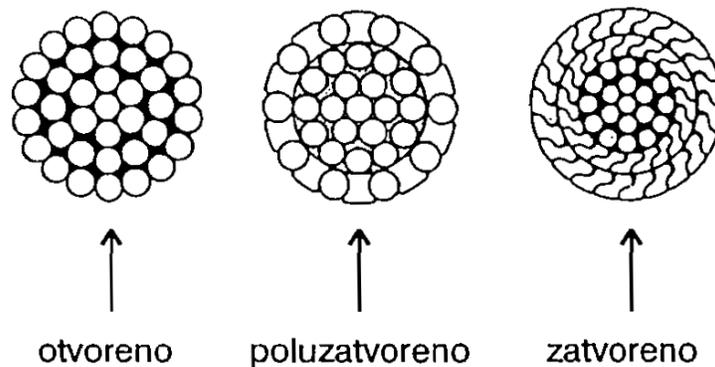
Prema pokretljivosti u primjeni, užad se može podijeliti na pokretnu (pogonsku užad) i nepokretnu (nosivu i nateznu užad).

3.2. Podjela žičane užadi prema građi i načinu pletenja

Žičana užad, osim po vrsti opterećenja, mogu se podijeliti i prema građi i načinu pletenja. A to su spiralna užad i pramena užad.

3.2.1. Spiralna užad

Na slici 2. prikazane su vrste spiralne užadi.



Slika 2. Spiralna užad

Spiralno užad ima jedan ili više slojeva žica omotanih oko jedne žice kao jezgre (slika 2). Žice ovog užeta čine jednostruku zavojnicu, pa se takvo užad naziva i jednostruko použenim. Spiralna užad dijeli se na otvoreno, poluzatvoreno i zatvoreno (slika 2.). Otvoreno spiralno užad plete se samo iz okruglih žica jednakog promjera. U prvom sloju oko jezgrene žice ima šest žica, a u svakom daljnjem sloju broj žica se povećava za daljnjih šest žica. Ukupni broj žica otvorenog spiralnog užeta stoga iznosi:

| | |
|--------------------------------------|------------------------|
| $z = 1+6$ | - za jednoslojno užad |
| $z = 1+6+12 = 1+6(1+2)$ | - za dvoslojno užad |
| $z = 1+6+12+18 = 1+6(1+2+3)$ | - za troslojno užad |
| $z = 1+6(1+2+3+\dots+n) = 1+3n(n+1)$ | - za užad sa n-slojeva |

Promjer užeta d , promjer žice δ i broj slojeva n povezani su izrazima:

$$d = (1 + 2n)\delta \quad (3)$$

$$n = \frac{d}{2\delta} - \frac{1}{2} = \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{z-1}{3}} - \frac{1}{2} \quad (4)$$

odakle slijedi:

$$\frac{d}{\delta} = 3,5,7,9 \dots$$

$$n = \frac{d}{2\delta} - \frac{1}{2} = 1,2,3,4, \dots$$

$$z = 1 + \left(\frac{3}{4}\right) \left[\left(\frac{d}{\delta}\right)^2 - 1 \right] = 7,19,37, \dots$$

Promjer žica δ spiralne užadi je (0,7 - 5) mm, a ovisi o promjeru užeta d . U novije vrijeme proizvodi se ova užad i do promjera 160 mm i promjera žica δ do 7 mm.

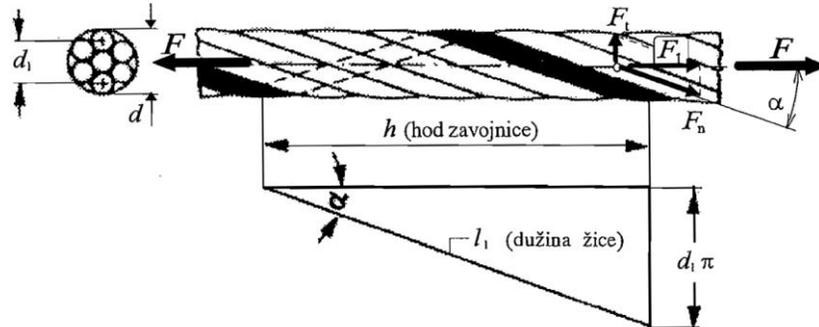
Otvorena spiralna užad primjenjuje se kao vlačni element u nosivim konstrukcijama (sidrena užad antenskih stupova, ovjesna užad visećih mostova), nosiva užad žičara, nosive jezgre visokonaponskih vodiča, sidrena užad u Offshore-tehnici i slično. Njihove mane su visoka osjetljivost na koroziju zbog otvorenosti konstrukcije, izbacivanje puknute žice, manji metalni presjek od zatvorenih spiralnih užeta, visoki površinski pritisak u primjeni nosive užadi žičara.

Poluzatvorena spiralna užad praktički je potisnuta iz primjene od zatvorene konstrukcije ove užadi.

Zatvorena užad najavljena kao patent 1886. godine, ali njihovo usavršavanje još uvijek traje. Konstrukcija ove užadi sastavljena je iz jezgre od okruglih žica te jednog ili više slojeva profiliranih žica debljine 3 – 7 mm. Profilirane žice čine relativno krute slojeve koji dozvoljavaju veća poprečna opterećenja od otvorene spiralne užadi. Površina užeta je glatka, sto smanjuje trošenje užeta i profila kotača u primjeni kod žičara. Zatvorenost konstrukcije smanjuje opasnost od korozije i ulaska nečistoća među žice. Profilirane žice mogu se proizvesti do čvrstoće od 1670 MPa, ali su najviše u upotrebi žice čvrstoće 1270 MPa. Mane zatvorenih užadi su krutost, otežano rukovanje, puknute žice je teško otkriti, potrebna je velika brižljivost u proizvodnji profiliranih žica i pri pletenju užeta. Primjenjuje se kao natezna užad u nosivim konstrukcijama, nosiva užad žičara i kabelskih granika, nosiva užad mostova, vodeća užad u rudarskim oknima. Zatvoreno spiralno uže proizvedeno je već u promjeru od 174 mm, s prekidnom silom od 30 MN.

Okrugle žice se tijekom pletenja samo savijaju, dok profilirane žice treba savijati i uvijati da bi zauzele pravilni položaj u sloju. U oba slučaja, tako deformirane žice imaju samo

djelomice plastificiranu zonu, dok dio presjeka u elastičnoj zoni napreznja teži svojom akumuliranom energijom elastične deformacije odvrnuti odnosno poravnati žicu. Superponirano djelovanje svih žica u užetu uslijed potencijalne energije elastične deformacije zove se izradbenom vrtljivošću užeta.



Slika 3. Osnovni oblik spiralnog užeta

Kada se uže optereti pojavljuje se još i pogonska vrtljivost užeta, koja je posljedica smanjenja kuta uspona α pri opterećenju. Do toga dolazi sumarnim djelovanjem tangencijalnih komponenta F_t sila u pojedinim žicama F_1 . Izradbena i pogonska vrtljivost užadi mjerodavni su parametri: kut pletenja α , hod zavojnice h i smjer pletenja. Te veličine trebaju biti podešene promjeru žice δ , promjeru užeta d i promjeru pramena d_p , kako bi se postigla kompaktna konstrukcija. (slika 3.)

Kompaktnost presjeka žičanog užeta izražava se faktorom ispune koji glasi:

$$f = \frac{A_m}{A_{teor}} = \frac{\text{površina metalnog presjeka}}{\text{površina opisanog kruga}} \quad (5)$$

Za spiralnu užad je faktor ispune visok i iznosi $f = z \left(\frac{\delta}{d}\right)^2 = 0,75 - 0,777$ za otvorenu i $f = 0,81 - 0,9$ za zatvorenu spiralnu užad.

