

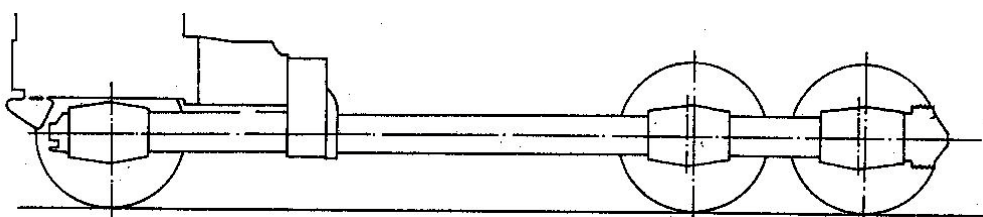
4 Spojovací a kloubové hřídele

Spojovací a kloubové hřídele jsou určeny ke stálému přenosu točivého momentu mezi jednotlivými částmi převodného ústrojí.

4.1 Spojovací hřídele

Spojovací hřídele zajišťují spojení sousých částí převodného ústrojí, jejichž vzájemná poloha se při provozu vozidla nemění.

Používají se v případech, kdy jednotlivé části převodného ústrojí jsou konstrukčně pevně spojeny a tvoří část nosného rámu vozidla. Typickým příkladem zde mohou posloužit nákladní vozidla Tatra s páteřovým rámem (obr. 4.1).



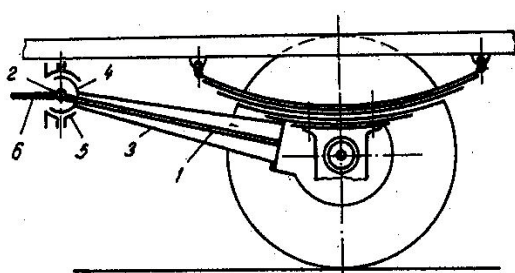
Obr. 4.1: Nákladní vozidlo s páteřovým rámem

4.2 Kloubové hřídele

Kloubové hřídele slouží ke spojení částí převodného ústrojí, které nemají sousé hřídele nebo svoji vzájemnou polohu při provozu vozidla mění.

Tento případ přenosu točivého momentu mezi konstrukčními skupinami kolových vozidel je daleko častější. Kloubové hřídele mohou mít jeden, dva nebo tři klouby.

Nejjednodušší je **kloubový hřídel s jedním kloubem**. Toto jednoduché uspořádání však způsobuje nerovnoměrné otáčení výstupního hřídele. I když se vstupní hřídel otáčí rovnoměrně, úhlová rychlost výstupního hřídele se během jedné otáčky mění. Nerovnoměrnost závisí na velikosti úhlu výklonu spojovaných hřídelí.



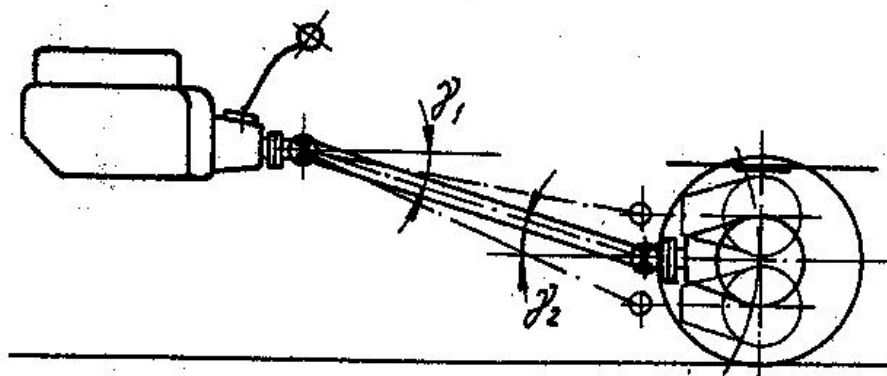
- 1 - kloubový hřídel,
- 2 - kloub,
- 3 - surná trouba kloubového hřídele,
- 4 - surná koule kulového závěsu,
- 5 - kulová pánev kulového závěsu,
- 6 - hřídel poháněný převodovkou.

Obr. 4.2: Kloubový hřídel s jedním kloubem

Kloubový hřídel s jedním kloubem se používal u některých starších automobilů ke spojení převodovky uložené v rámu vozidla a rozvodovky tvořící část hnací nápravy vozidla (obr.

