

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Машински елементи

Број индекса: 58/2012

Милица П. Борисављевић
Укључно-искључне спојнице

-завршни рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Зорица Ђорђевић- ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада кандидат треба да уради:

1. Увод,
2. Основне карактеристике и подела спојница,
3. Споља (даљински) управљане укључно-искључне спојнице (канцасте, зупчасте,...),
4. Спојнице са самоукључивањем и самоискључивањем (сигурносне, центрифугалне и једносмерне спојнице),
5. Индукционе и хидродинамичке спојнице,
6. Пример прорачуна спојница,
7. Закључак.

Препоручена литература:

- [1] Вера Николић, Машински елементи – теорија, прорачун, примери, Крагујевац, 2004.
- [2] Војислав Милтеновић, Машински елементи облици, прорачун, примена, Ниш, 2001.
- [3] Душан Ј. Витас, Милан Д. Трбојевић, Машински елементи 2, Београд, 1978.

Крагујевац, 2015.

Ментор:

Др Зорица Ђорђевић, ванр.проф

РЕЗИМЕ

Спојнице су машински елементи који служе за спајање два вратила или делова истог вратила са циљем преношења обртног момента. У току рада се често јавља потреба за укључивањем и искључивањем неког вратила односно система. У том случају је потребно применити раздвојиве одн. укључно-искључне спојнице.

У овом раду представљен је прорачун, конструкционо извођење, као и неке од главних карактеристика укључно-искључних спојница. Циљ је био дати оптималан преглед информација везаних за ову проблематику, укључујући преглед теорије, конструкционих облика спојница, потребних образаца за израду прорачуна...

Кроз конкретне примере објашњен је начин прорачуна основних величина, карактеристичних за овај тип спојница, попут граничног момента трења, потребне силе за укључивање спојнице, површинског притиска на додирним површинама и сл.

Кључне речи: Спојница, конструкциони облици, прорачун.

ABSTRACT

Couplers are mechanical elements which are used to connect two shafts or portions of the same shaft with the aim of transferring torque. During the work is often a need for turning on and off of a shaft or the system. In this case, it is necessary to apply a separable or. clutches.

This paper introduces the budget, construction performance, as well as some of the main features of inclusive-unclusive coupler. The aim was to provide an optimal view information related to this matter, including examination of theory, structural shapes hinge, the necessary forms for budgeting ...

This paper introduces the budget, construction performance, as well as some of the main features of switchgears clutches. The aim was to provide an optimal view information related to this matter, including examination of theory, structural shapes hinge, the necessary forms for budgeting ...

Keywords: Coupler, structural shapes, budget.

Садржај

1. Увод	2
2. Основне карактеристике и подела спојница.....	4
2.1 Нераздвојиве спојнице.....	5
2.1. Круте спојнице.....	5
2.1.2 Прилагодљиве спојнице.....	5
2.1.3 Еластичне спојнице.....	5
2.1.4 Злобне спојнице.....	6
2.2 Раздвојиве спојнице.....	6
3. Споља (даљински) управљане укључно-искључне спојнице.....	7
3.1 Канцасте спојнице.....	8
3.2 Зупчасте спојнице.....	10
3.3 Фрикционе спојнице.....	13
3.3.1 Фрикционе спојнице са механичким укључивањем и искључивањем.....	17
3.3.2 Фрикционе спојнице са пнеуматским укључивањем и искључивањем.....	20
3.3.3 Фрикциона спојница са хидрауличним укључивањем и искључивањем.....	21
3.3.4 Електромагнетна фрикциона спојница.....	22
4. Спојнице са самоукључивањем и самоискључивањем.....	23
4.1 Сигурносна спојница.....	23
4.1.1 Сигурносна спојница са ломљивим осовинама.....	23
4.1.2 Сигурносна спојница са проклизавањем.....	24
4.2 Центрифугалне спојнице.....	25
4.3 Једносмерне спојнице.....	27
4.3.1 Једносмерна канцаста спојница.....	27
4.3.2 Једносмерна фрикциона спојница.....	28
5. Индукционе и хидродинамичке спојнице.....	29
5.1 Индукционе спојнице.....	29
5.2 Хидродинамичке спојнице.....	31
6. Пример прорачуна спојница.....	33
7. Закључак.....	37
Литература.....	38

1. Увод

Спојнице (слика 1.1) су машински елементи чија је основна функција преношење ротационог кретања и обртног момента са једног вратила на друго. Оне имају задатак да два суседна вратила или друго вратило израђено из више делова споје у једну целину. Користе се и за спајање вратила са елементима за пренос кружног кретања (нпр. зупчаници, ланчаници и др.). Осе вратила могу и да се секу под неким углом. Положај осе вратила, у погледу саосности више или мање одступа од тачног; угаони положај је сталан или променљив итд.

Најчешће се спајају: вратило погонске машине са вратилом радне машине, трансмисиона вратила као и вратила са зупчаницима, каишницима, ланчаницима и др. Спојницама се могу спајати и други елементи, на пример, вратило са зупчаницима, вратило са ременицама и др. Са тачке гледишта израде, монтаже као и саме функције делова спојнице имају и улогу раздвајања делова [1].

Поред ове основне функције, спојнице имају и низ других додатних функција као што су:

- ❖ преношење обртног момента између вратила са радијалним, аксијалним и угаоним одступањима њихових оса у односу на тачан положај;
- ❖ пригушење торзионих осцијација и ударних оптерећења у току рада;
- ❖ даљинско или аутоматско управљање преноса обртног момента;
- ❖ осигурање система од преоптерећења или нежељеног смера обртања и др.

Конструкција спојнице мора обезбедити једноставност извођења, ниску производну цену, поуздано дуги век трајања, лаке могућности подешавања током рада, једноставну и брзу поправку могућих кварова итд.

Она зависи од више фактора, и то:

- ❖ од релативног положаја и кретања вратила у току рада, што захтева круту или прилагодљиву конструкцију спојнице;
- ❖ од потребе да се нагле промене обртног момента пригуше, што захтева круту или еластичну конструкцију;
- ❖ од потребе да се спојница у току рада искључује или укључује, што захтева укључно-искључне спојнице;
- ❖ од ограничења величине момента који спојница сме пренети;
- ❖ од ограничења броја обртаја испод којег спојница не сме преносити окретање, што захтева сигурносно извођење;
- ❖ од захтева да се окретање сме преносити само у једном смеру окретања, што захтева једносмерну конструкцију спојнице [2].

Спојнице се постављају непосредно иза лежишта, идући у смеру од извора енергије. Маса спојница треба да буде што мања и потребно је, нарочито при већим брзинама обртања, извршити њихово статичко и динамичко уравнотежење. По правилу се састоје од два обода чврсто везана за обртне делове који се спајају. Веза обода се остварује на различите начине. Спојнице производе специјализоване фабрике које уз своје производе дају и одговарајуће каталоге са основним подацима.

Спојнице су потрошни делови, чији радни век зависи од услова рада и употребе. Оне могу сигурно функционисати само ако се према њима при употреби, одржавању и приликом уградње поступа са пажњом.

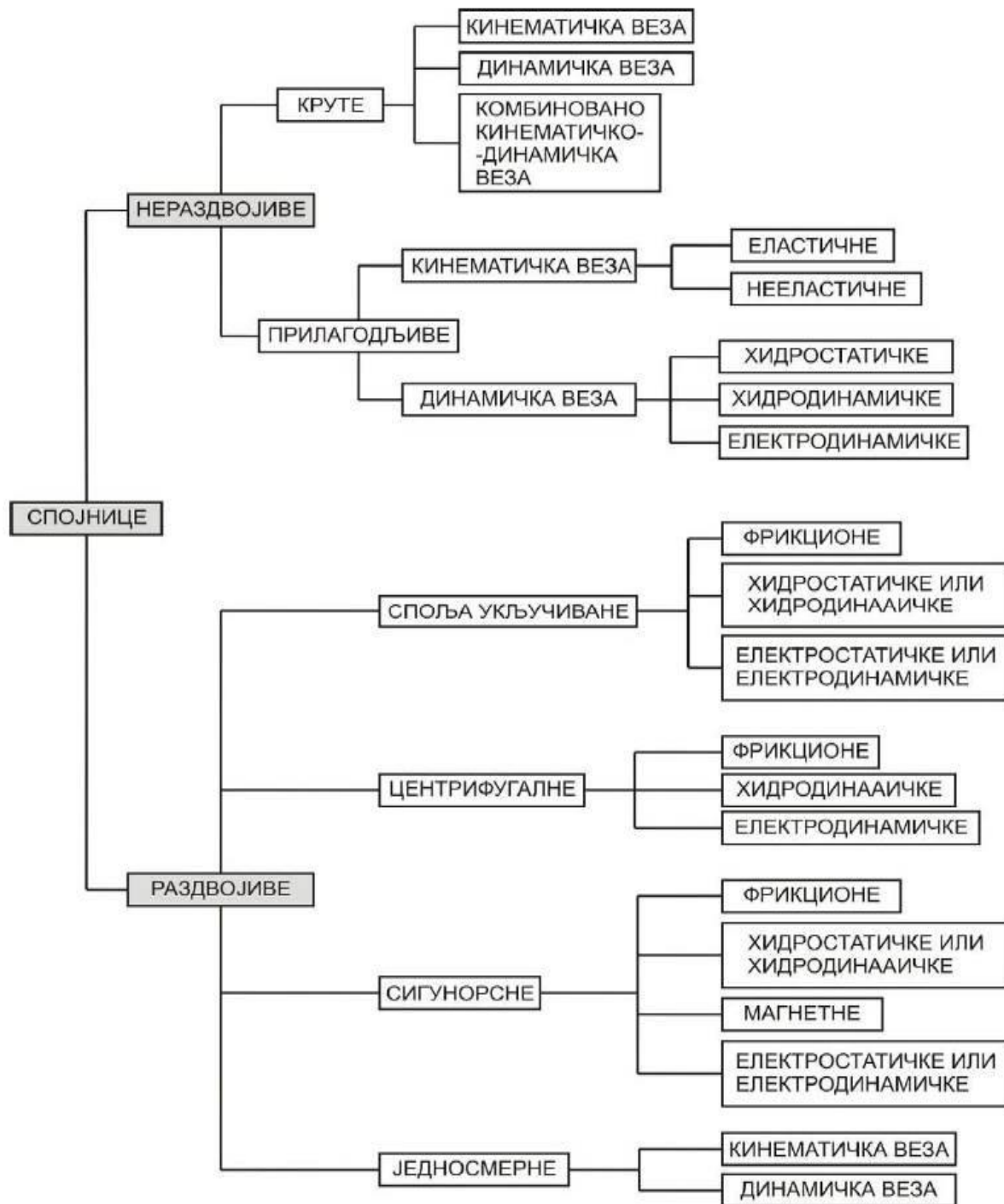
Спојнице се убрајају у делове система за пренос снаге са највећим оптерећењем због великих вибрација, притисних и центрифугалних сила и због загревања услед трења. Величина и тежина би међутим при томе требало да буду што мањи. Што је сила притиска већа, то би пречник и тежина спојница требало да буду мањи. При томе се величина мора прилагодити топлоти и хабању [3].



Слика 1.1 – Приказ спојнице

2. Основне карактеристике и подела спојница

Основна подела спојница извршена је према начину остваривања функције на нераздвојиве и раздвојиве спојнице. У зависности од подручја примене, карактеристика и принципа рада постоји даља класификација нераздвојивих и раздвојивих спојница, као што је приказано на слици 2.1. , [2].



Слика 2.1 – Приказ поделе спојница

2.1 Нераздвојиве спојнице

Нераздвојиве спојнице обезбеђују трајно преношење обртног момента са једног елемента на други (са једног вратила на друго) без прекида и могућности раздвајања вратила. Спојени делови чине кинематички круту целину, тако, да би гоњени елемент престао да се обрће потребно је зауставити обртање погонског елемента.

Основна подела спојница је извршена према начину преношења обртног момента и могућности померања спојених делова на: *круте, прилагодљиве, еластичне и зглобне*.

2.1.1 Круте спојнице

Круте спојнице образују чврсту непокретну везу. Спојени делови се понашају као јединствена целина. Вратила спојена крутом спојницом чине статичку целину и сви удари и неравномерности обртног момента преносе се без промене са једног вратила на друго. Крутим спојницама се, најчешће, везују трансмисиона вратила, ређе вратила погонске и радне машине. Круте спојнице се примењују и као редукионе (спојнице које везују вратила различитог пречника).

