

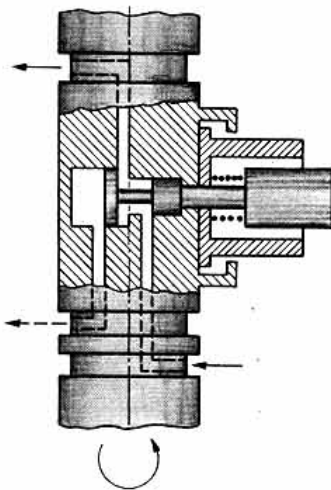
gedi az olajat a  $K_1$  és az  $F_1$  kamrából, a  $K_1$  old, az  $F_1$  pedig — mivel a bal szélső kamra nyomás alatt marad — visszazár (III. fokozat). További sebességnövekedés esetén a 2 dugattyú is előbb-utóbb elmozdul, s az 5 szelep által kiürített kamrákat — az 5 szelepen keresztül — újból feltölti, tehát a  $K_1$  zár, és az  $F_1$  old (IV. fokozat).

Ha a sebességnövekedés bármilyen értéknél csökkenésbe fordul, akkor az automatika — ugyanolyan sorrendben, ahogy előrekapcsolt — visszakapcsol alacsonyabb fokozatokba.

Az egyes fokozatokba való átkapcsolások (előre- vagy visszakapcsolások) nem mindig ugyanakkora sebességeknél következnek be. A 2, 3 és 4 átkapcsoló dugattyú bal oldalára ugyanis nem állandó értékű rugóerő hat, hanem a gázpedál állásától függő nyomóerő. Ez azt jelenti, hogy pl. ugyanabba a fokozatba „később” (nagyobb sebességnél) kapcsol át (előre), ha „húzzuk” a kocsit, mint ha csak kényelmesen, lassan gyorsítunk.

Majdnem mindegyik automatikánál szerepelt egy olyan nyomásszabályozó, amelyik a sebességgel (fordulatszám) arányos nyomást állít elő. A 267. ábra mutat egy példát ilyen szerkezetre. Érdekessége, hogy a rőpsúly két részből áll, ami a  $p=f(n)$  karakterisztikát kedvezőbbé teszi. (Hogyan?)

Az utóbbi időben a hidraulikus automatikát elektronikával kombinálják. Elsősorban a sebesség és a gázpedálállás érzékelésére használnak elektromos jeleket, amelyek kis számítógépen keresztül mágneses szelepeket vezérelnek. Hála az elektronikának, az ilyen szerkezetek felépítése sokkal egyszerűbb, reakciókészségük nagyobb, és az üzemeltetésben is megbízhatóbbak.



267. ábra

## C) A kerekek hajtása

### 1. Kardántengelyek

Kardáncsuklók, illetve kardántengelyek alkalmazására azért van szükség, mert a gépkocsi erőátviteli berendezései egymáshoz képest általában elmozdulhatnak. A motort, a tengelykapcsolót és a váltóművet még gyakran mereven összeszerelik, de pl. a differenciálmű legtöbbször a kocsitesthez képest olyan nagy elmozdulásokat végez (a rugózás következtében), hogy mereven nem kapcsolható a váltóműhöz. Az összekötő tengelynek tehát olyannak kell lennie, hogy a két szerkezet egymáshoz viszonyított mozgását ne zavarja, de a nyomatékot folyamatosan és üzembiztosan átvigye. A relatív mozgás következtében ennek a tengelynek részben tengelykitéréseket, részben hosszváltozásokat kell áthidalnia.

A kardántengely két fő részből áll: csuklóból és magából a tengelyből.

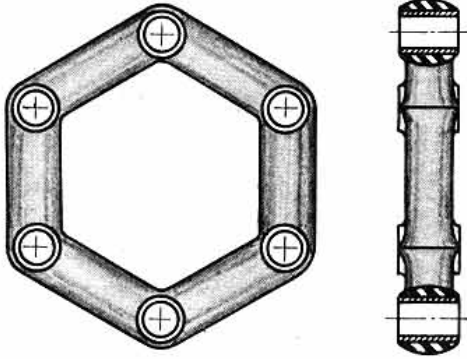
Az egyszerű kardáncsuklónak két fő típusa ismeretes: a rugalmas deformáción alapuló Hardy-tárcsa és ennek változatai, valamint a Hooke (kardánkereszt) csukló.

A közismert Hardy-tárcsa (amely csak 3–4° szögkitérésnél használható) lényeges része a két villa és a köztük levő deformálható anyagból készült tárcsa. A villa lehet két- vagy háromágú, a tárcsa anyaga pedig vászonbetétes gumi vagy vékony acéllemezekből összeállított köteg. Az utóbbi időben tárcsa helyett különleges idomokat használnak. A 268. ábrán például egy hatszögű gumigyűrű látható, a 269. ábrán pedig gumiblokkokból álló egység. Különleges gumibetétes csukló látható a 270. ábrán.