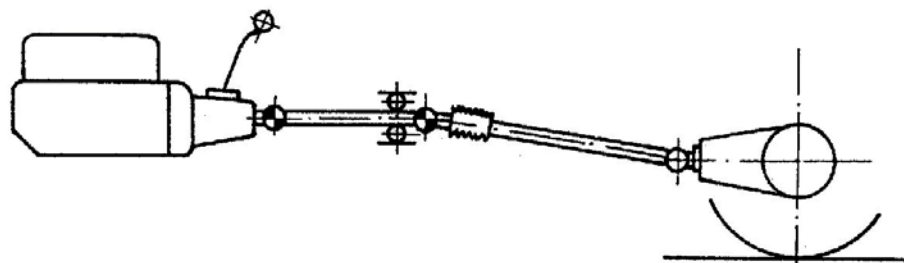
4.2). Při tomto jednoduchém uspořádání je nezbytné zachytit reakční moment hnací nápravy a hnací resp. brzdě síly, například upevněním trouby kloubového hřídele k příčce rámu pomocí suvného kulového závěsu.

U moderních vozidel se nejčastěji používají **kloubové hřídele se dvěma klouby** (obr. 4.3). Používají se především ke spojení odpružené skupiny s neodpruženou skupinou, jejichž vzájemná poloha se mění vlivem pružení vozidla, ale také ke spojení skupin, které obě patří k odpruženým hmotám, kdy kloubový hřídel umožňuje změny vzájemné polohy hřídelů, ke kterým dochází vlivem pružného uložení v rámu, případně kompenzuje deformace rámu a výrobní nebo montážní nepřesnosti.



Obr. 4.3: Kloubový hřídel se dvěma klouby

Kloubový hřídel se třemi klouby se používá z prostorových důvodů, nebo ke zkrácení délky kloubového hřídele pro zajištění vyšších kritických otáček hřídelů (jsou nepřímo úměrné druhé mocnině délky hřídelů). Kloubový hřídel se třemi klouby je uprostřed uložena (obr. 4.4).



Obr. 4.4: Kloubový hřídel se třemi klouby

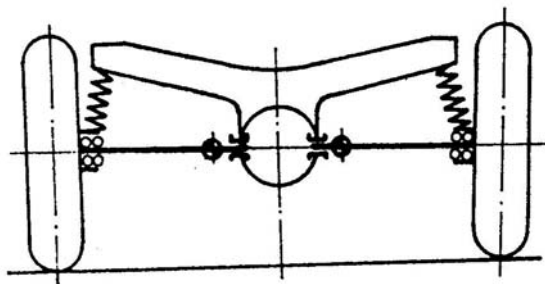
U vozidel s pohonem všech kol se používá větší počet kloubových hřídelů. Točivý moment se může například přenášet z převodovky krátkým kloubovým hřídelem do přídavné rozdělovací převodovky a z ní jedním kloubovým hřídelem k rozvodovce zadní nápravy a druhým kloubovým hřídelem k rozvodovce přední nápravy.

U třínápravových terénních automobilů lze použít tzv. paralelní pohon zadní dvojice náprav, kdy má každá náprava vlastní samostatný pohon, nebo tzv. tandemový (průchozí) pohon zadní dvojice náprav. V případě samostatného pohonu každé z dvojice zadních náprav bývá dlouhý kloubový hřídel uložen v opěrném ložisku, připevněném buďto k rámu vozidla, nebo k prostřední nápravě.

Kromě pohonu náprav se kloubových hřídelů často používá i k pohonu účelových zařízení vozidel jako je naviják, lodní šroub atd.

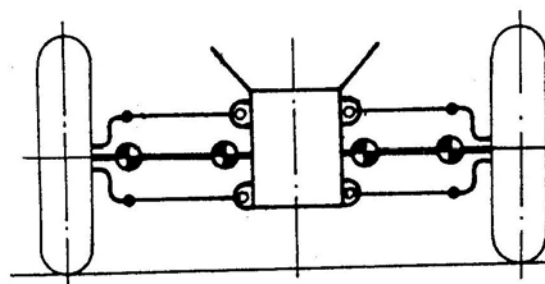
Příčné kloubové hřídele

Příčné kloubové hřídele se používají u automobilů s výkyvnými polonápravami, kdy rozvodovka tvoří součást odpružené hmoty vozidla a kola vozidla při pružení vykyvují. Hnací hřídel kol musí mít nejméně jeden kloub (obr. 5.8).