Prema [(3) i (4)] za faktor ispune otvorene spiralne užadi može se pisati:

$$f = z \left(\frac{\delta}{d}\right)^2 = \frac{3}{4} \frac{z}{z-\frac{1}{4}}, \text{ odakle slijedi da je } f \geq 0,75.$$

Taj uvjet vrijedi ako nazivni promjer užeta ispunjava kriterij prema $\frac{d}{\delta} = 3,5,7,9 \dots$ Tako npr., za uže s $n=4$ sloja, s brojem žica $z=61$ i $\delta=4,4$ mm slijedi:

$d=(1+2n)\delta= 39,6$ mm, $f=0,753$. Međutim, ako u tablicama za izbor užeta stoji da je to uže nazivnog promjera $d_n=40$ mm, tada je faktor ispune obzirom na nazivni promjer $f_n=z(\delta/d_n)^2=61(4,4/40)^2=0,738$.

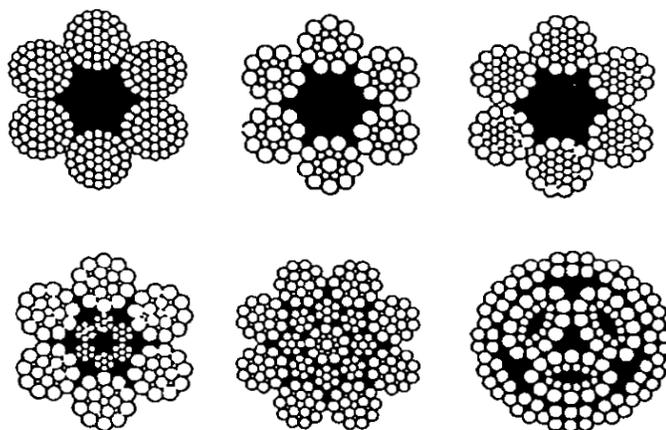
Pomoću faktora ispune definira se računaska sila loma užeta:

$$F_L = A_m R_m = f \frac{\pi d^2}{4} R_m, N \quad (6)$$

Tako npr. za čvrstoću žica od $R_m=1570 \text{ N/mm}^2$ računaska sila loma iznosi (d u mm):
 $F_L=(911-925)d^2$, N, za otvorenu i $F_L=(999-1110)d^2$, N, za zatvorenu spiralnu užad.
 Masa čeličnih profila konstantnog presjeka A_m , mm^2 je (5-8)% veća od mase metalnog presjeka iste dužine, što je posljedicom použavanja žica. Spiralna užad nemaju savitljivost podobnu za nametanje na bubanj ili gibanje preko užetnika pa se stoga koriste kao nepokretna (nosiva ili natezna) užad.

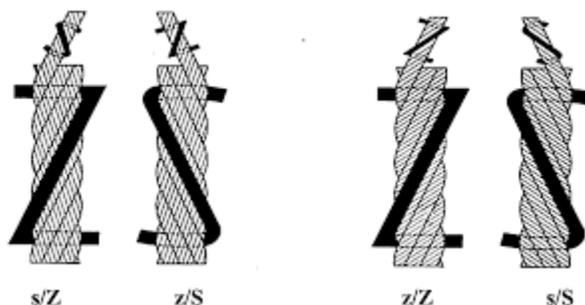
3.2.2. Pramena užad

Na slici 4. prikazani su vrste pramene užadi.



Slika 4. Pramena užad

Kao što je spiralno uže pleteno iz jednog ili više spojeva žica oko žice kao jezgre, tako je i prameno uže pleteno od jednog do tri sloja pramena oko jezgre pramenog užeta (slika 4.). Pramen se sastoji od jezgre pramena (najčešće je to jedna žica ili vlaknasta jezgra) te jednog ili više slojeva žica pletenih oko te jezgre. Pletenjem žice u pramen, a zatim pramena u uže, žice pramenog užeta čine dvostruku zavojnicu pa se ta užad naziva i dvostruko použenom. U odnosu na spiralnu užad, žice pramena su tanje (od 0,18 do 3,5 mm) i sve su pletene u istom smjeru: lijevovojno (s) ili desnovojno (z). (slika 5.)



Slika 5. Smjerovi pletenja pramenih užeta

U primjerna kod prenosila i dizala najbolje se pokazala užad s dva ili tri sloja žica u pramenu. Broj pramenova je najčešće šest ili osam. Oblik presjeka pramena većinom je okrugli, a za užad posebne namjene pletu se trostrani, ovalni ili plosnati pramenovi. Uže s trostranim ili ovalnim pramenovima bolje se prilagođava obliku žlijeba, čime se smanjuje površinski pritisak. Takva užad se stoga primjenjuje u rudničkim oknima.

Prema smjeru pletenja žica u pramen i pramena u uže (slika 5.), dijele se pramena užad na:

- Istosmjerno pletena - desnovojna (zZ) ili lijevovojna (sS)
- Križano pletena - desnovojna (sZ) ili lijevovojna (zS).

Vlaknasta jezgra užeta pletena je iz prirodnih ili umjetnih vlakana. Takva jezgra ispunjava dvije osnovne zadaće: elastično podupire pramenove, pa uže postaje savitljivije, a služi i kao spremnik maziva za podmazivanje užeta iznutra.

Čelična jezgra užeta može biti jedna žica (kao kod spiralnog užeta) ili jedan pramen, ali i použena jezgra s više pramenova. Čelična jezgra povećava poprečnu nosivost užeta, ali na štetu unutrašnjeg podmazivanja i elastičnog oslanjanja pramenova, čime se smanjuje trajnost i savitljivost užeta.

U izradi okruglih pramenova razlikuju se dva načina pletenja: normalni i paralelni način pletenja.

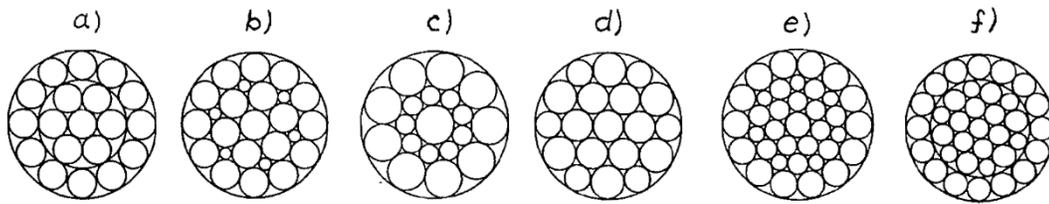
a) Normalni pleteni pramen

Normalni pleteni pramen ima u svim slojevima pramena žice jednake duljine i promjera, što znači da je kut pletenja α u svakom sloju isti, ali su hodovi zavojnice h_1 i h_2 različiti, s odnosom $h_1:h_2 = d_1:d_2$. Za pramen sa žičanom jezgrom, uz jednaki promjer svih žica je stoga $h_1:h_2:h_3 = 1:2:3$. Posljedica takvog načina pletenja jest, prema tome, križanje i točkasti dodir između žica dvaju susjednih slojeva pramena, što je pak uzrok velikom površinskom pritisku i dodatnom savijanju na duljini između točaka dodira. Nadalje, zbog različitih koraka zavojnice, svaki sloj pramena se u stroju za pletenje mora plesti posebno.

b) Paralelno pleteni pramen

Paralelno pleteni pramen je použen tako da žice u svim slojevima imaju jednaki hod zavojnice te stoga one leže u pramenu uvijek paralelno sa susjednim žicama iz drugog sloja. Dodir između žica susjednih slojeva je linijski, ali su na istoj dužini užeta te žice različite duljine.

Paralelno pletenje zahtijeva konstrukciju pramena iz različitog promjera žica čime se postiže i nešto povoljniji faktor ispune u odnosu na normalno pleteni pramen. Vijek trajanja je dulji nego u normalnom pletenju te manje dolazi do habanja, ali je dosta skuplje. Različite konstrukcije paralelno pletenih pramena prikazane su na slici 6.



Slika 6. Različite konstrukcije okruglog pramena

a) normalno pleteni pramen, b) sa žičanom ispunom (Filler), c) pramen konstrukcije Seal,

d) Warrington, e) Warrington-Seal, f) kombinirano pleteni

Pramen sa žičanom ispunom (Filler) ima 1+6+12 jednakih žica i 6 tanjih žica za popunu između prvog i drugog sloja.