Постоји више врста крутих спојница: *спојнице са наглавцима, оклопне спојнице, спојнице са ободима, Hirth-ова, Sellers-ова и др.*

2.1.2 Прилагодљиве спојнице

Прилагодљиве спојнице спајају вратила и компензирају аксијална, радијална и мала угаона одступања спојених вратила. Оне такође спајају дуга вратила са израженим термичким дилатацијама па се због тога зову "дилатационе". Примењују се код вратила електромотора где су присутне аксијалне осцилације и др. Прилагодљиве спојнице се израђују у многобројним варијантама. Једноставношћу се одликује Oldham-ова спојница.

У ову групу спојница спадају: *канцасте, крстасте, турбофлекс спојница, Oldham-ова спојница и др.* [4].

2.1.3 Еластичне спојнице

Еластичне спојнице имају способност пригушивања удара, вибрација и промена обртног момента, смањења торзионих осцилација и др. То се постиже, еластичним елементима од гуме, коже, пластичних маса и др., уграђених у ободу спојница. Услед мале носивости ових делова, габарит ових спојница је већи у односу на круте. Еластичне спојнице допуштају одступања положаја оса вратила, радијална, аксијална и угаона и пригушују ударе и вибрације.

У зависности од облика еластичних елемената, разликује се: *спојница са гуменим прстеновима, спојница са еластичним венцем, спојница са гуменим ваљчићима, спојница са еластичном траком, спојница са завојним опругама, зупчаста еластична спојница, еластична канцаста спојница и др.* [4].

2.1.4 Зглобне спојнице

Зглобне спојнице се користе за спајање вратила чије се осе секу и када се угаони положај у току рада мења. Ове спојнице преносе велика оптерећења.

Примењују се углавном две врсте ових спојница: *зглобна спојница са зупцима* и *Карданова спојница* [4].

2.2 Раздвојиве спојнице

У експлатационим условима врло често се јављају захтеви за укључивањем и искључивањем неког вратила односно система. У том случају се примењују укључно-искључне или раздвојиве спојнице. Раздвојиве спојнице омогућавају успостављање и прекидање везе спојених делова како у стању мировања, тако и у току рада. Успостављање или прекидање тока енергије, од погонског ка гоњеном вратилу је тренутно или постепено. Класификација укључно-искључних спојница може да се изведе на неколико начина.

1. Према начину укључивања и искључивања, спојнице се деле на [5]:

- ❖ *спојнице са управљаним (даљинским) укључивањем и искључивањем на механичком, електромагнетном, хидрауличком и пнеуматском принципу;*
- ❖ *спојнице са самоукључивањем и самоискључивањем (центрифугалне, сигурносне или једносмерне).*

2. Према начину преношења обртног момента, извршена је подела раздвојивих спојница на [5]:

- ❖ *спојнице са кинематичком везом (преносе обртни момент обликом делова);*
- ❖ *спојнице са динамичком везом (пренос обртног момента се врши трењем).*

3. Према конструкционом облику разликују се [5]:

- ❖ *канцасте;*
- ❖ *зупчасте;*
- ❖ *фрикционе;*
- ❖ *специјалне и др.*

Постоје спојнице које могу да преносе обртни момент само уколико постоји разлика угаоних брзина погонског и гоњеног вратила, односно уколико између њихових радних површина постоји клизање. Ову групу спојнице чине индукционе и хидродинамичке. У том смислу могућа је и подела спојница на спојнице са клизањем и спојнице без клизања.

3. Споља (даљински) управљане укључно-искључне спојнице

Тренутно укључивање и искључивање остварује се код спојница које преносе обртни момент обликом. Ове спојнице могу да се укључе и искључе само у стању мировања или код синхроног обртања полутки спојница, при чему оне морају да имају тачан међусобни положај одређен углом обртања.

Споља управљане укључно-искључне спојнице се састоје од полуге, виљушке и прстена. Једна полутка спојнице је увек чврсто везана за вратило, а друга може аксијално да се помера на другом вратилу. Ради смањења трења и загревања, покретна полутка спојнице најчешће је постављена на гоњеном вратилу. Укључивање и искључивање најчешће се изводи механички преко одговарајућег уређаја. Померањем полуге преко виљушке и прстена помера се аксијално покретна полутка спојнице, чиме је омогућено укључивање и искључивање спојнице [6].

Разликују се две врсте искључних односно укључних спојница:

- ❖ спојнице помоћу којих се увек може једно вратило искључити, а укључивање вратила је могуће једино за време мировања;
- ❖ спојнице помоћу којих се вратила могу укључивати и искључивати и за време обртања.

У прву групу спадају спојнице са канцама, зупцима и сл. Оне се употребљавају када укључивање и искључивање није потребно често изводити.

Спојнице друге групе морају имати особину да омогуће да се пријемно вратило доведе постепено из стања мировања до оне брзине обртања коју има предајно вратило: када би се укључивање извршило нагло, јаки удари обртних маса могли би проузроковати, због претераних изненадних напрезања, ломљење делова. Постепено укључивање постиже се трењем клизања спојних органа спојнице па се због тога спојнице друге групе зову спојницама са трењем или фрикционим спојницама.

За укључивање и искључивање спојница обеју група потребни су нарочити уређаји. Ови уређаји могу бити по начину деловања: механички (полуге, опруге, деловање центрифугалне силе), пнеуматски (помоћу збијеног или разређеног ваздуха), хидраулички (помоћу течности под притиском) и електрични (електромагнетни).

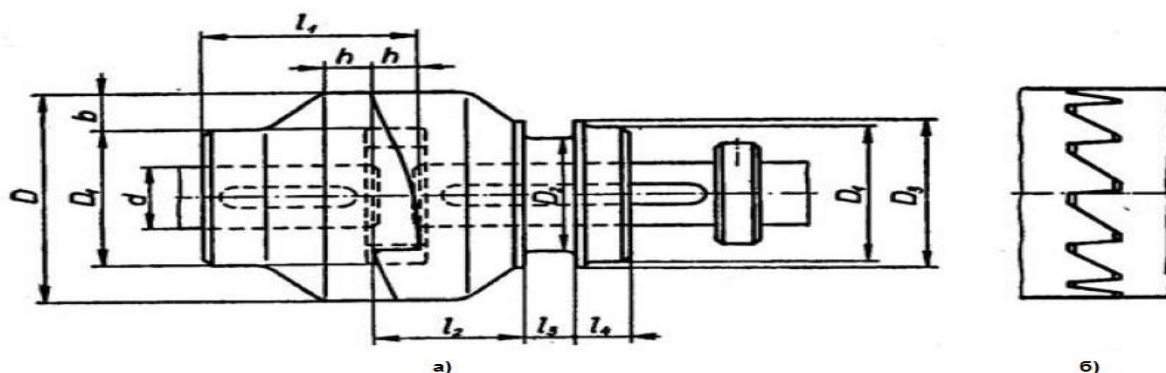
3.1 Канцасте спојнице

Канцасте спојнице (слика 3.1.1) спадају у групу укључно-искључних спојница, тј. спадају у групу спојница које омогућавају повремени прекид у преношењу обртног момента. Неопходно је да је једно вратило аксијално померљиво. Користе ефикасно и јефтино решење за пренос снаге које амортизују ударна оптерећења и мале вибрације. Лаке су за уградњу и одржавање.



Слика 3.1.1 - Приказ канцасте спојнице

Код канцастих спојница главчина на пријемном вратилу може да се помера уздуж вратила са којим је везана помоћу два клина без нагиба. На покретној главчини налази се прстен са урезаним жлебом у који улази виљушка са огрлицом за укључивање и искључивање. Због трења и клизања канци по канцама, а нарочито покретне главчине по вратилу и клиновима за искључивање је често потребна врло јака сила (понекад су потребни преноси). Кретање покретне главчине ограничено је прстенастим наслоном. Број канци је најчешће три, али може бити и већи (Слика 3.1.2) [7].



Слика 3.1.2 – Искључна канцаста спојница: а) са три и б) са више канци

Профил канци је одговарајуће коригован. Канце могу бити трапезног, косог и трапезно-тестерастог облика. Трапезни облик канци се примењује код преноса обртног момента у оба смера. Коси облик се користи за пренос обртног момента само у једном смеру, док трапезно-тестераста облик служи за спречавање повратних ходова при кретању [8].

Као подлога при избору основних мера могу послужити следећи емпиријски подаци:

$$\begin{aligned} D &= 2,3 d + 0,04, m & h &= 0,3 d + 0,01, m \\ D1 &= 1,8 d + 0,02, m & l1 &= 1,4 d + 0,05, m \\ D2 &= 1,5 d + 0,012, m & l2 &= d + 0,02, m \\ D3 &= 1,9 d + 0,025, m & l3 &= 0,5 d + 0,005, m \\ b &= 0,3 d + 0,01, m & l4 &= 0,3 d + 0,005, m \end{aligned}$$

По извршеном избору основних мера потребно је проверити напон од савијања канци и површински притисак међу канцама, а осим тога одредити и уздужну силу, потребну за покретање главчине. Притисак на канце је:

$$F' = \frac{2T_t}{D_m}, N \quad (3.1)$$

где је: T_t , Nm – торзиони момент и D_m , m – средњи пречник канца, а притисак на бок уздужног клина, који се може узети приближно једнак обимној сили на вратилу:

$$F'' = \frac{2T_t}{d}, N \quad (3.2)$$

где је d , m пречник вратила. Потребна сила за померање главчине је:

$$F_a = (F' + F'')\mu \quad (3.3)$$

где је μ коефицијент трења [8].

Канцаста искључна спојница употребљава се када је потребно да се ретко, али брзо искључује пријемно вратило. У примени је за пречнике вратила до 120 mm. За лаке, мале машине које раде са врло малим бројем обрта може се чак употребити и као укључна спојница у току рада.

3.2 Зупчасте спојнице

Зупчаста спојница (Слика 3.2.1) се састоји из две главчине са низом еволвентних зупца и дводелног омотача са чије се унутрашње стране налазе два одговарајућа низа зуба. Обртни момент са једног вратила на друго вратило преноси се преко омотача помоћу зуба. Ова спојница омогућава мала уздужна, попречна и угаона померања једног вратила у односу на друго.

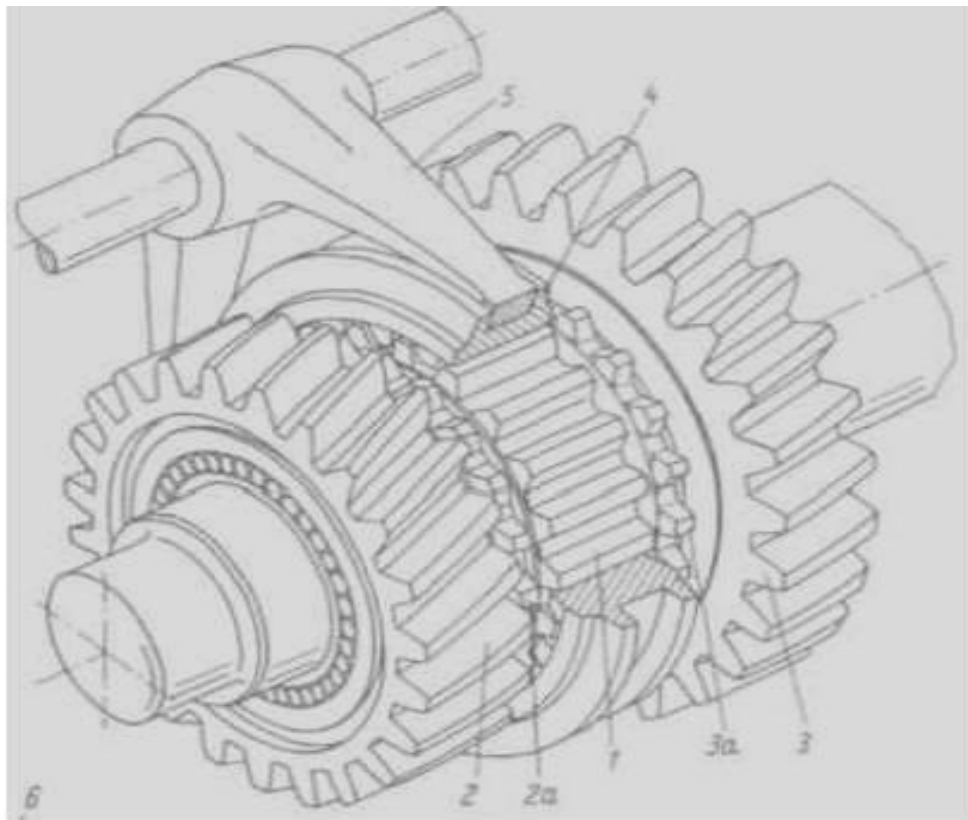
Зупчасте спојнице су сличне канџастим спојницама. Оне имају једну половину са спољашњим, а другу са унутрашњим цилиндричним озубљењем. Предност им је што око 75 % њихових зуба суделује у преносу оптерећења. Због тога су прикладније од канџастих за пренос већих момената окретања. Осим тога ове спојнице допуштају и мала радијална померања вратила и морају се подмазивати. Омогућавају укључивање и искључивање само у стању мировања [7].