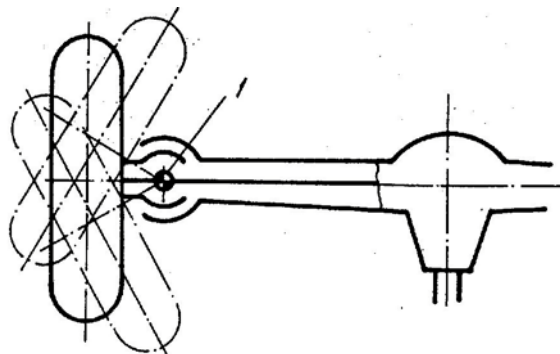
Obr. 5.8: Hnací hřídele kol

U čtyřúhelníkových výkyvných náprav, kdy je každé kolo zavěšeno na dvou příčných ramenech, musí mít hnací hřídele kol z kinematických důvodů dva klouby (obr. 5.9).



Obr. 5.9: Hnací hřídele čtyřúhelníkové nápravy

U vozidel s pohonem předních kol musí mít hnací hřídele kol po jednom kloubu, které umožní výklon kol při řízení vozidla (obr. 5.10). Má-li takové vozidlo i výkyvnou polonápravu, musí mít každá hřídel dva klouby dle schématu na obr. 5.9., jeden v rozvodovce nebo blízko ní, druhý v ose rejdového čepu.



Obr. 5.10: Hnací hřídel řídicích kol

Kloubové hřídele spojující dvě převodná ústrojí, jejichž vzájemná poloha se ze provozu vozidla mění mívají výklon os cca 15 - 20°. Kloubové hřídele zajišťující řízení vozidla musejí umožnit výklon až 25 - 45°.

Požadavky na spojovací a kloubové hřídele

Kloubové hřídele musí zajistit:

- spolehlivý přenos točivého momentu v požadovaném rozmezí výklonu os spojovaných částí,
- synchronní pohyb spojovaných částí,
- klidný chod - kritické otáčky hřídelí musí být vždy vyšší než jejich maximální provozní otáčky.

Poznámky ke konstrukci spojovacích a kloubových hřídelí

Spojovací i kloubové hřídele mají vždy kruhový průřez a jsou většinou zhotoveny z tenkostěnných trubek, čímž je dosaženo jejich vyšších kritických otáček. Z plného materiálu se dělají pouze krátké nebo vícekrát uložené hřídele s nízkými otáčkami, např. hnací hřídele kol. Kritické otáčky lze určit dle vztahu:

$$\omega_{kr} = 1,28 \cdot 10^4 \cdot \frac{\sqrt{D^2 - d^2}}{l^2}, \text{ resp. } \omega_{kr} = 1,28 \cdot 10^4 \cdot \frac{D}{l^2} \text{ [rad / s]},$$

kde D je vnější průměr trubky kloubového hřídele,

d je její vnitřní průměr hřídele,

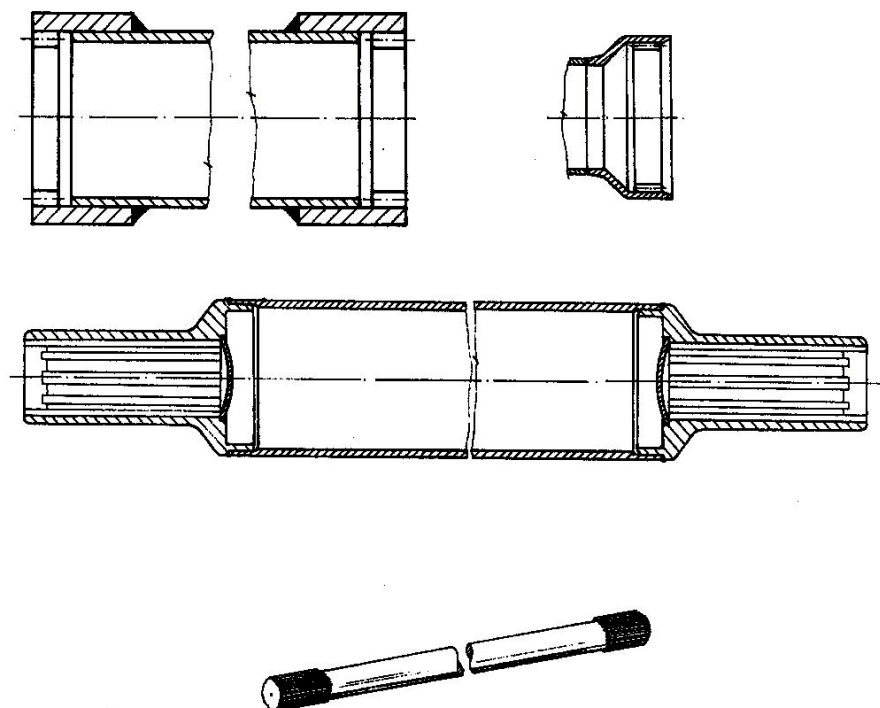
l je délka hřídele.