Pramen konstrukcije Seal ima konstrukciju 1+9 tanjih +9 debljih žica, ili 1+8 tanjih +8 debljih, ili 1+7 tanjih + 7 debljih žica. Deblje žice vanjskog sloja leže u udubljenju tanjih žica unutrašnjeg sloja.

Pramen konstrukcije Warrington ima jezgru i prvi sloj žica jednakog promjera. Drugi sloj ima dvostruki broj žica od prvoga, naizmjenice debljih i tanjih. Deblje žice leže među žicama prvoga sloja, a tanje na žicama prvoga sloja, oblikujući tako vanjsku površinu pramena.

Pramen konstrukcije Warrington-Seal ima jezgru s dva sloja žica konstrukcije Warrington, dok je treći sloj pleten iz debljih žica jednakog promjera. Broj tih debljih žica jednak je zbroju debljih i tanjih žica drugog sloja. Prameno uže konstrukcije Warrington-Seal spominje se i kao "idealno uže".

U paralelno pletenoj užadi promjeri pramena, a time i promjeri užeta, ograničeni su raspoloživom debljinom žice potrebne čvrstoće. To se posebno odnosi na konstrukciju Seal, čiji je promjer uglavnom do 45 mm. Ovaj nedostatak ne vrijedi za Warrington-Seal konstrukciju koja ima deblje žice u vanjskom sloju te veću otpornost na trošenje.

Kombinirano pleteni pramen (Warrington + normalno pletena pokrивka) rjeđe se koristi. Normalno pleteni sloj se u pogonu lako olabavi u odnosu na paralelno pletenu jezgru.

Zbijeni pramen se dobiva naknadnim izvlačenjem ispletanog pramena. Pramenu se naknadnim izvlačenjem smanji promjer uz popratno očvršćenje zbog hladnog izvlačenja. Jedna od prednosti zbijenih užadi je veća nosivost u odnosu na isti promjer užeta. Povećanjem dodirne površine smanjen je površinski pritisak između užeta i užetnika i koturala žičare čime se smanjuje trošenje i povećava trajnost užeta i užetnika. Torziona stabilnost užeta je poboljšana. Prigušenje u užetu je veće. Prednost kod jakog vjetra jest da je veća težina po metru dužine pri istom promjeru. Nedostaci su povećana krutost, smanjena savitljivost, skuplja su, a i njihova veća težina može u nekim slučajevima biti problem.

Problem kod užadi može biti izradbena vrtljivost koja otežava rukovanje i smanjuje mu trajnost. Postoji nekoliko postupaka kod kojih se izradbena vrtljivost smanji. Jedan od postupaka se zove tru-lay postupak. Smanjenje izradbene vrtljivosti kod ovog postupka se postiže plastičnim oblikovanjem žica prije upletanja u pramen odnosno pramena prije upletanja u uže. Tru-lay uže se naziva i „mrtvo uže“ jer položeno na tlo miruje, savitljivije je i trajnost mu je veća 25 %-100 % od užeta normalne izrade. Skuplja su, ali se zbog povećane trajnosti ulaganje u njih isplati.

Drugi način smanjenja izradbene vrtljivosti je Pawo postupak. Kod ovog postupka ispleteno uže se plastično oblikuje savijanjem u više smjerova. Moguća je također i primjena uvijanja kao i kombinacija više postupaka.

Malo odvertiva i neodvertiva užad su pramena užad s dva ili tri sloja pramena. Kombinacijom smjera pletenja znatno se поништи izradbena i pogonska vrtljivost užeta. Skupa su, ali ih treba koristiti tamo gdje teret visi na jednom užetu, a visine dizanja su veće.

Broj žica pramene užadi mehanizma za dizanje tereta treba biti $z \geq 100$, a nazivna čvrstoća pojedinih žica $R_m \geq 1570$ MPa.

Faktor ispune pramene užadi f kreće se od 0,435 do 0,50 za jednoslojnu pramenu užad te 0,52 odnosno 0,53 za dvoslojnu i troslojnu užad.

Lomna sila pramene užadi u skladu s jednadžbom (6) za materijal s $R_m = 1570$ MPa i za užad s vlaknastom jezgrom je $F_L = (\text{od } 535 \text{ do } 640) d^2$ u N, a d je u mm. Za užad s čeličnom jezgrom lomna sila je 16 % veća za užad s 6 pramenova i 32 % veća za užad s 8 pramenova. Za višeslojnu pramenu užad to povećanje iznosi 6 %.

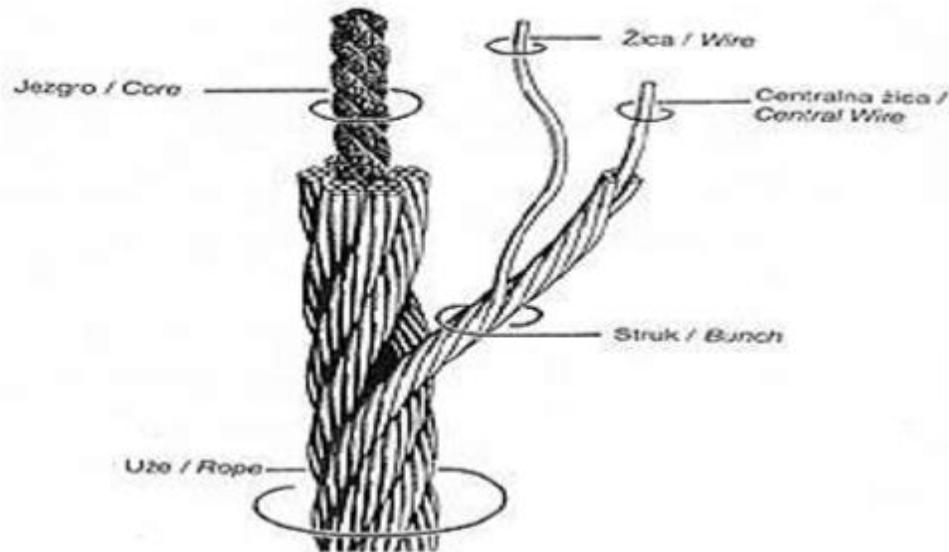
Masa pramene užadi na 100 m dužine je $m_{100} = (\text{od } 34 \text{ do } 38) (d/10)^2$, u kg/100m, a d je u mm. Ta masa je zbog mase jezgre i maziva veća od mase metalnog presjeka užeta od 18 % do 22 % na istoj dužini užeta.

4. ČELIČNO UŽE

Čelično uže je savitljivo uže sastavljeno od više čeličnih žica velike čvrstoće jednostruko ili dvostruko opletene oko jezgre užeta. Spiralno uže ima oko jezgre omotano nekoliko redova žica koje čine jednostruku zavojnicu. Takvo konstrukcijski izvedeno uže pruža velike prednosti u pogledu velikih izdržljivosti na opterećenja, ali nedostatak je slaba savitljivost te se na njegovom razvoju radilo još niz godina.

Povjesno gledano, žičana užad razvila su se iz lanaca od kovanog željeza, koji su imali velik mehanički neuspjeh. Nedostaci u čeličnim užadima su manje primjetni radi konstrukcijske izvedbe pomoću čeličnih niti koje lako preuzimaju teret i podnose visoka opterećenja. Čelične užadi razvijene su počevši s primjenama za izgradnju rudnika 1830-ih. Čelične užadi koriste se dinamički za podizanje tereta dizalicom i u dizalu, te za prijenos mehaničke snage.

Čelične užadi također se koriste za prijenos snage u mehanizmima, kao što su Bowden kabel ili kontrolni sustavi aviona povezani s polugama i papučama u kokpitu. [2] Struktura čeličnog užeta prikazana je na slici 7.