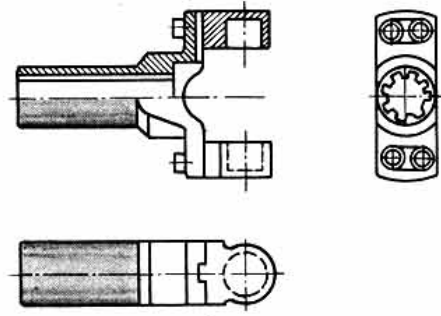
A Hooke-csuklókra a kardánkereszt jellemző (271. ábra), ami régebben néha nem is kereszt volt, hanem gyűrű (272. ábra).

A villát gyakran egy, de néha két vagy három darabból készítik. A 273. ábrán a villa nyele bordás cső, s a villa két vége külön darabból készült, amit utólag két-két csavarral erősítettek fel. (A horony a két fülben levő csapágycsésze egytengelyűségét hivatott biztosítani.) A 274. ábrán a villa nyele szintén külön készült, de a két füle egy darabból van.

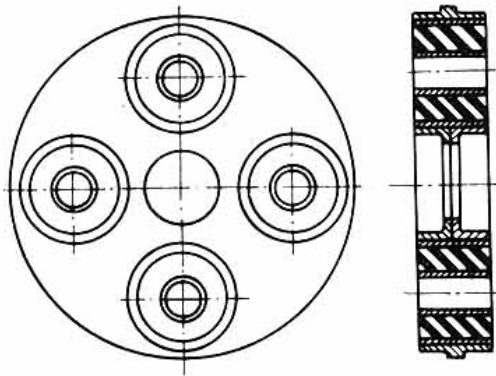
A kereszt csapágyazása a villában elég kényes. Régebben bronzperselyt is használtak a csapágyazáshoz (275. ábra), ilyenkor a persely külső átmérőjét olyan nagyra kell venni, hogy a kereszt vége szereléskor belülről átdugható legyen. A perselyt akkor húzzuk fel, amikor a kereszt már a villában van. Kieresés ellen pl. szeggel biztosítjuk.



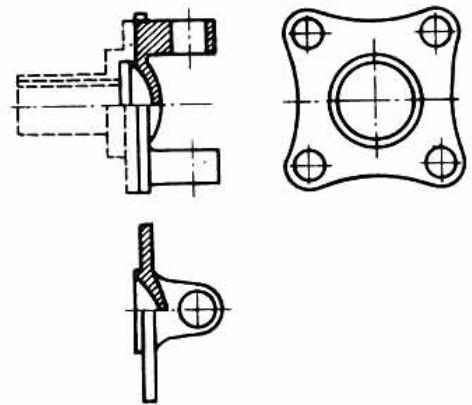
268. ábra



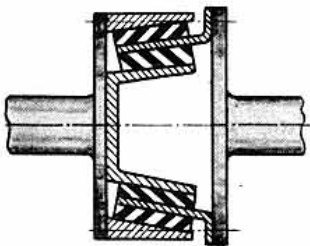
273. ábra



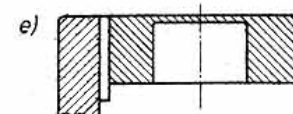
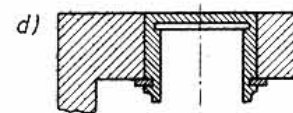
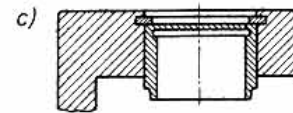
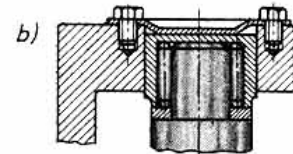
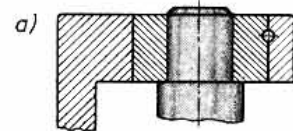
269. ábra