Vzhledem k možné menší tuhosti, případné nevyváženosti a vůli je třeba takto určené kritické otáčky snížit na 60 - 80%.

Konce hřídelů jsou uzpůsobeny pro připojení spojovaných částí.

Spojovací hřídele

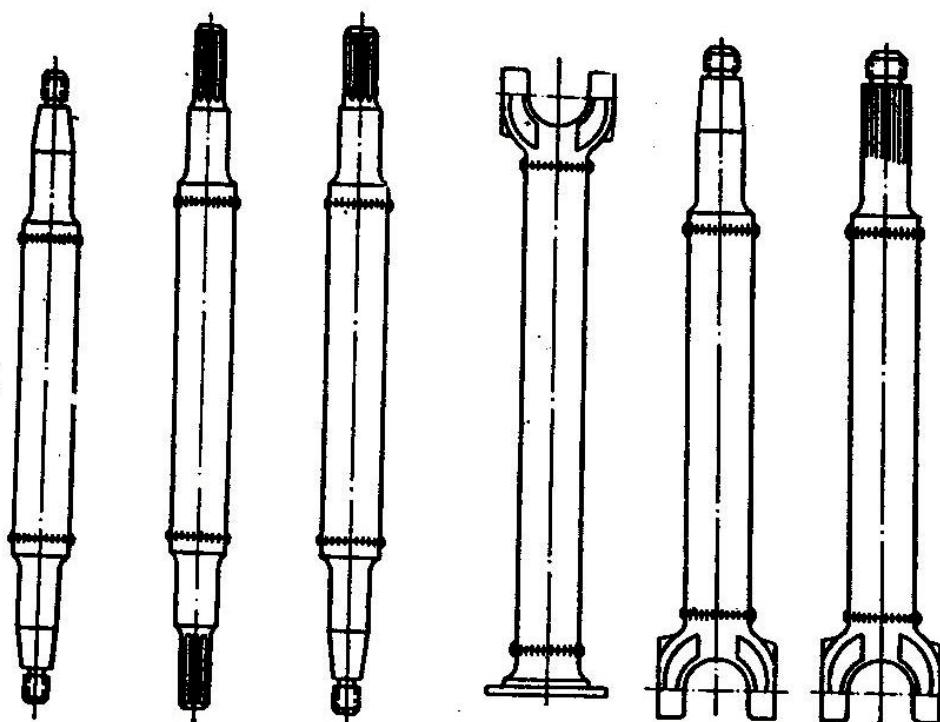
Duté spojovací hřídele bývají opatřeny přivařenými drážkovanými unášeči případně drážkovanými nástavci. Na koncích plných spojovacích hřídelí bývají drážky (obr. 5.11).



Obr. 5.11: Konstrukce spojovacích hřídelů

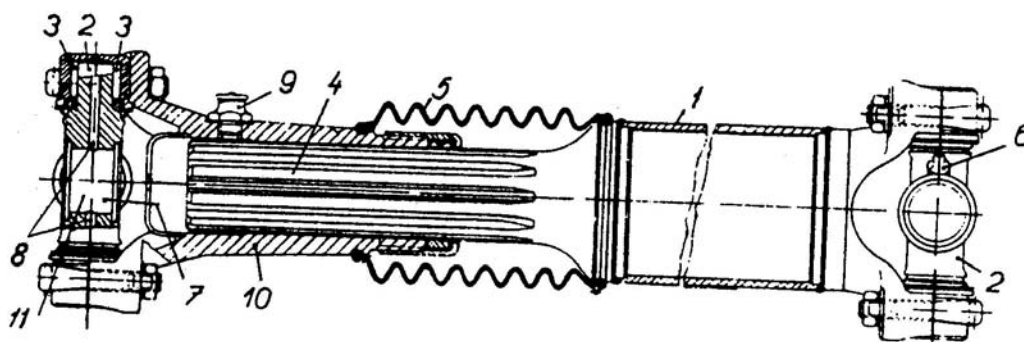
Kloubové hřídele

Kloubové hřídele bývají zakončené kuželovým nástavcem, drážkovaným nástavcem, unášečem s přírubou, dvouramenným unášečem nebo jejich kombinacemi (obr. 5.12).