Slika7. Struktura čelične žice

4.1 Primjena čelične užadi

Čelične užadi uvelike se koriste u strojarstvu, građevini, automobilskoj industriji te općenito u primjerima kao što su dizalice, podzemna rudarstva, iskop rudače, sječa drveća. Široka primjena čeličnih užadi je kod tramvaja, dizala, raznih žičara, mostova. Važnu ulogu u primjeni ima i odabir samog užeta zbog toga što trajnost užeta uvelike ovisi o vanjskim i unutarnjim čimbenicima. Prilikom korištenja užadi važno je posvetiti pažnju zaštiti prema djelovanju abrazije, umoru materijala, otpornosti na drobljenje, otpornosti na gubitak i deformaciju metala, otpornosti na rotaciju i same radne uvjete kojima su čelična užad izložena. Za neuobičajene radne uvjete potreban je poseban dizajn. Najčešće korišten materijal je visokougljični čelik (neprevučeni). Da bi se poboljšala otpornost na koroziju, u onim primjenama gdje je potrebna velika otpornost na koroziju, koristi se pocinčana žica ili žica od nehrđajućeg čelika. U nekim primjenama, gdje je čišće djelovanje ili je potreban duži vijek trajanja, koristi se plastično impregnirano čelično užde. Na slici 8. prikazan je primjer primjene čelične užadi kod žičara.



Slika 8. Primjena čelične užadi kod žičara.

4.2 Vrste opterećenja i oštećenja

Radni vijek čeličnih užadi je ograničen zbog promjene njihovih svojstava tijekom eksploatacije pod djelovanjem raznih sila i opterećenja. Stalni nadzor tijekom eksploatacije omogućava kontrolu razvoja oštećenja te kontrolu procesa starenja užadi. Na taj način se može smanjiti česta zamjena užadi.

Čelične užadi su najčešće izložene slijedećim opterećenjima i oštećenjima:

4.2.1 Mehaničko trošenje

Mehaničko trošenje čeličnih užadi nastaje zbog skidanja površinskog sloja materijala pri abraziji. Slika 10. prikazuje mehaničko trošenje čeličnih žica bez pojave unutarnjih pukotina. Trošenje može biti smanjeno odgovarajućim podmazivanjem. Trošenje na velikim kolutima za namotavanje više slojeva može biti smanjeno izborom užeta pogodne konstrukcije. Zbog trošenja užeta na koloturima, kolutima i susjednim užetima, početna nosivost će se vrlo brzo

zmanjivati. Sve dok je brzina smanjivanja početnog poprečnog presjeka uslijed trošenja veća od brzine rasta unutarnje pukotine, u žicama užeta neće doći do loma od umora materijala.



Slika 9. Mehaničko trošenje čeličnih žica bez pojave unutarnjih pukotina.

4.2.2 Pojava umora zbog savijanja užeta

Unutarnje pukotine se javljaju zbog savijanja užeta na mestu kontakta spojnih djelova užeta i bubnja, odnosno koloture, ili na mjestu kontakta između žica unutar pojedinačnog struka. Unutarnja pukotina, koja je poprečna na uzdužnu os žice, nastaje tokom rada zbog višestrukog savijanja.



Slika 10. Savojni lom umora materijala užeta s spojnim nitima.

Otpornost na umor čeličnih užadi se povećava povećanjem broja žica i smanjenjem njihovog presjeka na spojnim mjestima. Ovo povećanje otpornosti na zamor istovremeno utječe i na smanjenje otpornosti užeta na habanje (slika 10.).

4.2.3 Korozijska oštećenja

Korozija je obično reakcija metala sa kisikom. Kod čeličnih užadi se razlikuje atmosferska korozija, koja proizvodi ravnomjerni sloj produkata korozije od lokalnih oblika korozije, kao što je pitting, koji stvara duboke jamice na mjestima gdje je zaštitni sloj oštećen ili nedostaje. Korodirana čelična užad tokom rada gube čvrstoću i savitljivost. Na korodiranoj površini žice dolazi do lakšeg stvaranja zamornih mjesta u odnosu na zaštićenu površinu. Pri visokim lokalnim naprezanjima nastaju pukotine od napetosne korozije. Sklonost prema koroziji se može umanjiti smanjenjem izloženosti površine zraku, što se može postići galvanskom zaštitom. Plastične prevlake se koriste za zaštitu jezgri užeta. Istovremeno, i unutrašnje i vanjsko prodmazivanje čeličnog užeta mogu smanjiti ili spriječiti koroziju. Na slici 11. prikazano je korozijski oštećeno čelično uže.



Slika 11. Korozijski oštećeno čelično uže

4.2.4 Otkazivanje zbog vlačnog preopterećenja

Do otkazivanja užeta dolazi kada pri zatezanju zbog preopterećenja dođe do prekoračenja vlačne čvrstoće materijala žice. Lom je tada duktilan, sa izraženim suženjem i karakterističnim konusom klizanja završnog lom. Do otkazivanja zbog preopterećenja će doći samo ako je ukupni poprečni presjek materijala, izložen kombiniranom zatezanju i smicanju, veći od 50% ukupnog poprečnog presjeka materijala užeta.



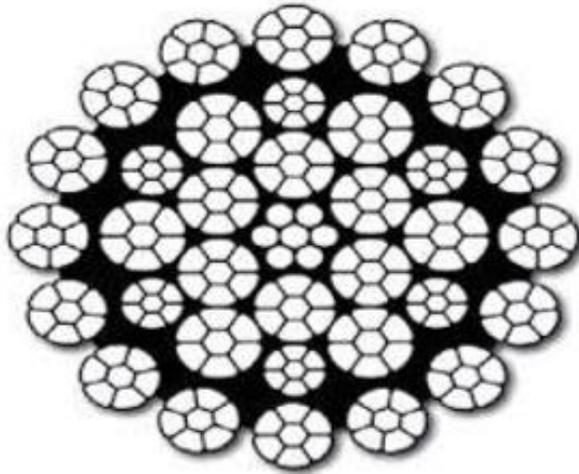
Slika 12. Tipičan duktilni lom završen konusnim smicanjem

4.2.5 Smični lom

Smični lom se najčešće javlja kao kombinacija visokih zateznih naprezanja i istovremenog djelovanja sile na niti. Prijelomna površina je pod kutem od 45° u odnosu na uzdužnu os žice, u pravcu maksimalnog tangencijalnog naprezanja.

Čelična užad dizalica su izložena nepovoljnim uvjetima eksploatacije i velikim opterećenjima tokom rada, zbog čega dolazi do prikazanih oštećenja. Važno je da se spriječi pojava katastrofalnih otkaza, pa se stanje užadi mora neprekidno kontrolirati. To je osnovni razlog zbog kojeg kontrola užadi mora biti stalna, od trenutka prijema materijala, tokom ugradnje i naročito tokom eksploatacije.

Zbog sigurnosti, na užadi se često vrši vizualni pregled. Tokom vizualnog pregleda moguće je utvrditi samo stanje vidljivih dijelova spojenih žica. Međutim, površina poprečnog presjeka spoljnjih žica predstavlja samo oko 40% ukupnog poprečnog presjeka užeta. Ipak, vrlo često vidljivih 20% poprečnog presjeka izgleda dobro, dok je veliki broj prekinutih žica u užetu skriven u unutrašnjosti. Čelična užad sa unutrašnjim prekidima žica bez ikakvog znaka oštećenja na površinskim nitima predstavljaju vrlo opasan slučaj. Na slici 13. je prikazano da se samo 20% površine spojnih žica može ispitati vizualnim pregledom.