Слика 3.2.1 Приказ зупчасте спојнице

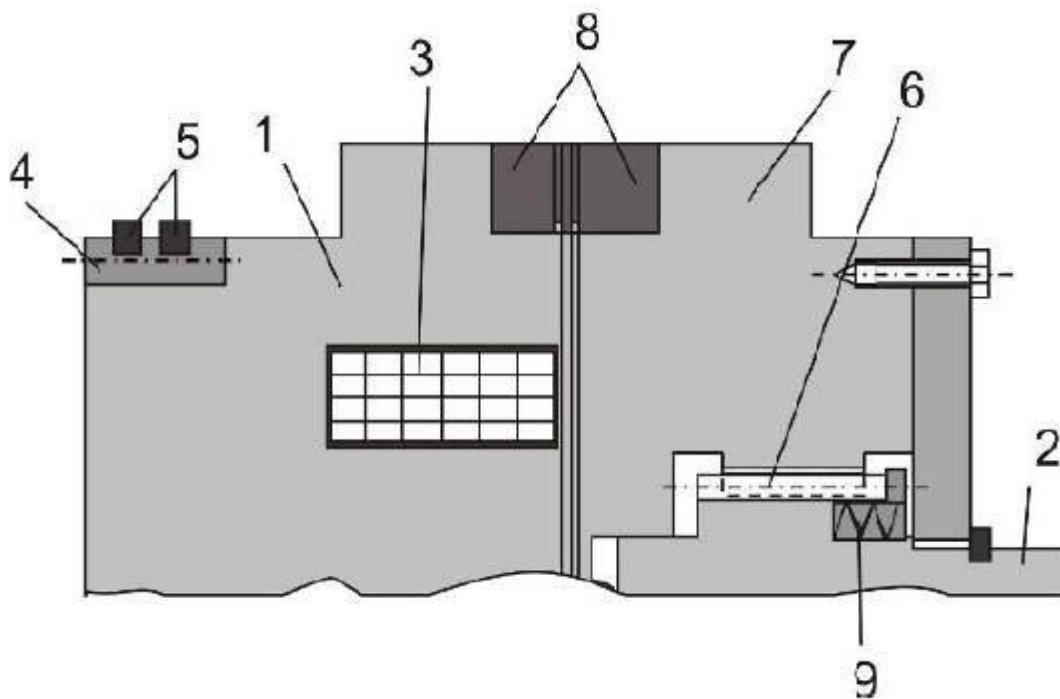
Постоји већи број конструкционих извођења зупчастих укључно-искључних спојница. Најједноставније конструкционо решење је проста зупчаста спојница. Код простих зупчастих спојница једна полутка је израђена у облику цилиндричног еволвентног зупчаника са спољашњим зупцима, а друга на ободу има унутрашње озубљење. Озубљења су са истим модулом и истим бројем зубаца. Укључивање и искључивање спојнице је могуће само у стању мировања и изводи се аксијалним померањем једне полутке спојнице.

Синхрона зупчаста спојница (Слика 3.2.2) се користи код мењача степена преноса моторних возила. Зупчаници (1) и (3) могу слободно да се окрећу, док је зупчаник (2) чврсто везан са вратилом. Озубљени прстенови (1а) и (3а) израђени су изједна са зупчаницама (1) и (3). Зупчаста обујмица (4) налази се стално у спрези са зупчаником (2), а преко виљушке (5) може аксијално да се помера. Померањем зупчасте обујмице у једну или другу страну везују се у једну целину зупчаник (1) (или зупчаник (3)) преко зупчаника (2) са вратилом. За укључивање спојнице при обртању вратила неопходно је да се најпре изврши синхронизација бројева обртаја. То се изводи преко синхронизационог прстена, који има конусну фрикциону спојницу за предукључивање [5].



Слика 3.2.2 – Приказ синхроне зупчасте спојнице

Електро-магнетна зупчаста спојница (Слика 3.2.3) са радијалним зупцима се састоји од прстенастог електромагнета и клизних прстенова за довођење једносмерне струје. У полутки спојнице погонског вратила уграђен је прстенасти електромагнет, а по ободу су постављени клизни прстенови. На главчини полутке спојнице гоњеног вратила налази се аксијално покретни обод, који је са главчином повезан жлебним спојем. Укључивањем електричне струје, електромагнет привлачи покретни обод, тако долази до спрезања зупчаника, односно до укључивања спојнице. Искључивањем електромагнета, притисна завојна опруга враћа обод у првобитни положај, чиме је спојница искључена [2].



- 1- електромагнетни део, 2- главчина, 3- прстенасти електромагнет,
4- полутка спојнице, 5- клизни прстенови, 6- озубљење главчине и котвеног дела,
7- покретни обод, 8- зупчаници, 9- завојна опруга

Слика 3.2.3- Шема електро-магнетне спојнице

3.3 Фрикционе спојнице

Укључивање односно искључивање вратила за време рада и под оптерећењем омогућују фрикционе спојнице (Слика 3.3.1), па се зато оне готово редовно употребљавају у машинству. Укључивање и искључивање пријемног вратила помоћу фрикционих спојница је меко и постепено; почетак укључивања може понекад бити праћен малим ударом. При нагом преоптерећењу или удару за време рада наступа клизање фрикционих површина које донекле спасава укључене елементе (нпр. зупчанике) од ломљења. Исто тако у почетку рада спојнице, тј. у процесу укључивања, клизају фрикциони елементи по додирној површини све док пријемни део агрегата не постигне брзину обртања предајног дела агрегата. Последица овог трења клизања је хабање фрикционих елемената по додирној површини, и загревање. Уметањем слоја мазива између фрикционих површина донекле се смањује хабање и уједначаје отпор против клизања по целој фрикционој површини. Трењем произведена топлота нагомилава се у трупцу спојница па прелази на околни ваздух; стога, ради бољег хлађења, спојница треба да има што већу површину зрачења, по потреби и ребра за хлађење. Када то није довољно, спојница се може вештачки хладити водом или ваздухом (вентилатором); то је нарочито важно за спојнице које се често укључују или искључују.

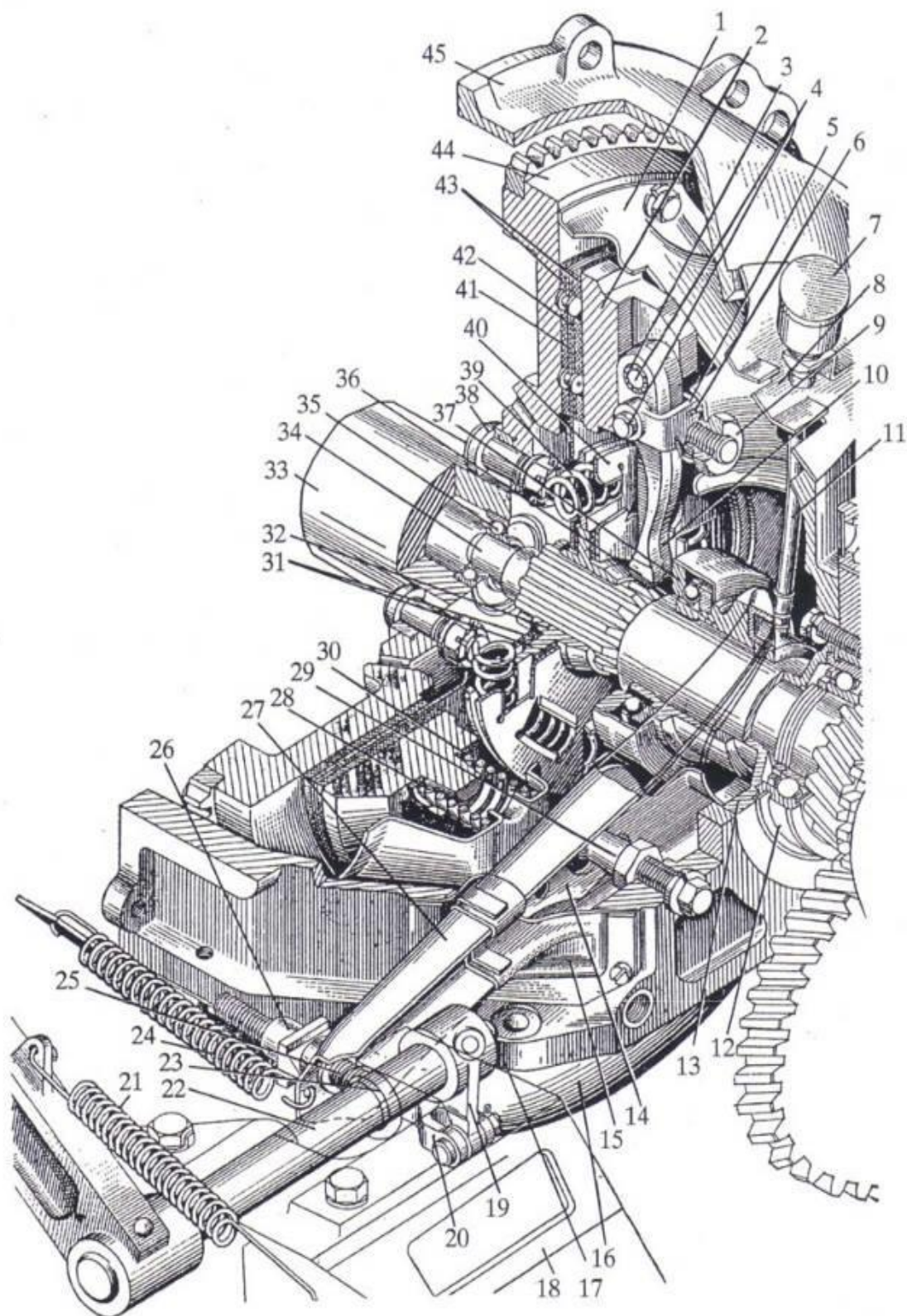
Као материјали, од кога су израђени или којим су обложени фрикциони делови на додирним површинама, користе се челик, челични лив, ливено гвожђе, бронза, месинг, кожа, дрво, пресована хартија, азбестне масе, метало-керамички материјали, итд. Додирне површине од металокерамичких материјала и азбестних маса се не подмазују, а код свих осталих материјала врши се подмазивање додирних површина фрикционих делова [9].



Слика 3.3.1- Приказ фрикционе спојнице

Принцип рада фрикционих спојница - преношење обртног момента врши се са замајца на спојничко вратило преко момента трења. Трење се ствара између фрикционог диска који је обложен фрикционим облогама, металних површина замајца и потисне плоче. Момент трења остварује се дејством сила у опругама услед чега је фрикциони диск притиснут потисном плочом на замајац мотора. Опруге се једним крајем ослањају на потисну плочу, а другим крајем на поклопац. На поклопцу се обично налазе три полуге за командовање спојницом. Поклопац је помоћу вијака причвршћен на замајац мотора, а заједно са потисном плочом прати обртно кретање замајца. Када је спојница укључена, обртни момент се са замајца преноси на фрикциони диск, а са њега на спојничко вратило тј. улазно вратило мењача. Веза између диска и спојничког вратила остварује се ожљебљеном везом. Када је спојница укључена, командни механизам и потисни лежај, под дејством опруга одмакнути су од полуга за команду. Деловањем ноге возача на педалу, потисни лежај прилази полугама и потискује их. Потисна плоча се помера у десно, одмиче се од диска и сабија опруге. На фрикционим површинама нема више притиска ни трења и прекида се деловање мотора на трансмисију. Замајац са поклопцем спојнице, полугама и потисном плочом наставља да се окреће, а диск и спојничко вратило се постепено заустављају.