Obr. 5.12: Konstrukční provedení kloubových hřídelů

V případech, kdy se při vzájemné změně polohy spojovaných částí, mění i délka kloubového hřídele je nezbytné provedení s drážkovaným nástavcem po němž se posouvá unášec. Drážkové spojení je třeba mazat a chránit před nečistotami. Takovou situaci ilustruje obr. 5.13.

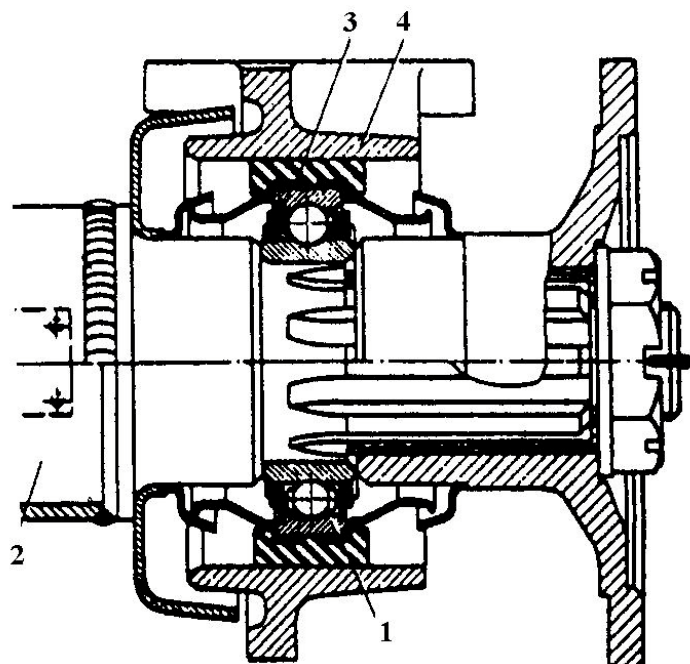


Obr. 5.13: Kompletní kloubový hřídel s kompenzací délky

Drážky jsou mazány mazací hlavici 9 a chráněny před znečištěním ochrannou pryžovou manžetou 5. Přebytečný tuk se shromažďuje v prostoru 7. Čepy 2 křížového kloubu a jehlové ložisko 3 jsou mazány mazivem přiváděným otvory 8 z prostoru 11, kam je dodáván hlavici 6.

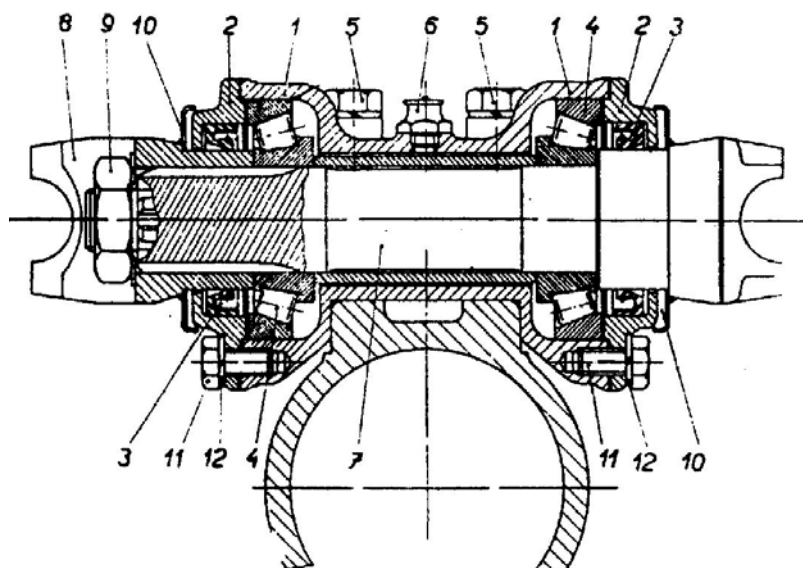
Je-li konstruován kloubový hřídel dělený na dvě části, je nutno jej uprostřed uložit. U některých osobních automobilů se uložení provádí v jediném valivém ložisku (obr. 5.14).

Nástavec dutého hřídele je uložen ve vnitřním kroužku kuličkového ložiska 1, jehož vnější kroužek je vložen do pružného pryžového pouzdra ve válcovém otvoru závěsné konzoly 4.