Slika 13. Prikaz vizualnog pregleda kojima je moguće ispitati smao 20% površine spojenih žica

4.3 Vrste čelične užadi

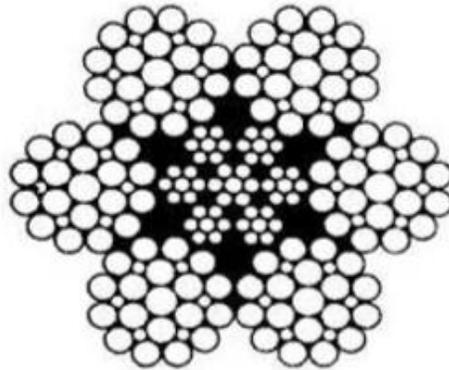
Najčešći čimbenici, abrazija i umor, stvaraju velike probleme u uporabi čeličnih užadi. Male (više brojčane) vanjske žice odupiru se umoru, ali se lako troše pomoću abrazije. Veće vanjske žice imaju izvrsnu otpornost na abraziju, ali se brže troše i oštećuju savijanjem. Stoga je potrebno konstruirati različite vrste i dimenzije čeličnih užadi ovisno o opterećenjima i radnim uvjetima. Svaka konstrukcija žičane užadi spada u klasifikaciju. Klasifikacije se identificiraju brojem niti i nominalnim brojem žica. Stvarni broj žica mora biti unutar raspona određenog za danu klasu. Na primjer, užad unutar razreda 6 x 19 sadrže 6 niti koje se sastoje od 15 do 26 žica. Opće klasifikacije su 7 x 7, 7 x 19, 6 x 26, 6 x 36 i 19 x 7.

4.3.1 Čelična užad za normalnu namjenu

Ova skupina čeličnih užadi najčešća je u primjeni. Ne podnose neka velika opterećenja kao što je slučaj kod specijanih te se ne podvrgavaju posebnim postupcima izrade, nego u većini slučajeva potrebni zahtjevi se postižu povećanjem broja žica i segmenata u čeličnoj užadi.

- **čelična užad klase 6 x 19:**

Ova klasa je najčešće korištena i nalazi se gotovo svim industrijama. Sa svojom dobrom kombinacijom fleksibilnosti i otpornosti na trošenje, užad u ovoj klasi mogu biti prilagođena specifičnim potrebama različitih vrsta strojeva i opreme. Oznaka 6 x 19 je samo nominalna. 6 x 19 klasifikacijska žica pružaju izvrsnu ravnotežu između otpornosti na umora i otpornosti na trošenje. Ona će davati dug životni vijek s koloturima. 6 x 26 uže je najfleksibilnije uže u ovoj klasifikaciji i najčešće se koristi. Na slici 14 prikazana je struktura čelične užadi klase 6 x 19.



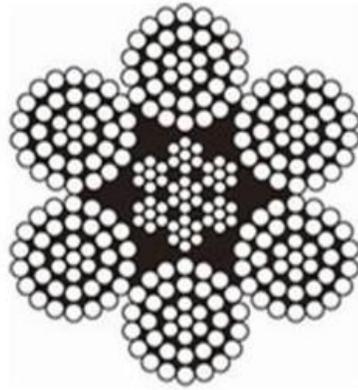
Slika 14. Struktura čelične užadi klase 6 x 1

9

- **čelična užad klase 6 x 37:**

6 x 37 žica ima široku primjenu na putničkim dizalicama, strojevima za rudarstvo i zemljani rad i raznim tehnikama dizanja i industrijske opreme. 6 x 37 čelične užadi imaju treći sloj žice koji ih čini fleksibilnijim, iako je manje otporan na abraziju od konopa od 6 x 19 klasifikacije.

Svaki segmenat sadrži brojne, relativno male promjere žice. Kako se broj žica u svakom segmentu povećava, povećava se fleksibilnost. [6] Na slici 15 prikazana je struktura čelične užadi klase 6 x 37.



Slika 15. Struktura čelične užadi klase 6 x 37

U tablici je prikazano je kako se računске sile kidanja i minimalna prekidna sila mjenjaju s promjnom promjera užeta.

| promjer užeta [mm] | masa užeta [kg/m] | 1770 N/mm ² | |
|--------------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | računska sila kidanja [kN] | minimalna prekidna sila [kN] |
| 6 | 0,125 | 22,80 | 18,80 |
| 8 | 0,221 | 40,50 | 33,40 |
| 10 | 0,346 | 63,30 | 52,20 |
| 11 | 0,419 | 76,50 | 63,10 |
| 12 | 0,498 | 91,10 | 75,10 |
| 13 | 0,585 | 107,00 | 88,20 |
| 14 | 0,678 | 124,00 | 102,00 |
| 16 | 0,886 | 162,00 | 134,00 |
| 18 | 1,12 | 205,00 | 169,00 |
| 20 | 1,38 | 253,00 | 209,00 |
| 22 | 1,67 | 306,00 | 253,00 |
| 24 | 1,99 | 364,00 | 301,00 |
| 26 | 2,34 | 428,00 | 353,00 |
| 28 | 2,71 | 496,00 | 409,00 |
| 30 | 3,11 | 561,00 | 482,00 |
| 32 | 3,54 | 648,00 | 534,00 |
| 34 | 3,85 | 731,00 | 607,00 |
| 36 | 4,48 | 820,00 | 676,00 |
| 38 | 4,63 | 913,00 | 753,00 |
| 40 | 5,54 | 1.010,00 | 835,00 |
| 42 | 5,51 | 1.116,00 | 921,00 |
| 44 | 6,70 | 1.220,00 | 1.010,00 |

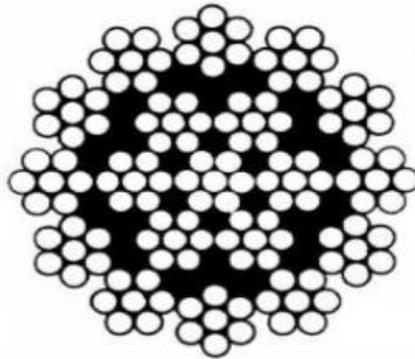
Tablica: Ovisnost promjera užeta o sili kidanja i o minimalnoj prekidnoj sili

4.3.2 Specijalna čelična užad:

Kod ovih tipova užadi nalazimo više različitih dimenzija žica koje se međusobno dodiruju uzdužno, čime je povećana površina dodira to jest, specifični pritisak je smanjen na minimum. Specijalna užad koristi se tamo gdje su povećana naprezanja na savijanje te za užad koja prelazi preko koloturnika ili bubnjeva na namatanje.

- čelična užad klase 19 x 7 otporno na rotaciju

19 x 7 rotacijski otporno čelično uže je posebna vrsta čelične užadi osmišljena da se odupre tendenciji vrtnje ili rotacije pod opterećenjem. To se postiže polaganjem 6 žica oko jezgre u jednom smjeru, zatim polaganjem 12 žica oko prve operacije u drugom smjeru. Često se koristi za podizanje neosiguranog tereta s jednim dijelom užeta. Ovaj jedinstveni dizajn ipak nameće određena ograničenja na primjenu i rukovanje užeta. Na slici 16. prikazana je struktura čelične užadi klase 19 x 7 otporne na rotaciju. Na slici 16 prikazana je struktura čelične užadi klase 19 x 7 otporne na rotaciju.



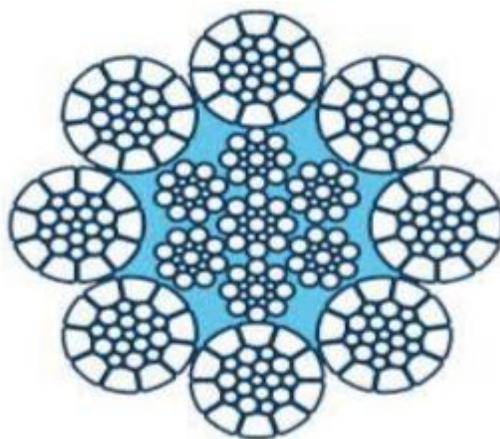
Slika 16. Struktura čelične užadi klase 19 x 7 otporne na rotaciju

- Superflex - čelična užad za velika opterećenja

Ova konstrukcija s ravnim plohama ima ravnu dodirnu površinu vanjskih žica, uspoređujući uže s užadima. Ovaj dodir s površinom omogućuje dulji vijek trajanja svake žice prije prekidanja. Prilikom izrade ove konstrukcije, izražena je maksimalna ravnoteža između visoke čvrstoće, rastezljivosti, otpornosti na umor, otpornosti na abraziju i strukturne stabilnosti. Superflex čelično uže je široko korišteno u raznim primjenama kao što su velike teretne dizalice, ribolov i rudarstvo. Na slici 17 prikazana je struktura Superflex čeličnog užeta.