Фрикционе спојнице (Слика 3.3.2) се састоје од: поклопца потисног диска (1), потисног диска (2), игличастог лежаја (3), осовинице (4), виљушке за опуштање (5), опруге (6), мазалице (7), поклопца вентилационог отвора (8), регулационе навртке виљушке потисног диска (9), полуге за опуштање (10), савитљиве цеви за подмазивање (11), лежаја мењачког преносника (12), поклопца (13), искључне виљушке (14, 27), заштитне виљушке (15), картера спојнице (16), мазалице педале (17), носача педале (18), полуге педале (19), споне (20, 25), повратне опруге педале (21), осовинице педале (22), чауре (23), искључне опруге виљушке (24), регулационе навртке виљушке (26), притисне опруге (28), лоптастог ослоња виљушке (29), термоизолационог подметача (30), фрикционог подметача (31), главчина вођеног диска (32), коленастог вратила мотора (33), улазног вратила мењачког преносника (34), предњег лежаја улазног вратила мењачког преносника (35), отпушача (36), лежаја (37), вијка (38), опруге пригушивача торзионих осцијација (39), плоча (40), фрикционих облога (41,43), плочасте опруге фрикционог диска (42), замајца (44) и кућишта (45) [9].



Слика 3.3.2- Приказ делова фриксионе спојнице

При прорачунавању фрикционих спојница треба израчунати максимални момент трења при проклизавању, као и средњи полупречник силе трења. Максимални момент трења при проклизавању може се одредити према:

$$T_{\mu_{\max}} = p_{\text{doz}} A \mu_i r_{\mu} \quad (3.4)$$

Максимални момент трења у тренутку проклизавања:

$$T_{\mu_{\max}} = \frac{\mu_0}{\mu} T_{\mu_{\max}} \quad (3.5)$$

где је: p_{doz} – дозвољени површински притисак између додирних површина;

A – додирна површина;

μ - динамички коефицијент трења;

μ_0 - статички коефицијент трења;

i - број парова додирних површина.

Средњи полупречник силе трења

$$r_{\mu} = \frac{1}{3} \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} \quad (3.6)$$

где је: d_s, d_u - спољашњи и унутрашњи пречник прстенасте површине.

Прорачун фрикционих спојница састоји се у провери површинског притиска на додирним површинама:

$$p = \frac{F_n}{A} \leq p_{\text{doz}} \quad (3.7)$$

где је: F_n - нормална сила притиска на додирним површинама;

A - додирна површина фрикционих делова;

p_{doz} - дозвољени површински притисак.

Сила притиска на додирним површинама одређује се према:

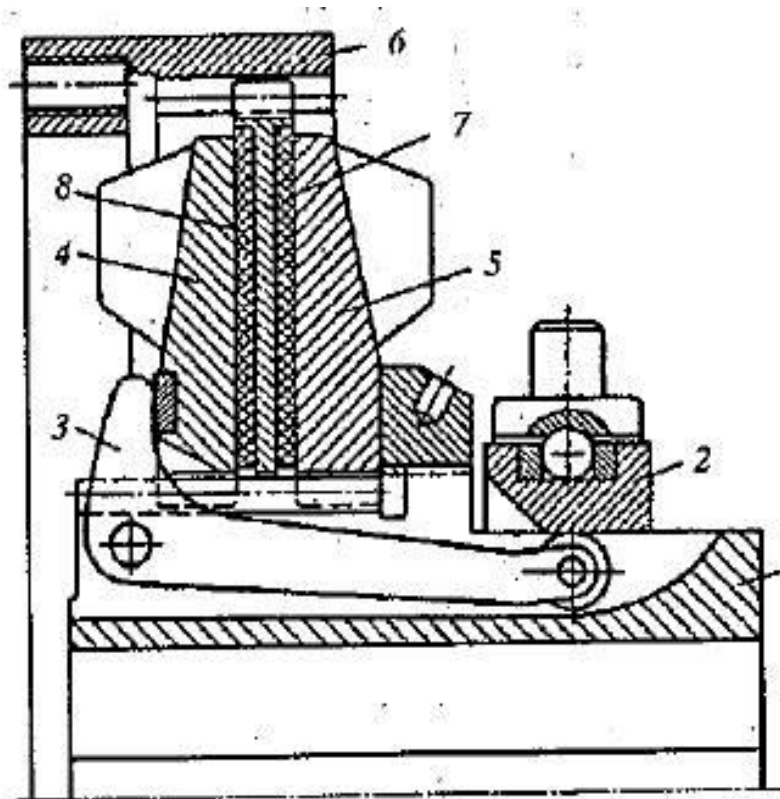
$$F_n = \frac{2 \cdot S_{\mu} \cdot T}{i \cdot \mu \cdot d_{\mu}} \quad (3.8)$$

Где је: T - радни обртни момент који спојница преноси, S_{μ} -степен сигурности против клизања, μ - динамички коефицијент трења, d_{μ} - средњи пречник силе трења [5].

3.3.1 Фрикционе спојнице са механичким укључивањем и искључивањем

Потребна нормална сила код ових спојница остварује се механичким путем и то најчешће системом угаоних полуга или преко опруга. Овај начин користи се код захтева за даљинским укључивањем. На слици (3.3.3) приказана је спојница са два пара додирних површина са механичким укључивањем и искључивањем. На главчини спојнице (1) налази се обујмица (2), која преко одговарајућих полуга може аксијално да се помера. У подужним жлебовима по обиму главчине постављене су угаоне полуге (3), којих има најмање три. Фрикциони дискови (4) и (5) везани су полутком спојнице (1) жлебном везом. Аксијални положај диска (5) одређен је навртком, која служи и за фино подешавање његовог аксијалног положаја, док фрикциони диск (4) може слободно аксијално да се помера.

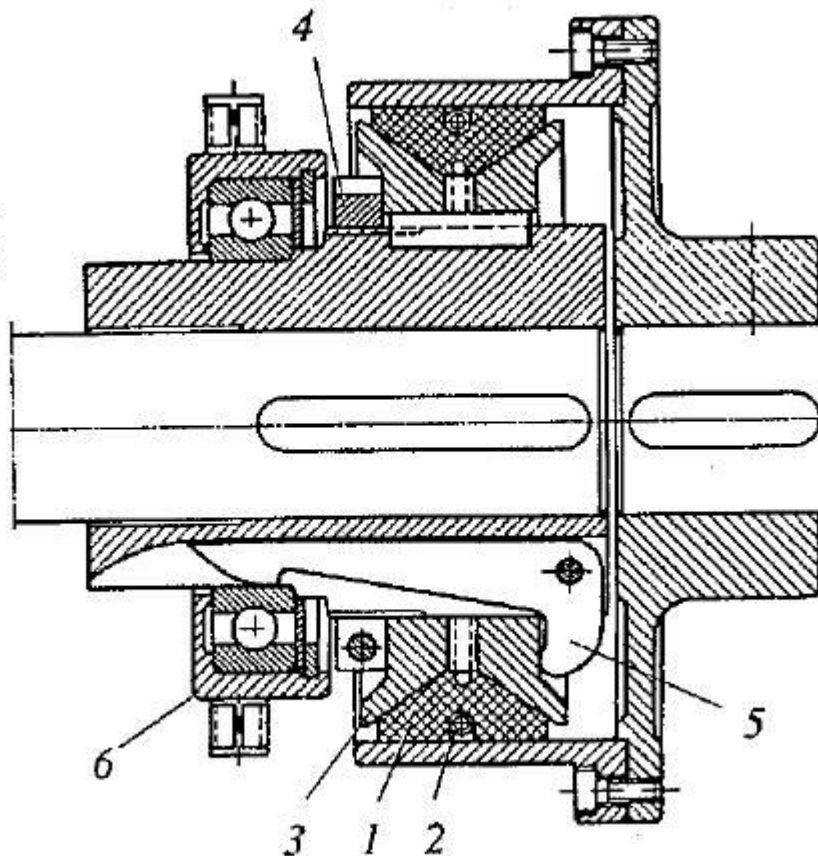
Друга полутка спојнице (6) преко жлеба је повезана са диском (7), који је са обе стране обложен фрикционим слојем. Дејством полуге (3) на диск (4) остварује се одговарајући притисак између додирних површина, чиме је спојница укључена. Померањем обујмице (2) удесно, ослобађа се угаона полуга (3) и спојница је искључена [10].



Слика 3.3.3 – Приказ делова фрикционе спојнице са механичким укључивањем и искључивањем

Слична конструкциона решење су и код спојница са фрикционим прстеном и спојнице са ламелама.

Спојница са фрикционим прстеном (Слика 3.3.4) представља комбинацију коничних и цилиндричних додирних површина. Одликује се добрим довођењем топлоте и малом силом неопходном за укључивање и искључивање. Као преносни елемент код ове спојнице користи се фрикциони прстен (1) који је клинастог пресека, односно ограничен је са две конусне и једном цилиндричном површином. Подељен је на шест сегмената, који су опругом (2) увек притиснути на конусне дискове (3). Аксијални положај једног конусног диска подешава се преко навртке (4), док се други под дејством угаоне полуге (5) може аксијално да помера. Аксијалним померањем обујмице (6) удесно унутрашњи прстен кугличног лежаја делује на угаону полугу, која аксијално помера конусни прстен. Сегменти фрикционог прстена померају се радијално чиме се остварује одговарајући притисак између цилиндричне површине фрикционог прстена и обода спојнице повезане са другим вратилом. На тај начин спојница је укључена. Померањем обујмице (6) улево полуге се ослобађају и спојница се искључује раздвајањем цилиндричних површина. Фрикциони прстен је тако изведен да у току рада аутоматски одржава коаксијалност спојених вратила.



Слика 3.3.4 – Приказ делова спојнице са фрикционим прстеном

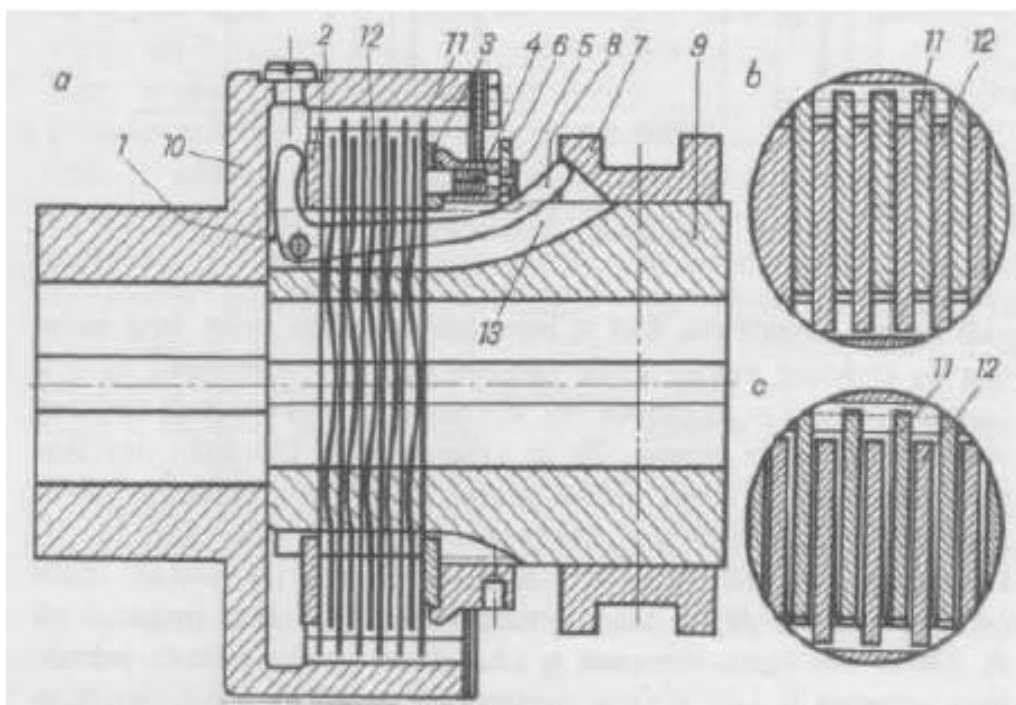
Постоје и конструкциона решења где се овакав тип спојнице укључује хидрауличким или пнеуматским путем. Примењује се најчешће без подмазивања додирних површина [10].

Спојнице са ламелама имају широко подручје примене. Постављањем већег броја ламела једне иза друге, које су наизменично у вези са једном и са другом полутком спојнице, повећава се додирна површина и носивост спојнице сагласно броју ламела. Ламеле су прстенастог облика, а са полуткама спојнице спајају се жлебном везом.

Предност спојница са ламелама огледа се у компактној конструкцији и повољној цени. Негативна страна ових спојница огледа се у брзом загревању у току рада. При празном ходу код ових спојница увек постоје извесни губици енергије због трења између ламела.