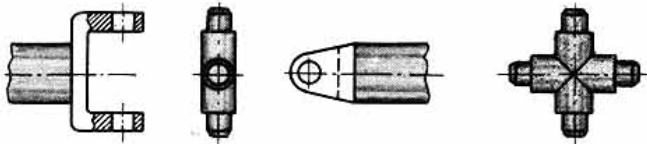
274. ábra



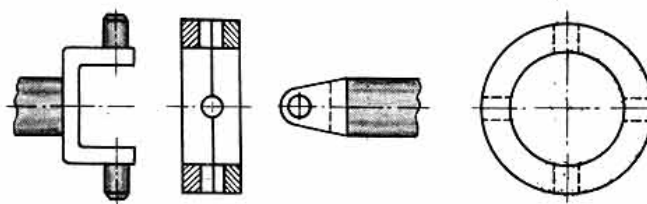
270. ábra



275. ábra



271. ábra



272. ábra

A korszerű kardáncsuklók tűgörgős csapágyazással készülnek. A szerelhetőség végett a villa végén itt is nagyobb átmérőjű furatot kell készíteni, ezért a tűgörgőket külön csészével szereljük. A csészt többféleképpen rögzíthetjük. A *b* ábrán a kívülről felcsavarozott lemez nemcsak a csésze kiesését, hanem az elfordulást is megakadályozza, mert a csésze tetején horony van, amibe a lemezbe benyomott tekernő rész belefekszik.

A *c* és a *d* ábrán a rögzítőgyűrű akadályozza meg a kiesést. Az *e* ábrán nincs külön persely, mert a villa szétszerelhető, s így a kereszt behelyezése nem okoz problémát.

A 276. ábrán külön bemutatunk egy perselyt a rá szerelt tömítéssel és a benne levő tűgörgőkkel együtt.

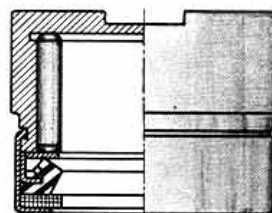
Maga a kardántengely vékony falú, viszonylag nagy átmérőjű cső, hogy kihajlás ellen megfelelő szilárdsága legyen. A villák közül csak az egyiket erősítjük mereven a cső végére, a másikat bordás illesztéssel szereljük (277. ábra), hogy a tengely a hosszát is tudja változtatni.

A kardántengely felerősítése általában nem okoz külön gondot. A 278. ábrán néhány tengelyelrendezést látható. A legfelső rajz szerinti elrendezésben a váltómű kimenő tengelyére szerelt kardáncsukló közvetlenül a differenciál-hajtómű tengelyéhez csatlakozik. A *b* ábra a legáltalánosabb elrendezést mutatja. A *V* tengely a váltóműben, a *D* tengely a differenciál-mű házában van csapágyazva két-két helyen, s ezek tartják a *K* kardántengelyt. A ritkábban alkalmazott *C* megoldásban a hosszváltozást nem a kardántengely veszi fel, hanem a váltómű kimenő tengelye, illetve a rá elcsúszhatóan ültetett kardánvilla szára.

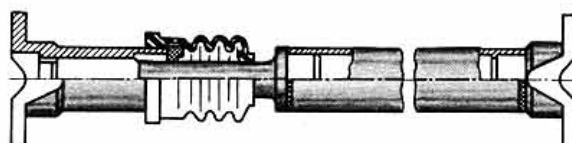
Ha a váltómű és a differenciál-mű között a távolság olyan nagy, hogy a kardántengely belengésétől kell tartani, akkor a kardántengelyt osztjuk. A *d* ábrán három-, az *e* ábrán négycsuklós osztott kardántengely látható. Osztott kardántengelyeknél nem elég, ha csak a váltómű és a differenciál-hajtómű tengelye van csapágyazva, magát a kardántengelyt is csapágyazni kell. Háromcsuklós kivitelben a  $K_1$  tengelyt, négycsuklós kivitelben a két kardántengely közé beiktatott összekötő tengelyt csapágyazzuk. Különösen a háromcsuklós kivitelnél kell törekedni arra, hogy a csapágy minél rugalmasabban legyen az alvázhoz erősítve.

A 279. és 280. ábrán egy-egy gumiba ágyazott csapágyazás látható. A 281. ábrán egy összekötő tengely csapágyazását mutatjuk be, amihez minden esetben két csapágyat kell használni, a tengely két végén.

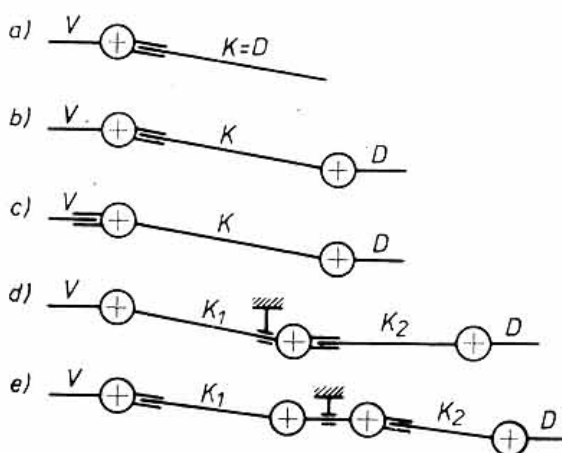
A kardáncsuklók szerelésekor ügyelni kell a villák egymáshoz viszonyított állására. Az itt ismerte-