Prednosti:

- visoka fleksibilnost
- dulji životni vijek
- visoka otpornost na deformaciju
- dulji život žice prije prekida
- visoka korozijska otpornost
- izvrsna otpornost na abraziju.

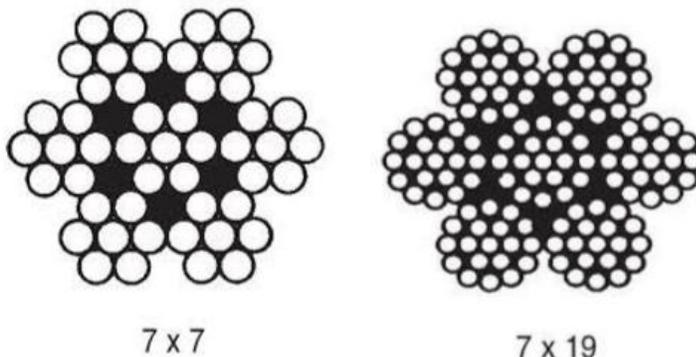


Slika 17. Struktura SuperFlex čeličnog užeta

a.) Pocinčana čelična užad

Pocinčano čelično uže preporučuje se kada je potrebna visoka čvrstoća, otpornost na umor i minimalno rastezanje. Najčešće korištena pocinčana čelična užad su klase 7 x 7 te 7 x 19 koja su prikazana na slici 18. Na slici 18 prikazana je struktura pocinčane čelične užadi klase 7 x 7 i 7 x 19.

Slika 18. Struktura pocinčane čelične užadi klase 7 x 7 i 7 x 19



4.4 Konstrukcije izvedbe čeličnih užadi

Zavisno od oblasti primjene razlikujemo nekoliko vrsta čeličnih užadi i to užadi sa spiralnim upredanjem, duplog upredanja i sa oblogom, te ista se mogu podijeliti na nosiva (nepokretna) i pokretna užad.

Nosiva (nepokretna) užad predstavljaju specifičnu konstrukcionu izvedbu čeličnih užadi koja se koriste u svrhu nošenja tereta pri čemu ista miruju i opterećena su samo na istezanje. Trenutno se koriste u ove svrhe sljedeće vrste i to:

- spiralna užad i
- zatvorena užad.

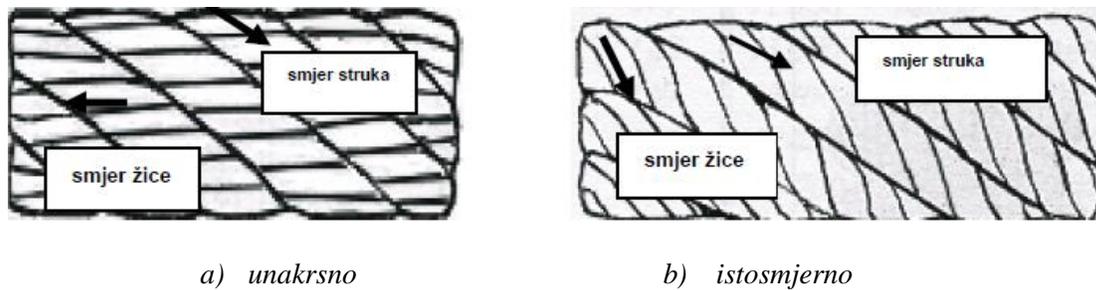
Spiralno uže se oblikuje tako što se oko jezgra namotava nekoliko redova čelične žice tako na iste čine zavojnicu u odnosu na jezgro. Najčešće se primjenjuju kao noseći element kod žičara i kablovskih dizalica.

Zatvorena užad predstavljaju modificiranu verziju spiralnog užeta pri čemu oko spiralnog užeta se postavlja nekoliko slojeva profilnih žica (najčešće jedan ili dva sloja, mada ima izvedbi i do 5 slojeva). Ovakvim konstrukcinim rješenjem smanjuje se prodiranje vlage unutar užeta i sila trenja između dodirnih površina i užeta usled glatkosti površine užeta.

Pokretna užad se koriste kao nosivi elementi mehanizama za dizanje dizaličnih postrojenja i ista su opterećena nazatezanje, savijanje i uvijanje. Opterećenje na savijanje nastaje prilikom prelaza užeta preko koturača i obavijanjem oko doboša i kao dopunsko opterećenje usled savijanja užeta žice, zbog zavojnog konstrukcionog oblika oblika užeta, se opterećuju na uvijanje. U ovu svrhu se najčešće primjenjuju pramena užad odnosno užad dobivena pletenjem žica prvo u strukove oko jezgra, pa pletenjem strukova u užad oko jezgra.

Natezanje nepokretnih užadi se obično vrši sa protu tegovima (npr. kod žičara), izuzeća se dozvoljavaju samo u specijalnim slučajevima.

Prema vrsti upredanja strukova oko jezgra razlikujemo unakrsno, istosmjerno i kombinovano upredenu užad, a prema smjeru zavojnice oko koje se motaju na desnohodna ili lijevohodna užadi. Na slici 19 ., prikazano je unakrsno (a) i istosmjerno pleteno uže (b).



Slika 19. Vrste pletenja užadi

Kod jako opterećenih dizalica primjenjuju se paralelno pletena užad, kod kojih se dva susjedna sloja oslanjaju po cijeloj dužini čime su smanjeni površinski pritisci i povećan vijek trajanja užeta. Ovakva konstrukcija dozvoljava primjenu žica različitih prečnika, tako da su unutrašnji slojevi strukova pleteni od tanjih, a vanjski od debljih žica, te su užadi savitljivija i tanja.

4.4.1 Dimenzionisanje čeličnih užadi

Stvarna čvrstoća pokretnog užeta (užeta za dizanje tereta) u trenutku puštanja u rad mora da bude minimalno 4,5 puta veća od maksimalne radne sile zatezanje užeta, dok kod nosećih užadi minimalni stepen sigurnosti iznosi 3,5. U zavisnosti od pogonske grupe koeficijent sigurnosti poprima druge vrijednosti.

Uže se obično proračunava samo na zatezanje, u slučajevima gdje se očekuje brzo zamaranje materijala užeta. Izbor prečnika užeta vrši se na osnovu zadovoljenja slijedećeg obrasca:

$$F_{\text{kid}} = A \cdot R_m = f = \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot R_m \geq F_{u \text{ max}} = F_u \cdot K$$

- F_{kid} - računaska sila kidanja izabranog užeta (N),
- R_m - jačina materijala užeta na kidanje (N/mm^2),
- $F = \frac{A}{A_t} = \frac{4 \cdot A}{d^2 \cdot \pi}$ - faktor odnosa teorijskog i stvarnog poprečnog presjeka užeta.
- $F_{u \text{ max}}$ - računaska maksimalna sila užeta uzimajući u obzir pogonsku klasi dizaličnog mehanizma unutar kojeg djeluje uže (N),
- F_u - maksimalna sila u užetu (N),
- K - stepen sigurnosti, tabela

Standardi prečnici d (mm) za čeličnu pramenu užad iznose:

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68.

Na vijek trajanja užeta najveći uticaj ima zamaranje materijala, na što najveći uticaj ima savijanje. Tako uže kada pređe izvjestan broj savijanja sklono je kidanju. Eksperimentalnim

putem došlo je se do spoznaje da dužina vijeka u zavisnosti od savijanja zavisi od odnosa najmanjeg prečnika kotura (doboša) i prečnika užeta odnosno D_{\min}/d_u i odnosa najmanjeg prečnika kotura (doboša) i prečnika žice užeta odnosno D_{\min}/δ .

| Broj | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------------------|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|
| $\frac{D_{\min}}{d}$ | 16 | 20 | 23 | 25 | 26,5 | 28 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 37,5 | 38 |

Tabela 7. Kompenzacioni faktor

4.4.1 Projektovanje žičara za prevoz ljudi

Kod projektovanja žičara za prevoz radnika uzima se koeficijent sigurnosti užeta najmanje 10, u praksi, zbog skupoće užeta uzima se manji. Brzina ovih žičara obično je 0,5 m/s iako se proizvode žičare i do 4 m/s.