Постоји велики број конструкционих решења спојнице са ламелама. Код конструкционе варијанте ламеле су постављене између два диска прстенастог облика од којих је један аксијално фиксиран, а други се под дејством угаоне полуге може аксијално да помера. На тај начин остварује се одговарајући притисак између ламела и спојница се укључује. Обод полутке спојнице са спољашњим ламелама везује се са другим вратилом или обртним елементом преко завртњева.

Фрикциона спојница са фрикционим ламелама (Слика 3.3.5) се састоји од: клина зглоба (1), притисне плоче (2,3), поставне навртке (4), сигурносног клина (5), сигурносне плочице (6), покретног прстена (7), полуге (8), вођене главчине (9), водеће главчине (10), спољашње ламеле (11), унутрашње таласасте (синусне) ламеле (12) и простора за полуку (13) [7].



Слика 3.3.5 – Приказ делова фрикционе спојнице са ламелама

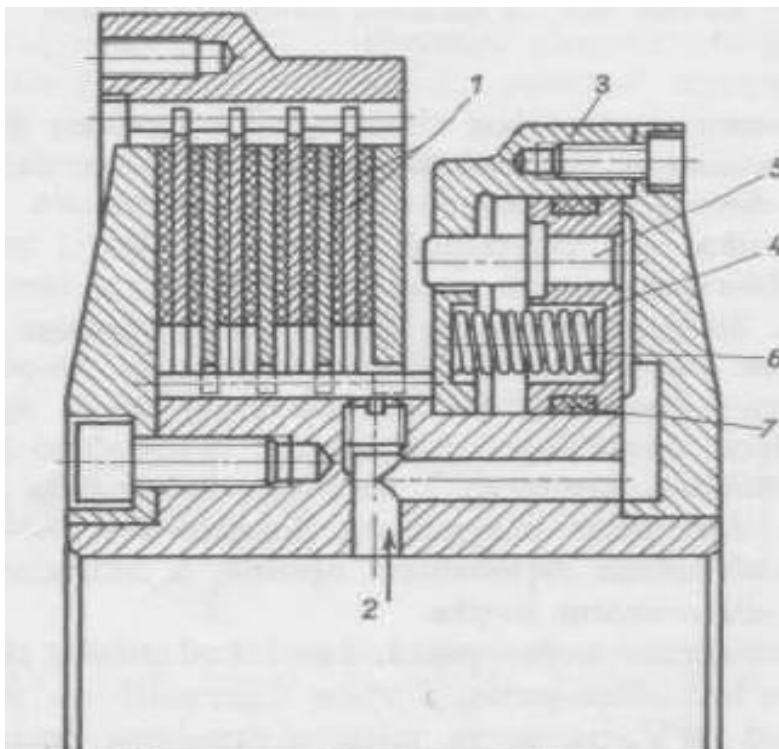
3.3.2 Фрикционе спојнице са пнеуматским укључивањем и искључивањем

Углавном се за спајање и раздвајање ових спојница могу употребити сви фрикциони елементи какви се употребљавају и у механички раздвојивим фрикционим спојницама. Ипак, за фрикционе елементе ових спојница највише се употребљавају ламеле.

Цилиндар уређаја за активирање ове спојнице прикључен је на резервоар компримованог ваздуха саставом канала у вратилу и у спојници преко обично магнетских вентила за аутоматску регулацију довода ваздуха при укључењу и његовог испуштања при раздвајању. При спајању спојнице, опруге враћају штап у првобитни положај.

Одлика ових спојница је да се чврсто спајају. При томе постоји стална инертност условљена потребним за успоставу довољног притиска у цилиндру уређаја за активирање. Недостаци ових спојница јесу проблеми везани за могућност корозије под утицајем влажног компримованог ваздуха. Пнеуматске фрикционе спојнице изводе се са равним, конусним или цилиндричним радним површинама.

Фрикциона спојница са пнеуматским укључивањем и искључивањем (Слика 3.3.6) се састоји од: ламеле (1), ваздушног канала (2), цилиндра (3), штапа (4), завртња (5), опруге (6), дихтунга (7) [7].



Слика 3.3.6 – Приказ делова фрикционе спојница са пнеуматским укључивањем и искључивањем

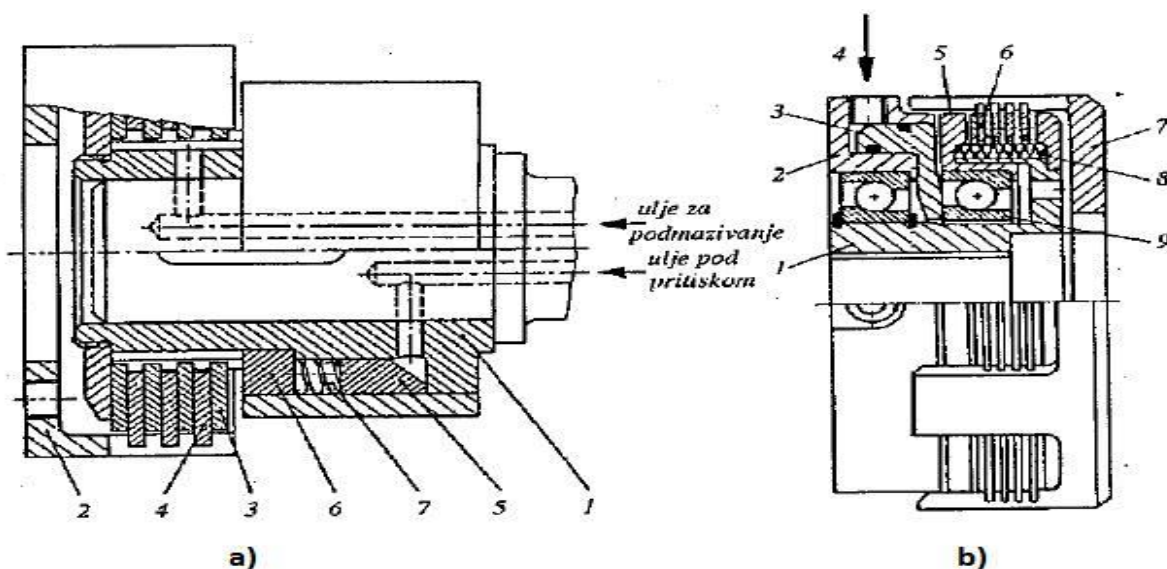
3.3.3 Фрикциона спојница са хидрауличним укључивањем и искључивањем

Хидраулички раздвојиве спојнице по својој су конструкцији сасвим сличне пнеуматски раздвојивим, а имају и слична својства. Нарочита им је одлика што омогућавају регулацију обртног момента, који преносе променама притиска радне течности. Као радна течност обично служи лако минерално уље.

Ове спојнице одликују се малим димензијама, могућношћу даљинског управљања, регулацијом величине обртног момента који преносе, високом учестаношћу обртања, могућношћу честог укључивања и искључивања и малим моментом празног хода.

На слици 3.3.7 а, приказана је хидрауличка фрикциона спојница код које се уље под притиском доводи преко подужног отвора у погонском вратилу и главчине (1) до прстенастог клипа (5). Клип сабија завојну притисну опругу (7) и аксијално помера притисну плочу (6), чиме се остварује потребан притисак између унутрашњих (3) и спољашњих (4) ламела спојнице. На тај начин спојница је укључена. Полутка спојница (2), која носи пакет спољашњих ламела, повезана је са гоњеним вратилом. Спојница се искључује смањењем притиска уља, при чему опруга (7) враћа клип назад, чиме се остварује аксијални зазор између ламела. Уље за хлађење и подмазивање ламела доводи се посебним водовима.

На слици 3.3.7 б, приказана је фрикциона спојница са ламелама код које је могуће укључивање и искључивање хидрауличким путем. Прикључак за довод флуида под притиском постављен је радијално. Ова спојница се састоји од: главчине (1), цилиндричног кућишта (2), прстенастог клипа (3), отвора за довод уља (4), притисне плоче (5), ламела (6), полутке (7), опруге (8) и лежаја (9) [10].



Слика 3.3.7 а) Хидрауличка фрикциона спојница са централним доводом уља;

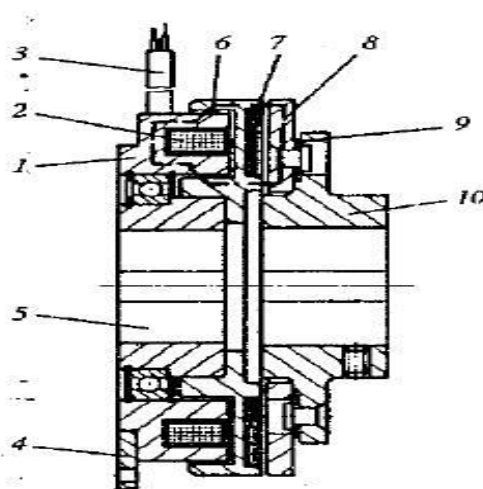
б) Хидрауличка фрикциона спојница са радијалним доводом уља.

3.3.4 Електромагнетна фрикциона спојница

Код ових спојница потребна сила притиска између додирних површина остварује се помоћу електромагнета. Електромагнетна фрикциона спојница може бити изведена као трајно укључена и као трајно искључена. Код трајно укључене спојнице потребна сила притисака на додирним површинама остварује се преко опруга, а спојница се искључује преко електромагнета. Трајно искључена фрикциона спојница укључује се преко електромагнета, који обезбеђује потребну силу притисака између додирних површина, а опруге код искључене спојнице раздвајају додирне површине. Трајно укључена спојница промењује се када је спојница у раду скоро стално укључена, а само се повремено искључује, или када у случају нестанка струје искључивање спојнице може довести до нежељених последица.

Према начину довођења струје до електромагнета разликују се спојнице са клизним прстеновима и спојнице без клизних прстенова. Негативна страна ових спојница је што електромагнет трајно ствара топлоту, магнетизује околну средину и захтева трајни довод струје у току рада.

Код електромагнетне спојнице без клизних прстенова (Слика 3.3.8) део спојнице са електромагнетом (1) је на главчини спојнице (5) ослоњен преко котрљајних лежаја и преко држача (4) фиксиран, тако да се не окреће. Ротор (6) чврсто је везан са главчином (5) и има две међусобно изолиране површине између којих се налази фрикциона облога (7). Веза између котве (8) и главчине спојнице (10) остварена је преко челичне мембране (9), која је по обиму наизменично заковицама везана за котву и главчину. При укључивању спојнице доводи се електромагнет преко прикључног кабла (3) једносмерна струја, тако да он привлачи котву (8) и остварује одговарајући притисак између радних површина. Искључивањем струје мембрана раздваја котву (8) од фрикционих облога (7), чиме је спојница искључена. Спојница може да преноси обртни момент у оба смера [7].



Слика 3.3.8 – Електромагнетна фрикциона спојница без клизних прстенова

4. Спојнице са самоукључивањем и самоискључивањем

4.1 Сигурносне спојнице

Све спојнице, које могу преносити обртни момент при асинхроној ротацији њихових делова, могу се употребити као сигурносне спојнице. Оне се зато могу једноставно подесити, тако да при прекорачењу неког допуштеног угаоног момента престају радити синхроно, па делују идеално пригушујуће. Као сигурносне спојнице употребљавају се и фрикционе спојнице са сталном притисном силом. Оне се убрајају у тзв. аутоматске сигурносне спојнице, тј. такве које се самостално раздвајају при прекорачењу допуштеног обртног момента, па почињу клизати, и поново укључују кад се величина момента опет смањи на своју нормалну вредност. За разлику од аутоматских, врло су једноставне сигурносне спојнице које се спајају обликом (спојнице са прекидним осовинама), али им је мана да се не могу поново самостално укључити. . Да би се спречило оштећење осовина израђених од меканог материјала, услед чега би могло доћи до раздвајања, оне се заштићују. Осим тог недостатак ових спојнице је и тај што се величина преносивог момента не може регулисати [10].