Obr. 5.14: Uložení kloubového hřídele u osobního automobilu

U nákladních automobilů se konstruuje uložení ve dvou ložiscích (obr. 5.15). Kloubový hřídel pohánějící třetí nápravu je uložen v kuželíkových ložiscích 4, umístěných ve skřínce ložisek 1, která je přišroubovaná čtyřmi šrouby 5 k druhé (prostřední) nápravě. Střední krátká spojovací část 7 kloubového hřídele má na předním (levém) konci drážkování pro unášec 8, k němuž je připojen křížový kloub předního dílu kloubového hřídele. Zadní (pravý) konec spojovacího hřídele 7 je vytvořen přímo jako unášec pro připojení křížového kloubu zadního dílu kloubového hřídele. Provozní předpětí ložisek 4 je zajištěno oběma unášeci, rozpěrnou trubkou mezi ložisky a maticí 9. Skříňka je uzavřena víčky 2, přišroubovanými šrouby 11. Mazání je zajištěno mazací hlavicí 6, úniku maziva brání hřídelová těsnění 3, chráněná odstříkovacími kroužky 10.



Obr. 5.15: Uložení kloubového hřídele u nákladního automobilu se dvěma hnacími nápravami

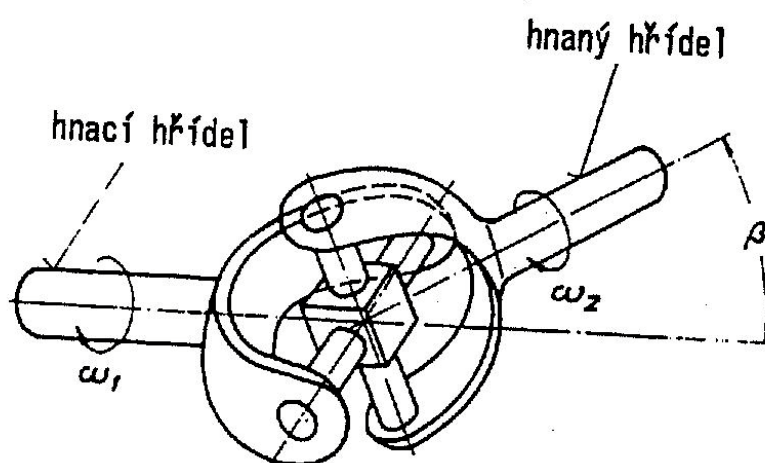
Kinematika kloubových hřídelů

Rotační spojení dvou různoběžných hřídelů umožňuje křížový „kardanův“ kloub (obr. 5.16). Jedná se o sférický mechanismus, u kterého lze odvodit základní vztah pro úhel otočení výstupního hnaného hřídele α_2 v závislosti na úhlu otočení vstupního hnacího hřídele α_1 a úhlu, který svírají osy otáčení hnacího a hnaného hřídele β a vztah pro relativní natočení $\alpha_2 - \alpha_1$ (tzv. kardanová chyba):

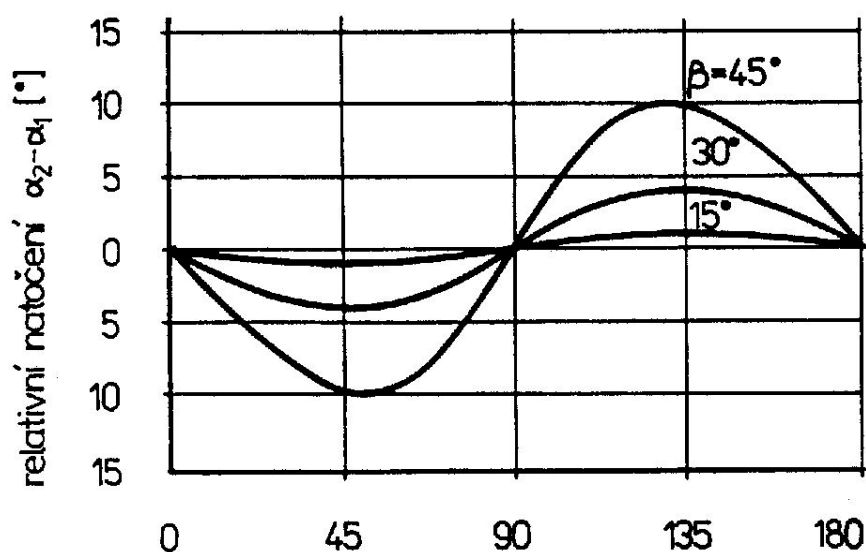
$$\alpha_2 = \arctg \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \beta},$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \arctg \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \beta} - \alpha_1.$$

Diagram závislosti relativního natočení pro různé úhly sklonu hřídelů β je na obrázku 5.17.