Poželjno je da sjedište bude široko 0,4 m, od tla podignuto najmanje 0,9 m, na međusobnom rastojanju od zida ili predmeta od 0,3 do 0,75m.

Zavisno od brzine kretanja užeta, određuje se rastojanje sjedišta sa ljudima. Uobičajeno ovo rastojanje od 10 m za brzinu do 1,8 m/s. Kapacitet žičare za prevoz ljudi određuje se iz potreba i on se dobija u projektnom zadatku, a pri tome su odlučujući slijedeći faktori:

- vrste prevoza koje treba razmotriti kroz:
 - mogućnost pouzdane primjene,
 - mogućnost investicione izgradnje ili nabavke,
 - tehničko ekonomske i tehnološke aspekte,
- tehničko tehnološke varijante:
 - prevoz ljudi između dva odredišta,
 - prevoz grupni ili pojedinačni ili u kontinuitetu,
 - prevoz ljudi sa presjedanjem,

-kombinovani kontinuirano grupni sa presjedanjem.

- mjere tehničke sigurnosti sistema prevoza.²

Kako je kapacitet grupnog prevoza određen to je vrijeme za njegovo izvršenje:

$$T = \frac{L}{V} (\text{sec})$$

gdje su:

L - dužina puta prevoza (m) i

V - brzina kretanja užeta žičare (m/s)

Kapacitet pojedinačnog i grupnog prevoza određuje se na slijedeći način:

Ukupno vrijeme prevoza ljudi:

$$T = \frac{L}{V} + Nt \quad (\text{sec}),$$

gdje su pored navedenih veličina:

N - broj ljudi koje prevozimo,

t - vremenski interval sjedanja ljudi na sjedišta žičare.

Časovni kapacitet prevoza ljudi žičarom:

$$Q_h = \frac{3600}{T/N - L/NV} \quad (\text{ljudi/h}).$$

5. ČIMBENICI TRAJNOSTI UŽADI

Koliko je uže važno kao sastavni element dizala i prenosila, tolika je važna i brižljivost u proizvodnji, rukovanju i održavanju užeta. Postoji nekoliko čimbenika koji utječu na trajnost užeta. Ti se čimbenici mogu podijeliti na pogonske i proizvodne.

5.1 Vlačno opterećenje užeta

Statičko opterećenje užeta je u praksi rijetko i ono ne utječe na trajnost užeta. Na dinamički promjenljivo opterećenje, kojem je u pravilu izloženo, uže reagira vrlo osjetljivo. Glavni razlog je u relativno niskoj trajnoj čvrstoći same žice. Tako je primjerice za žicu čvrstoće 1570 MPa veličina amplitude pri trajnoj čvrstoći 300 MPa, a za uže, ovisno o promjeru i načinu pletenja, ta veličina iznosi 150 do 250 MPa. Ta je činjenica posebno značajna pri dimenzioniranju natezne užadi, dok se za pogonsku užad veličina promjenljivog opterećenja drži pod nadzorom s višim faktorom sigurnosti. Trajnost pogonske užadi, uz konstantne ostale uvjete, raste približno s kvadratom porasta primijenjenog faktora sigurnosti.

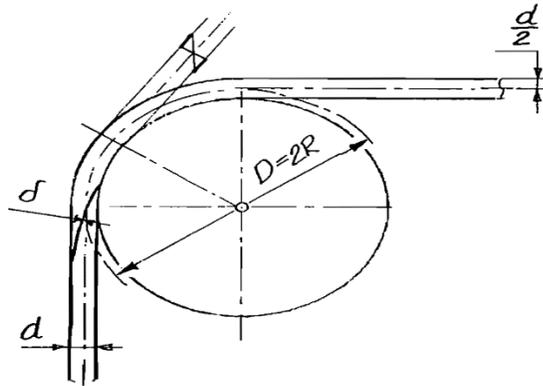
5.2. Utjecaj savijanja užeta

Trajnost užeta usko je povezana s polumjerom savijanja oko bubnjeva i užetnika. Ona raste s porastom odnosa promjera užetnika i promjera užeta. Za tijek porasta trajnosti pritom je od bitnog značaja veličina vlačnog opterećenja užeta. Ispitivanja pokazuju da se i s malim odnosom D/d može dostići velika trajnost užeta, ali uz malo opterećenje. Za postizanje dovoljne trajnosti užeta, normama su utvrđeni minimalni odnosi D/d . Tim odnosom ujedno se drži pod kontrolom i veličina normalnog naprezanja u žicama uslijed savijanja užeta oko bubnja i užetnika.

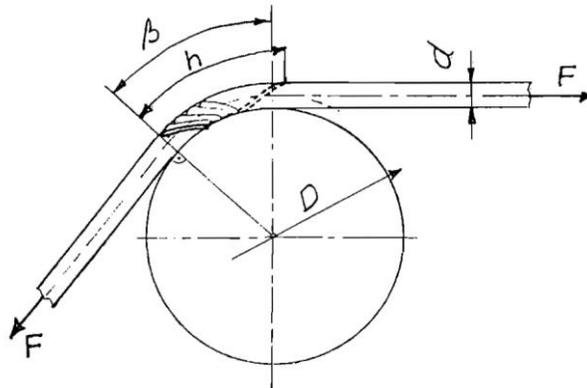
$$\sigma = \frac{M}{I} \times z = \frac{M}{I} \times \frac{d}{2} \Rightarrow \frac{M}{I} = \frac{\sigma}{\frac{d}{2}}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{E \times I} \Rightarrow \frac{M}{I} = \frac{E}{\rho} = \frac{\sigma}{\frac{d}{2}}$$

$$\frac{E}{\rho} = \frac{\sigma}{\frac{d}{2}} \Rightarrow \sigma = \frac{d}{\rho} \times E \Rightarrow \sigma = \frac{E}{\frac{\rho}{d}}$$



5.3. Utjecaj kuta pregiba



Ukoliko je kut pregiba β manji od 6° trajnost užeta je velika. Trajnost užeta je najniža kada je kut pregiba $\approx 23^\circ$ te nakon toga raste do 60° . Poslije tog kuta trajnost užeta postaje konstantna.

5.4. Utjecaj izrade užeta

Postoji nekoliko čimbenika koji bi povećali trajnost užeta kada bi se uzeli u obzir pri izradi užeta. Paralelno pletena užad je mnogo trajnija od normalno pletene. Užad s 8 pramenova je trajnija od užadi sa 6 pramenova. Čelična užad ima manju trajnost od užadi koja imaju vlaknastu jezgru. Naravno, mora se uzeti u obzir i odabir proizvođača jer postoji razlika u kvaliteti izrade kod pojedinih proizvođača.

5.5. Utjecaj korozije na užu

Smanjenjem korozije na užetu povećava se njegova trajnost. Da bi se smanjila korozija obično se koristi svjetlovučena žica koja je nepocinčana. Ukoliko se užu nalazi u moru ili nekim drugim agresivnim uvjetima koriste se pocinčane žice kod kojih dolazi do smanjenja nosivosti od 5% do 10%, ali pokusi pokazuju da se trajnost povećava. Kod ekstremno

agresivnih uvjeta koristi se tzv. rostfrei materijal koji je ustvari legura željeza i ugljika. Ime je dobio po tome što ne hrđa niti korodira tako lako kao obični čelik.

Još jedan način povećanja trajnosti užeta jest podmazivanje. Vanjskim i unutarnjim ispravnim podmazivanjem može se povećati trajnost užeta i do 5 puta.