4.1.1 Сигурносна спојница са ломљивим осовиницама

Најпростија сигурносна спојница је сигурносна спојница са ломљивим осовиницама (Слика 4.1.1). Као сигурносни елементи користе се осовинице (глатке или са зарезом) којима су ободи полутки спојница међусобно повезани. При оптерећењу осовинице се ломе тако да се кинематичка веза између обода спојница тренутно прекида, и систем штити од преоптерећења. Осовинице се димензионишу према максималном обртном моменту, који износи:

$$[T] = S_s \cdot K_A \cdot T = z \cdot A \cdot \tau_M \cdot \frac{D}{2} \quad (4.1)$$

где је: A - величина критичног пресека осовинице;

τ_M - смицајна чврстоћа осовиница;

z - број сигурносних осовиница;

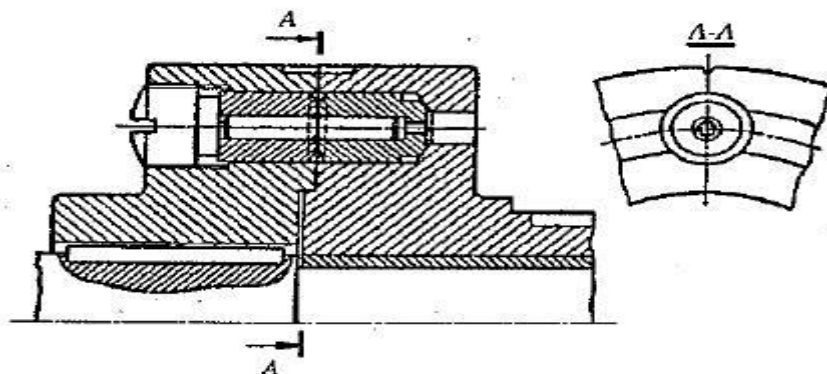
D - пречник на коме су по обиму распоређене осовинице;

S_s - степен сигурности против случајног активирања спојнице;

K_A - фактор радних услова;

T - номинални обртни момент који спојнице преноси.

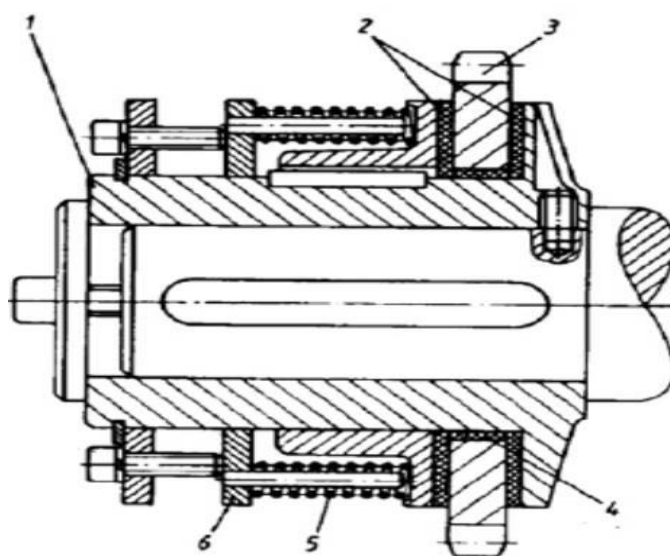
Недостатак ових спојнице је што највећи обртни момент не може тачно да се одреди због расипања вредности смицајне чврстоће материјала. Вредности обртног момента, при коме се ломе осовинице, варира у доста широким границама. Због тога може доћи до лома осовиница при пуштању спојнице у рад или при њеном заустављењу [5].



Слика 4.1.1 – Сигурносна спојница са ломљивим осовиницама

4.1.2 Сигурносна спојница са проклизавањем

На слици 4.1.2 је приказана спојница са проклизавањем. На главчини (1) полутке спојнице постављен је ланчаник (3), чије се чеоне површине додирују са фрикционим облогама (2). По обиму ланчаник се ослања на главчину преко клизне чауре (4). Притисак између додирних површина (фрикцинох облога и ланчаника) остварује се преко већег броја притисних завојних опруга (5). Осовинице - носачи опруга, конзолно су постављене по обиму прстенастог диска (6), који може аксијално да се помера помоћу завртња. Завртњи уједно служе за регулацију притиска између додирних радних површина. У случају преоптерећења долази до проклизавања између додирних површина фрикционих облога и ланчаника [5].

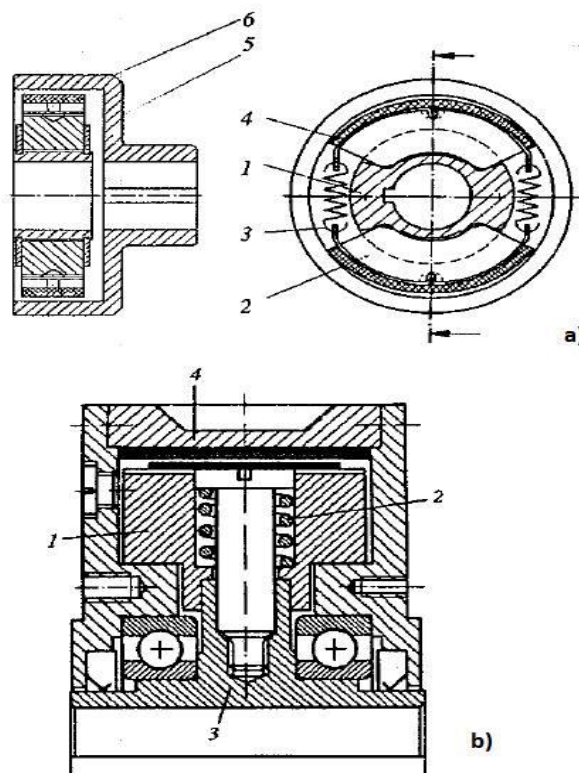


Слика 4.1.2 – Сигурносна спојница са проклизавањем

4.2 Центрифугалне спојнице

За упуштање се најчешће користе центрифугалне спојнице. Оне се по достизању одговарајуће угаоне брзине аутоматски укључују, а затим се са порастом угаоне брзине повећава и обртни момент који преносе. Најчешће преносе обртни момент путем трења, при чему се потребан притисак између радних додирних површина остварује центрифугалном силом. Примењују се код центрифуга, млинова, тешких теретних возила, итд.

На слици 4.2.1, а приказана је центрифугална спојница са два цилиндрична сегмента. Сегменти (2) постављени су у одговарајућа седла полутке спојнице (1). По спољашњим цилиндричним површинама сегменти су обложени фрикцијом облогом (4) и међусобно повезани затезном завојном опругом (3). Аксијално померање сегмената онемогућују прстенови (5), који служе као радијалне вођице сегмената. Друга полутка спојнице (6) изведена је у облику добоша. Сегменти (2) су знатне масе, тако да се при ротацији полутке спојнице (1) померају радијално. При довољном убрзању погонског вратила центрифугална сила сегмената савлађује силу затезних опруга, тако да цилиндрична фрикциона облога належе на добош полутке спојнице (6). Остваривање површинског притиска између додирних површина омогућује пренос одговарајућег обртног момента на гоњено вратило [11].



Слика 4.2.1 – Центрифугалне спојнице са цилиндричним сегментима:
а) са два сегмента; б) са 3 до 6 сегмената.

На слици 4.2.1, б приказана је центрифугална спојница са цилиндричним радним површинама. Зависно од величине има 3 до 6 сегмената. Сегменти су преко завртњева и притисне завојне опруге (2) везани за главчину спојнице (3). Други део спојнице (4), улежиштен је на главчини полутке спојнице (3) преко прстених кугличних једноредих лежаја са радијалним додиром [5].

Обртни момент који спојница може да пренесе износи:

$$[T] = (m_c \cdot r_c \cdot \omega_1^2 - F_0) \cdot \mu \cdot z \cdot \frac{D_0}{2} \quad (4.2)$$

где је: m_c - маса сегмента у kg ;

r_c - растојање тежишта масе сегмента од осе обртања у m ;

ω_1 - угаона брзина погонског вратила у s^{-1} ;

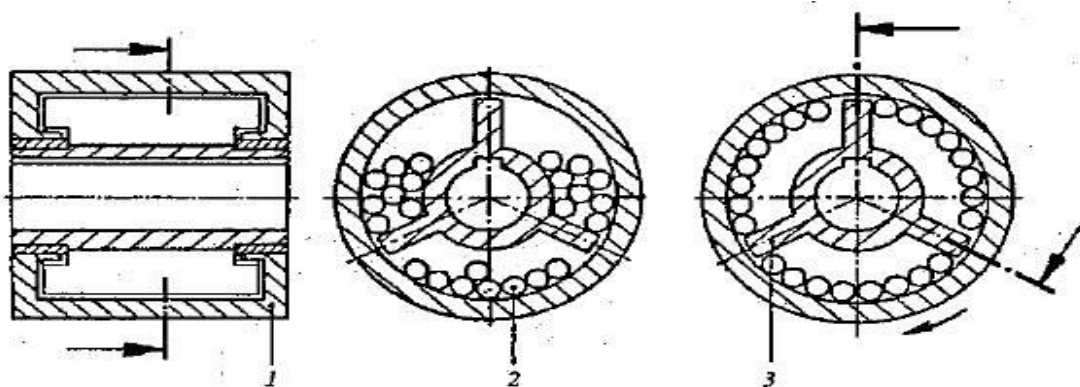
F_0 - сила опруге у N ;

μ - коефицијент трења;

z - број сегмената;

D_d – унутрашњи пречник добоша у m ;

Постоје и конструкциона решења центрифугалних спојница, где се као центрифугална тела користе челичне куглице (Слика 4.2.2).



1- кућиште; 2- куглица; 3- ротор;

Слика 4.2.2 – Центрифугална спојница са челичним куглицама

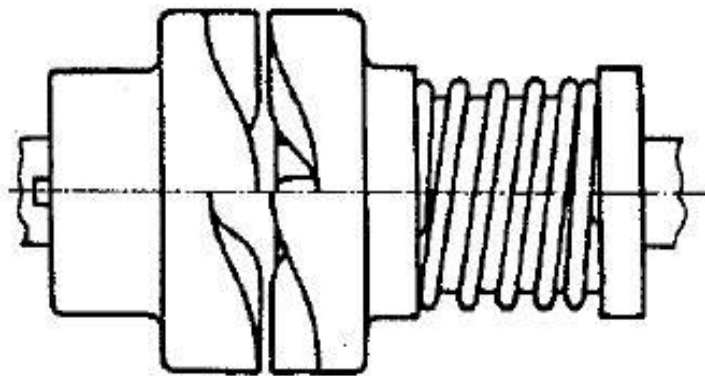
4.3 Једносмерне спојнице

Једносмерне спојнице се користе за преношење обртног момента само у једном смеру. Ако се смер обртања погонског елемента промени веза обода спојнице се аутоматски прекида. Такође, ако се гоњени елемент из неког разлога брже обрће од погонског, настаје прекид везе. Када се прекине веза, ободи се слободно обрћу. Значи, ове спојнице делују у једном смеру ротације као кочнице, а у другом као слободно окретљиви елементи. Ове спојнице се највише користе за везу елемената и вратила. Познате су као и *слободноокретљиве спојнице* или *спојнице слободног хода*.

Према начину остваривања везе обода и конструкционом извођењу могу бити: *канцасте* или *зупчасте* (веза се остварује обликом-кинематичка веза) и *фрикционе* (веза се остварује трењем-динамичка веза) [10].

4.3.1 Једносмерна канцаста спојница

Једносмерна канцаста спојница преноси обртни момент обликом канци. Једна полутка спојнице је аксијално непокретна, а друга је према њој стално притиснута опругом (Слика 4.3.1). Канце су изведене у облику клинова, тако да се у једном смеру под дејством опруге аутоматски укључују. При промени смера окретања долази до међусобног клизања нагнутих бокова канци, при чему се опруга сабија, а канце излазе из захвата. На тај начин веза спојених вратила се прекида [7].