Obr. 5.16: Princip křížového kloubu



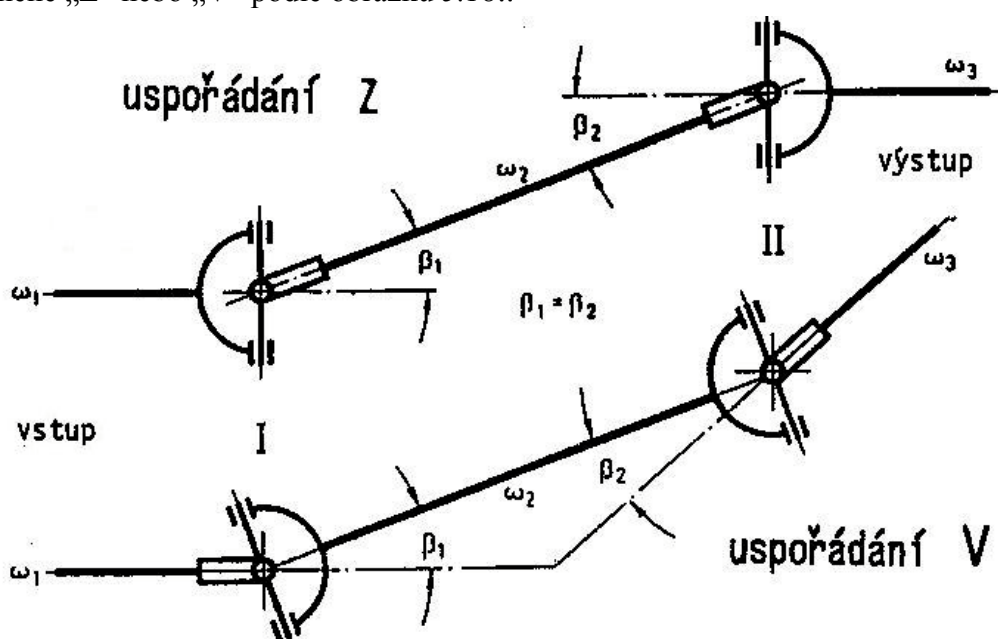
Obr. 5.17: Diagram relativního natočení $\alpha_2 - \alpha_1$ v závislosti na α_1 a β

Dále je třeba definovat převodový poměr křížového kloubu ω_2/ω_1 a stupeň nerovnoměrnosti chodu křížového kloubu U :

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\frac{d\alpha_2}{dt}}{\frac{d\alpha_1}{dt}} = \frac{\cos \beta}{1 - \sin^2 \beta \cdot \sin^2 \alpha_1} \text{ a}$$

$$U = \frac{\omega_{2\max} - \omega_{2\min}}{\omega_1} = \frac{1}{\cos \beta} - \cos \beta = \frac{\sin^2 \beta}{\cos \beta} = \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \beta .$$

Nerovnoměrnost křížového kloubu roste progresivně s růstem úhlu β . K tomu aby se nerovnoměrnost otáčení odstranila, konstruuji se tři hřídele s dvěma křížovými klouby do tvaru písmene „Z“ nebo „V“ podle obrázku 5.18.:



Obr. 5.18: Uspořádání kloubových hřídelů pro odstranění nerovnoměrnosti otáčení

K tomu, aby se dosáhlo rovnoměrnosti (stejnoběžnosti, homokinetiky) otáčení vstupního a výstupního hřídele, tj. $\omega_3 = \omega_1$ a $\alpha_3 = \alpha_1$, je nezbytné splnit tři podmínky:

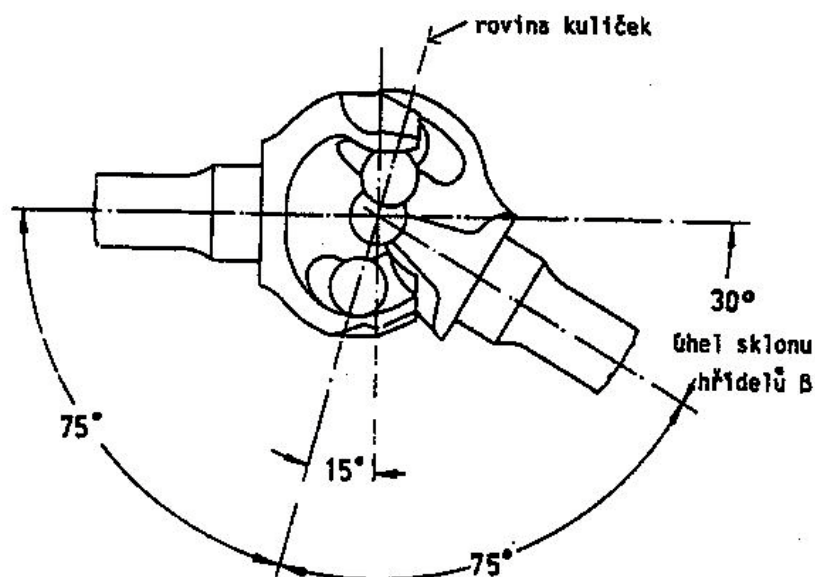
- úhly β_1 a β_2 se musejí navzájem rovnat: $\beta_1 = \beta_2$,
- obě rozvidlení středního hřídele musí ležet v jedné rovině,
- všechny tři hřídele musí ležet v jedné rovině, v opačném případě by nebyla splněna podmínka stejných úhlů β_1, β_2 .