6.UŽETNE VEZE

Užetne veze služe za pričvršćivanje krajeva užeta na bubnjeve, kuke i svornjake koji služe za vezanje lanaca i užeta međusobno. Postoji više načina vezivanja kao što su:

a) Upletanje

Upletanje se sve manje koristi u praksi. Dužina upletenog dijela mora biti najmanje 25 puta od promjera užeta.



Slika 20. Upletanje užeta

b) Vijčanim spojnicama

Pri korištenju veza sa vijčanim spojnicama mora se uzeti u obzir nekoliko čimbenika. Unutarnja udaljenost od U-oblika je veća od promjera žičane užadi za 1 – 3 mm. Budući da se žičana užad deformira nakon što je podvrgnuta sili, stezaljka užeta mora se stegnuti drugi put nakon što se žičani konop podvrgne sili, kako bi se osigurala pouzdanost zgloba. Razmak između spojnica je općenito oko 6 do 8 puta veći od promjera užeta.



Slika 21. Vijčana spojnica

c) Klinom

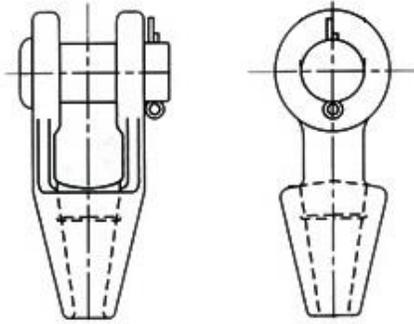
Uže se može privremeno pričvrstiti klinom za vezivanje. Stezanjem klina i užeta u konusu dobijemo siguran spoj. Ako se uže i klin povuku natrag da bi se oslobodio spoj, kraj užeta se može ponovno spojiti. Veza se popravlja tako što se ponovi postupak na početku. Svi klinovi dolaze sa iglom ili vijkom na vrhu.



Slika 22. Klin za vezivanje

d) Konusnom čahurom

Konusna čahura za užad često se koristi sa okovom tipa C i lancem za podizanje. Efikasnost veze između užeta i čahure je visoka. Ima velik sigurnosni učinak i visoku ekonomičnost. Dužina klina mora biti najmanje 5 puta veća od promjera užeta

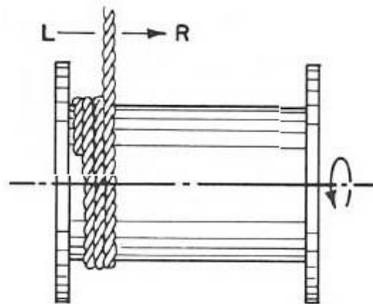


Slika 23. Konusna čahura

6.1. Veza užeta s bubnjem

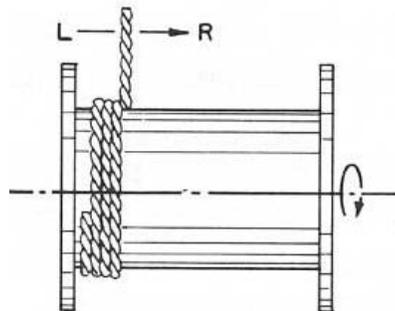
Pričvršćivanje kraja čeličnog užeta za bubanj treba biti izvedeno tako da je omogućeno njegovo lako zamjenjivanje. Smjer namatanja na glatki bubanj ovisi o smjeru ispletivosti užeta.

Desnovojno uže potrebno je namatati lijevovojno, kao na slici 23.



Slika 24. Ljevovojno namatanje

Ljevovojno uže potrebno je namatati desnovojno, kao na slici 24.



Slika 25. Desnovojno namatanje

Ukoliko nisu ispunjeni ovi uvjeti, dolazi do raspletanja odnosno širenja prostora među žicama, pa se pokazuju unutrašnje žice. Kod ožljebljenog bubnja to nije od tolikog utjecaja, ali se uglavnom mnogi i tu drže toga pravila. Sila u užetu pred ulazom u vijčanu vezu određuje se prema izrazu:

$$F_v = \frac{F_{\max}}{e^{\mu\alpha}}, \quad (7)$$

gdje su vrijednosti:

F_{\max} – maksimalna sila u užetu,

μ - faktor trenja (obično se uzima 0,1 za čelik)

α - 4π , 2 navoja prije vijčane veze.

7. ZAKLJUČAK

Uže je element koji služi za dizanje i prenošenje nekog tereta. Možemo ga koristiti za različite potrebe. O tim potrebama ovisi i vrsta užeta koju ćemo koristiti. Ukoliko nam treba dobro i čvrsto uže za podizanje teških tereta, upotrijebiti ćemo žičano uže. Žičana užad se koriste u liftovima, žičarama, mostovima i slično. Druga vrsta užeta je vlaknasto uže. Glavne osobine ove vrste užeta su fleksibilnost i jednostavnost rukovanja. Drugo ime za vlaknasto uže je konop. Primjeri korištenja su: konop za planinarenje, konop za sidrenje brodova, razni konopi za privezivanje itd. U strojarstvu se najčešće koriste žičana užad.

Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 1. Primjer pletenja vlaknaste užadi | 5 |
| Slika 2. Spiralna užad | 9 |
| Slika 3. Osnovni oblik spiralnog užeta | 11 |
| Slika 4. Pramena užad | 12 |
| Slika 5. Smjerovi pletenja pramenih užeta | 12 |
| Slika 6. Različite konstrukcije okruglog pramena | 14 |
| Slika 7. Struktura čelične žice | 16 |
| Slika 8. Primjena čeličnih užadi kod žičara | 16 |
| Slika 9. Mehaničko trošenje čeličnih žica bez pojave unutarnjih pukotina | 17 |
| Slika 10. Savojni lom umora materijala užeta s spojnim nitima | 18 |
| Slika 11. Korozijski oštećeno čelično uže | 18 |
| Slika 12. Tipični duktilni lom završen konusnim smicanjem | 19 |
| Slika 13. Prikaz vizualnog pregleda kojima je moguće ispisati samo 20% površine spojenih uža | 20 |
| Slika 14. Struktura čelične užadi klase 6 x 19 | 21 |
| Slika 15. Struktura čelične užadi klase 6 x 37 | 22 |
| Slika 16. Struktura čelične užadi klase 19 x 7 otporne na rotaciju | 23 |
| Slika 17. Struktura SuperFlex čeličnog užeta | 24 |
| Slika 18. Struktura pocinične čelične užadi klase 7 x 7 i 7 x 19 | 25 |
| Slika 19. Vrste pletenja užadi | 25 |
| Slika 20. Upletanje užeta | 27 |
| Slika 21. Vijčana spojnica | 32 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Slika 22. Klin za vezivanje | 33 |
| Slika 23. Konusna čahura | 33 |
| Slika 24. Ljevovojno namatanje | 34 |
| Slika 25. Desnovojno namatanje | 34 |

Literatura

Šćap D.: Transportni uređaji, Zagreb, 2004.

<http://hr.chinasteelropes.com/info/steel-wire-ropes-clips-25601488.html>

<http://www.ho-cired.hr/referati/SO3-17.pdf>

<http://m.hr.klrope.com/news/application-of-stainless-steel-wire-rope-in-al-7687839.html>

<http://www.hiseamarine.com/us-type-wire-rope-open-spelter-socket-5589.html>

<https://www.dehaan-se.com/en/24.html>

<http://hac.hr/sites/default/files/2019-03/Knjiga%203%20-%203.1.%20Izvadak%20iz%20projekta%20i%20nacrti.pdf>

<http://hr.shipyardjibcrane.com/info/the-basic-components-of-bridge-crane-and-its-p-31460727.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Wire_rope

<https://sites.google.com/site/lilinekic/uze-i-cvorovi>

<http://hr.china-steelproduct.com/news/the-classification-of-stainless-steel-wire-rope-16783515.html>

<http://m.hr.klrope.com/news/application-of-stainless-steel-wire-rope-in-al-7687839.html>