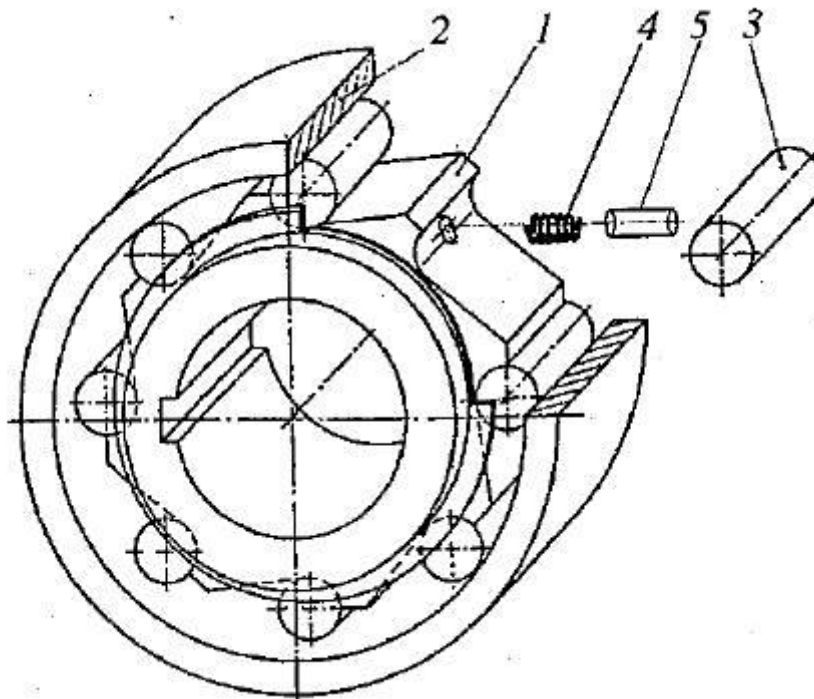


Слика 4.3.1 – Једносмерна канцаста спојница

4.3.2 Једносмерна фрикциона спојница

Једносмерна фрикциона спојница (Слика 4.3.3) се састоји од спољашњег прстена (2) и унутрашњег прстена (1). Између ова два прстена постављени су ваљчићи (3), који су преко притиснуте осовинице (5) и опруге (4) притиснути на спољашњи прстен. При окретању спољашњег прстена, долази до уклињавања ваљчића у простор између спољашњег и унутрашњег прстена, и на тај начин сваки од њих преноси одговарајућу обимну силу. При окретању спољашњег прстена у супротном смеру, ваљчићи се услед силе трења повлаче назад у проширени међупростор потискујући осовиницу, тако да настаје празан ход спојнице. Унутрашњи прстен је погонски и при његовом окретању, спојница се укључује.

Прорачун једносмерне фрикционе спојнице састоји се у провери Херцовог површинског притиска између ваљчића, односно преносних елемената и прстена [7].

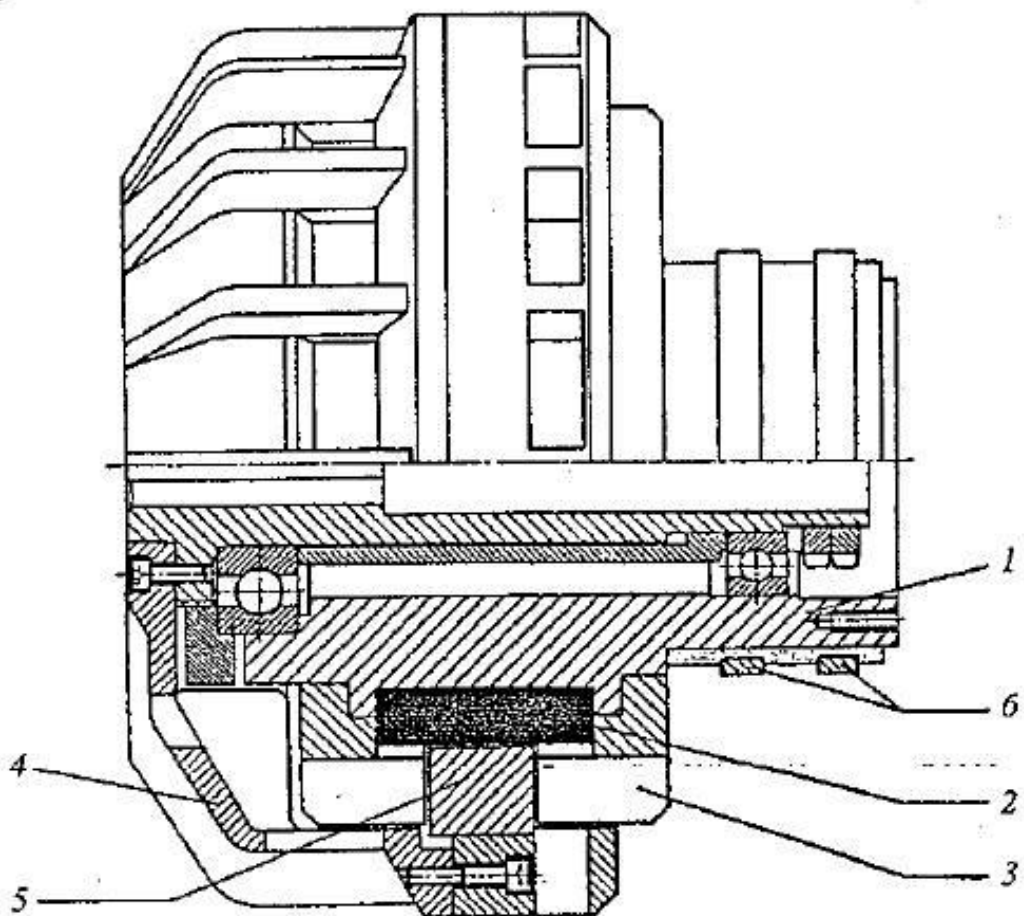


Слика 4.3.2 – Једносмерна фрикциона спојница

5. Индукционе и хидродинамичке спојнице

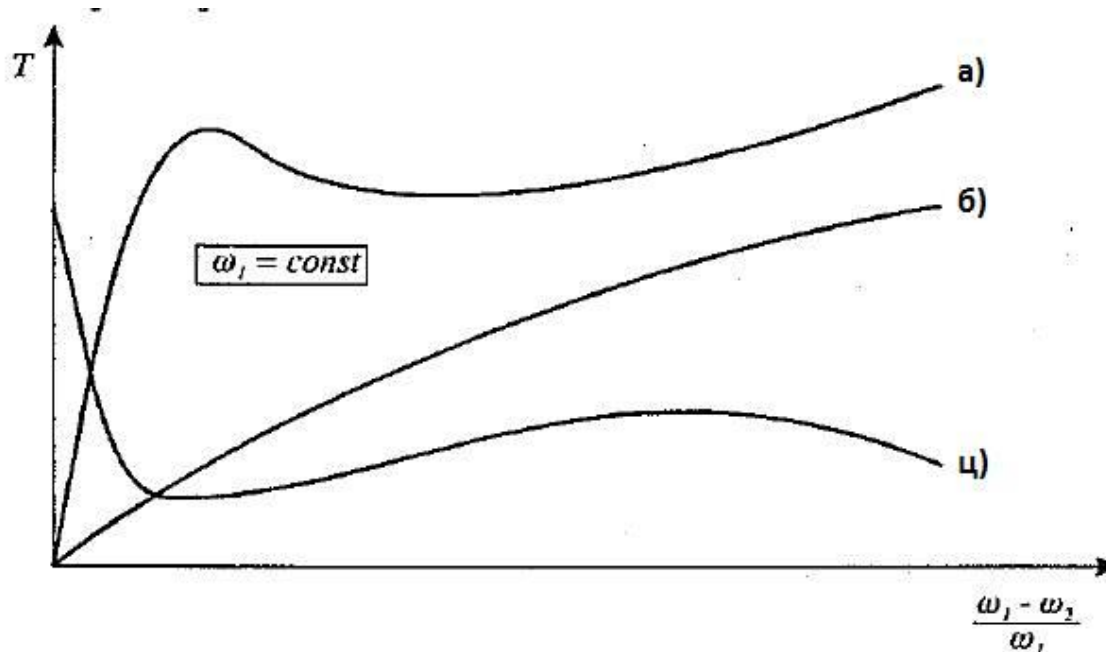
5.1 Индукционе спојнице

Индукционе спојнице преносе обртни момент преко магнетног обртног поља. Индукциона спојница (Слика 5.1) се састоји од полутке спојнице (1,4), побудног калема (2) са системом полова (3), индукционог прстена (5) и клизних прстенова (6). Оне преносе обртни момент без додира полутки спојница. То омогућује еластичност у преносу обртног момента уз пригушење вибрационих и ударних оптерећења. Сама спојница има знатну масу, тако да су при честом укључивању и искључивању губици енергије знатни због убрзања замајних маса [3,5,6].



Слика 5.1.1 – Приказ индукционе спојнице

Индукционе спојнице се израђују са различитим конструкционим решењима индукционог прстена, чиме може да се утиче на њихове радне карактеристике. Разликују се *асинхроне* и *синхроне спојнице*, као и *спојнице са Вирбеловим струјама*. Ток промене обртног момента ових спојница при укључивању приказан је на слици 5.1.2 [11].



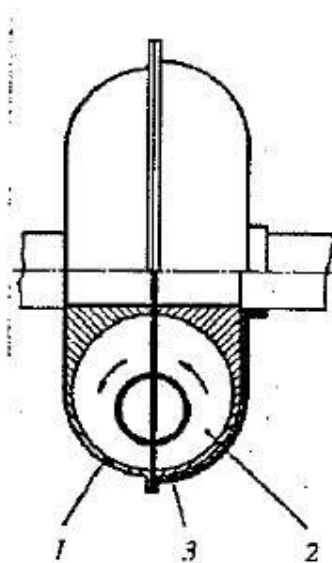
Слика 5.1.2 – Полазни momenti код индукционих спојница: а) асинхрона спојница; б) спојница са Вирбеловим струјама; ц) синхрона спојница.

Асинхрона и спојница са Вирбеловим струјама, преносе обртни момент само уколико постоји разлика између угаоних брзина погонског и гоњеног вратила, односно ако постоји клизање између полутки спојница. Обртни момент је утолико већи, уколико је разлика угаоних брзина већа. Синхроне индукционе спојнице раде без клизања, односно угаоне брзине погонског и гоњеног вратила се не разликују. Због тога имају високе степене искоришћења. Ове спојнице могу да се примене и као сигурносне спојнице. Величина обртног момента који преносе, може се регулисати преко побудне струје. При прекорачењу подешене максималне вредности обртног момента, спојница излази из погона, а затим се обртни момент смањује на номиналну вредност [5,6].

5.2 Хидродинамичке спојнице

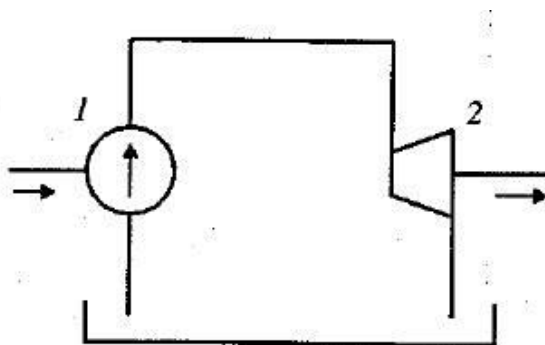
Хидродинамичке спојнице настале су 1905. године. Тада су означене као струјне спојнице. Хидродинамичке спојнице раде помоћу течности.

Хидродинамичка спојница (Слика 5.2.1) се састоји од пумпног кола (1), турбинског кола (2) и омотача (3). Коло пумпе везано је за предајно, а коло турбине за пријемно вратило. При окретању кола пумпе, уље почиње да циркулише и улази у коло турбине где делује на лопатице и доводи до обртања кола турбине односно пријемног вратила. Ове спојнице могу се користити за пренос снаге од 1 kW до 1500 kW [3].