Při splnění uvedených podmínek se nerovnoměrně otáčí pouze vložený prostřední hřídel, který proto musí mít pokud možno malou hmotnost a malý moment setrvačnosti, aby nevznikaly velké síly namáhající celý mechanismus.

Stejnoběžné klouby

Princip stejnoběžného kloubu je stejný jako vysvětlený princip tří hřídelů se dvěma křížovými klouby. Pouze vložený spojovací hřídel je u nich zkrácen na minimum.

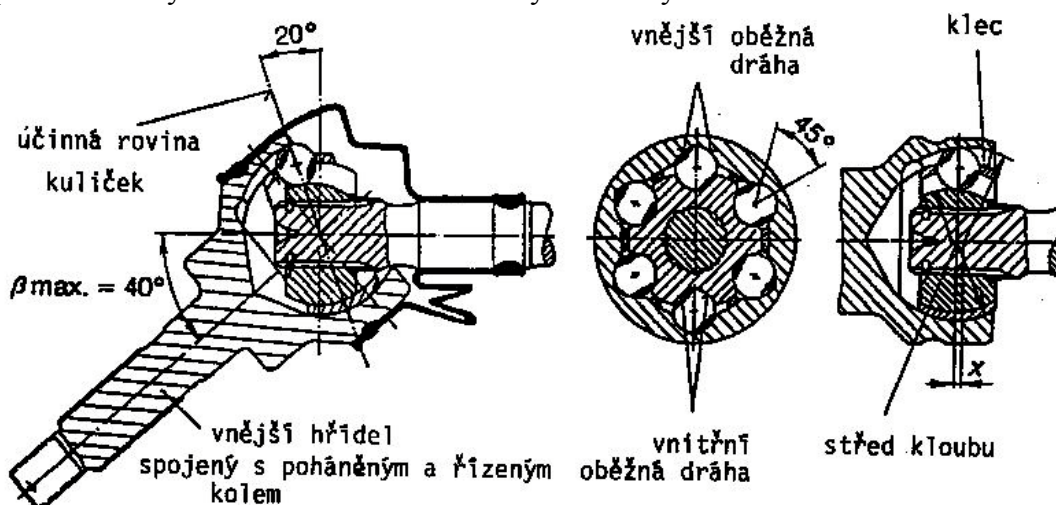
Stejnoběžnosti se dosáhne tehdy, pokud odklon roviny, ve které se uskutečňuje silový přenos, od roviny kolmé k ose otáčení vstupního i výstupního hřídele je roven poloviční hodnotě úhlu sklonu obou hřídelů (obr. 5.19).



Obr. 5.18: Schéma homokinetického kloubu

Stejnoběžné klouby jsou nezbytné například v konstrukci přední hnací nápravy, kdy její kola jsou řízena a současně přenášejí i hnací moment. V takovém případě nelze k odstranění nerovnoměrnosti křížového kloubu montovat dva křížové klouby, protože při proměnlivém rejdu kola by nebyly splněny výše uvedené podmínky stejnoběžnosti.

U osobních automobilů s předním pohonem se používají homokinetické kuličkové klouby. Jejich nerovnoměrnost je teoreticky nulová, jsou kompaktní a dostatečně spolehlivé. Síly jsou přenášeny prostřednictvím čtyř nebo šesti kuliček (obr. 5.19), které se odvalují po kruhových drahách vytvořených na vidlicích kloubu. Výhodou je i skutečnost, že mají určitý vlastní délkový posuv. Tato konstrukce tedy nevyžaduje žádný délku kompensující kus jako je tomu v případě kloubových hřídelů se dvěma křížovými klouby.



Obr. 5.19: Konstrukční provedení stejnoběžného kloubu přední poháněné nápravy