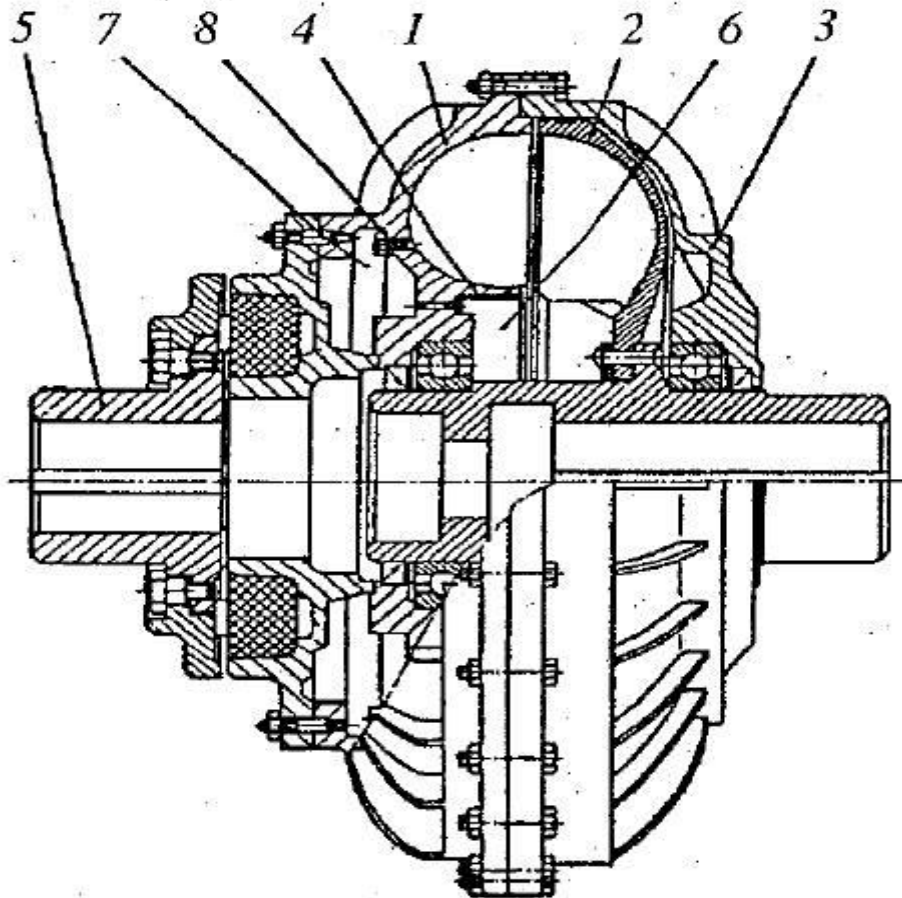
Слика 5.2.1 – Приказ хидродинамичке спојнице

Рад ових спојница такође се заснива на коришћењу кинетичке енергије струјне течности малог притиска. Принцип рада је приказан на слици 5.2.2. Спојница се састоји од пумпе са турбином. Пумпа (1) претвара механичку енергију погонског вратила у кинетичку енергију течности, која се затим у турбини поново претвара у механичку енергију гоњеног вратила [5,6,11].



Слика 5.2.2 – Принцип рада хидродинамичке спојнице

Најчешћу примену налазе хидродинамичке спојнице са константним пуњењем. Могу да се примене и као спојнице за упуштање у рад и као сигурносне спојнице. Конструкционе извођење ових спојница је приказано на слици 5.2.3.



1- пумпно коло; 2- турбинско коло; 3- омотач; 4- лопатица;

5- еластична спојница; 6- предкомора; 7- допунска комора; 8- млазница.

Слика 5.2.3 – Хидродинамичка спојница са константним пуњењем уља

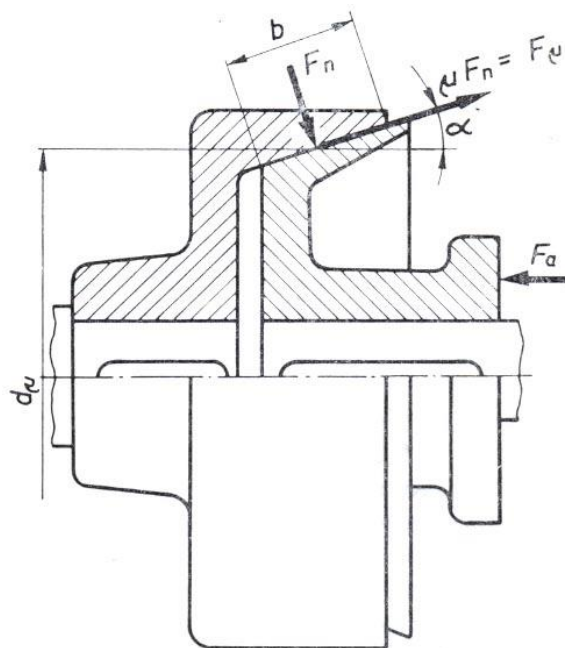
Постоје и хидродинамичке спојнице са променљивим пуњењем. Оне припадају укључним-искључним спојницама. Код њих је могућа континуална промена обртаја са могућношћу управљања. Користе се и као спојнице за упуштање [5,6].

6. Пример прорачуна спојница

Пример 1 :

Фрикциона спојница са коничним додирним површинама преноси снагу од 15 kW при учестаности обртања вратила 300 min⁻¹. Радна машина ради са средњим ударима. Средњи пречник коничне додирне површине је 400 mm, а угао конуса 16°. Коефицијент трења на додирном површинама је 0,16, а степен сигурности против клизања 1,5. Ширина додирних површина је 40 mm. Материјал парова фрикционих површина: каљени челик / синтеровани материјал.

Одредити гранични момент трења спојнице и проверити вредност површинског притиска на додирним површинама.



Слика 6.1 – Фрикциона спојница са коничним додирним површинама

Решење :

Угаона брзина према датом броју обртаја:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 300}{30} = 31,4 \text{ s}^{-1}$$

Номинална вредност обртног момента који преноси спојница:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{15 \cdot 10^3}{31,4} = 477,707 \text{ Nm}$$

Средњи полупречник момента трења:

$$r_{\mu} = \frac{d_{\mu}}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ mm}$$

Фактор радних услова (фактор удара), на основу Табеле 2.8.1 [4] је $K_A = 1,25$.

Номинална сила притиска на додирним површинама:

$$F_n = \frac{S_{\mu} \cdot K_A \cdot T}{\mu \cdot r_{\mu}} = \frac{1,5 \cdot 1,25 \cdot 477,70,7}{0,16 \cdot 0,2} = 27990,625 \text{ N}$$

Гранична вредност момента трења:

$$[T_{\mu}] = \mu \cdot F_n \cdot r_{\mu} = 0,16 \cdot 27990,625 \cdot 200 = 895,700 \text{ Nmm}$$

Површински притисак на додирним површинама:

$$p = \frac{F_n}{A} \leq p_{\text{doz}}$$

$p_{\text{doz}} = 0,5 \div 2,0 \text{ N/mm}^2$, за каљени челик/ синтеровани материјал на основу Табеле 9.1.1 [4].

$$p = \frac{F_n}{A} = \frac{F_n}{\pi \cdot d_{\mu} \cdot b_p} = \frac{27990,625}{50240} = 0,557 \leq p_{\text{doz}}$$

Пример 2:

Вратила електромотора и радне машине (дробилице) спојена су фрикционом спојницом са ламелама.

Одредити силу потребну за укључивање спојнице и проверити површински притисак додирних површина ламела спојнице.

Подаци су:

- Снага на спојници: $P_s=20 \text{ kW}$;
- Број обртаја спојнице: $n_s=60 \text{ s}^{-1}$;
- Број ламела на улазном вратилу је 5, а на излазном вратилу је 6;
- Фрикциони пречници: $d_s=95 \text{ mm}$; $d_u=70 \text{ mm}$;
- Степен сигурности против клизања: $S_\mu = 1,2$;
- Материјал парова фрикционих површина каљени челик/каљени челик;
- Подмазивање прскањем.



Слика 6.2 – Фрикциона спојница са ламелама

Решење :

Угаона брзина према датом броју обртаја:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 = 376,8 \text{ s}^{-1}$$

Номинална вредност обртног момента који преноси спојница:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{20 \cdot 10^3}{376,8} = 53,078 \text{ Nmm}$$

Фрикциони полупречници:

$$r_s = \frac{d_s}{2} = \frac{95}{2} = 47,5 \text{ mm}$$

$$r_u = \frac{d_u}{2} = \frac{70}{2} = 35 \text{ mm}$$

Број додирних површина [12]:

$$i = z_1 + z_2 - 1 = 10$$

Фактор радних услова (фактор удара), на основу Табеле 2.8.1 [4] је $K_A = 1,5$.

Средњи полупречник момента трења:

$$r_\mu = \frac{2}{3} = \frac{r_s^3 - r_u^3}{r_s^2 - r_u^2} = \frac{2}{3} \frac{47,5^3 - 35^3}{47,5^2 - 35^2} = 41,565 \text{ mm}$$

Коефицијент трења, на основу табеле 9.1.1 [4] је $\mu = 0,03 \div 0,06$.

Сила потребна за укључивање спојнице:

$$F_n = \frac{S_\mu \cdot K_A \cdot T}{i \cdot \mu \cdot r_\mu} = \frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 53,078 \cdot 10^3}{10 \cdot 0,06 \cdot 41,565} = 3830,963 \text{ N}$$

Додирна површина једног пара ламела:

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right)(d_s^2 - d_u^2) = 0,785 \cdot (95^2 - 70^2) = 3238,125 \text{ mm}^2$$

Површински притисак на додирним површинама:

$$p = \frac{F_n}{A} \leq p_{\text{doz}}$$

$p_{\text{doz}} = 0,5 \div 2 \text{ N/mm}^2$, за каљени челик/ каљени челик на основу Табеле 9.1.1 [4].

$$p = \frac{F_n}{A} = \frac{3830,963}{3238,125} = 1,183 \text{ N/mm}^2 \leq p_{\text{doz}}$$

7. Закључак

Спојнице спадају у врло применљиве машинске елементе, а због своје основне функције, преноса снаге, врло су одговоран део. Због свега тога њиховом пројектовању и развоју придаје се велика пажња.

При пројектовању спојница треба водити рачуна о томе да габарити и маса буду што мањи, уз максимално повећање преносног момента, односно снаге која се преноси. Поред тога битно је да раде у широком дијапазону бројева обртаја, при чему морају обезбедити што мирнији и безбеднији рад, без удара и уз компензацију аксијалних, радијалних и угаоних неправилности насталих при постављању и током рада спојница. Као резултат свих ових захтева који се постављају пред њих данас је развијен велики број различитих врста спојница.

Веома битну улогу, као и велику примену имају укључно-искључне или раздвојиве спојнице. Ове спојнице омогућавају успостављање и прекидање везе спојених делова у стању мировања, али и у току рада. Постоји велики број различитих типова укључно-искључних спојница. Оне се веома разликују по свом саставу, као и према начину примене. Класификација укључно-искључних спојница се може извршити на више различитих начина, што је и описано у раду. Детаљнија анализа је урађена само за она конструкциона решења која се најчешће користе у пракси.

Стандардизација и унификација спојница је један од битних проблема који је потребно решити, али због разноликости конструкција то није једноставно. Ово је нарочито битно због тога што је данас у свету присутна тенденција да се стандардизују читави склопови, па у оквиру тога и спојнице. То би све појефтинило и убрзало развој машиноградње уопште.

У будуће, као и до сада, спојнице ће имати битну улогу у решавању конструктивних и технолошких проблема који се јављају.

Литература

- [1] Иван С. Крстић, Анализа еластичних фрикционих аутомобилских спојница, мастер рад, Крагујевац, 2014
- [2] Александар С. Милошевић, Спојнице-конструктивна решења, семинарски рад, Ниш, 2013.
- [3] Decker K, Елементи стројева, Техничка књига, Загреб, 1989.
- [4] Вера Николић, Машински елементи, Крагујевац, 2004
- [5] Војислав Милтеновић, Милосав Огњановић, Машински елементи III – елементи за обртно кретање, течности и гасове, Ниш-Београд, 1995.
- [6] Војислав Милтеновић, Машински елементи облици, прорачун, примена, Ниш, 2001
- [7] Александар С. Милошевић, Раздвојиве спојнице - укључно-искључне спојнице, семинарски рад, Ниш, 2013.
- [8] Душан Ј. Витас, Милан Д. Трбојевић, Машински елементи 2, Београд, 1978.
- [9] Борис Ђуровић, Фрикционе спојнице, семинарски рад, Требиње, 2014.
- [10] Александра Момчиловић, 3D модел једносмерне спојнице, дипломски рад, Крагујевац, 2012.
- [11] Ненад Костић, Центрифугалне спојнице, дипломски рад, Крагујевац, 2008.
- [12] Вера Николић, Зорица Ђорђевић, Мирко Благојевић, Машински елементи-збирка задатака, Крагујевац, 2008.

У оквиру овог рада кандидат треба да уради:

1. Увод,
2. Основне карактеристике и подела спојница,
3. Споља (даљински) управљане укључно-искључне спојнице (канцасте, зупчасте,...),
4. Спојнице са самоукључивањем и самоискључивањем (сигурносне, центрифугалне и једносмерне спојнице),
5. Индукционе и хидродинамичке спојнице,
6. Пример прорачуна спојница,
7. Закључак.

Препоручена литература:

- [1] Вера Николић, Машински елементи – теорија, прорачун, примери, Крагујевац, 2004.
- [2] Војислав Милтеновић, Машински елементи облици, прорачун, примена, Ниш, 2001.
- [3] Душан Ј. Витас, Милан Д. Трбојевић, Машински елементи 2, Београд, 1978.

Крагујевац, 2015.

Ментор:

Др Зорица Ђорђевић, ванр.проф