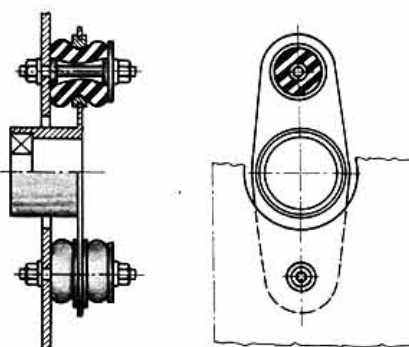
276. ábra



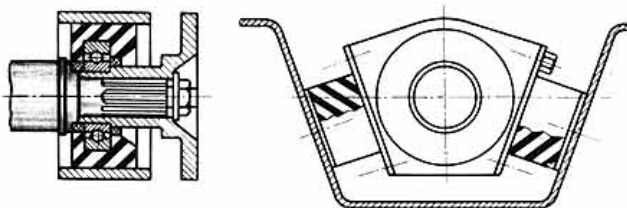
277. ábra



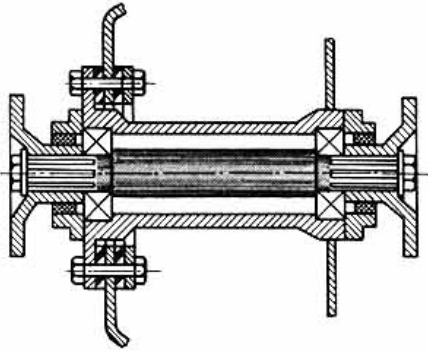
278. ábra



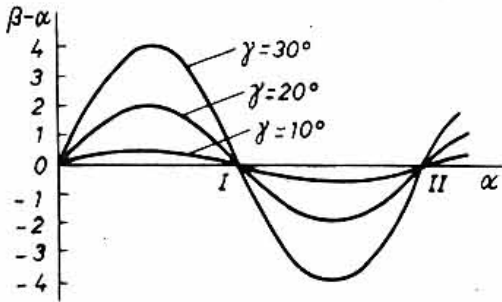
279. ábra



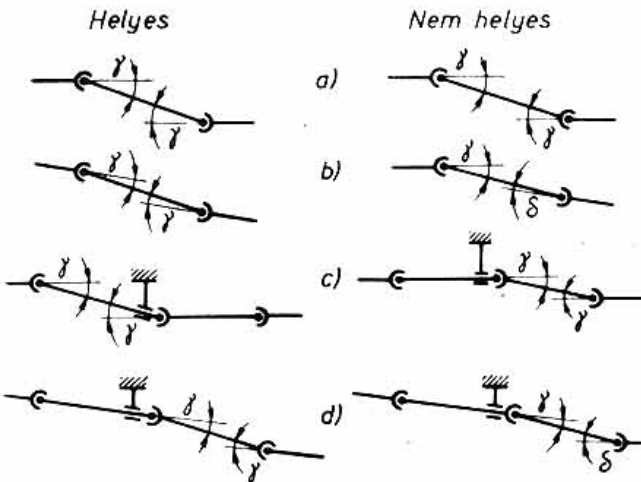
280. ábra



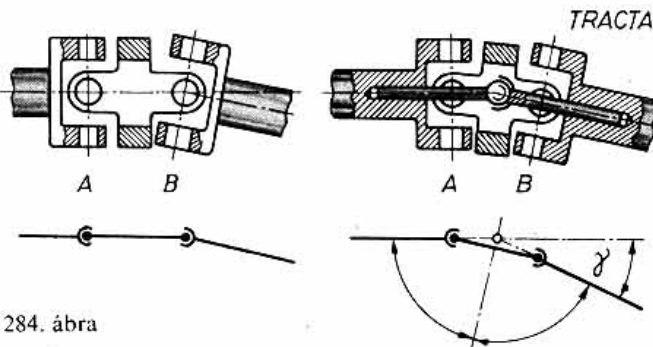
281. ábra



282. ábra



283. ábra



284. ábra

tett kardáncsuklók ugyanis szöghibás kardáncsuklók voltak. A szöghiba abban jelentkezik, hogy a csukló egyik tengelyének szögsebességéhez képest a másik tengely periodikusan hol siet, hol késik. A 282. ábra mutatja, hogy a sietés, ill. a késés 180 fokként ismétlődik. A két tengely szögkitérésétől függően a szögmaradás, ill. az előresietés 3–4 fokot is elérhet.

Ez a szöghiba nagyobb fordulatszámoknál súlyos torziós lengéseket okozhat, ezért el kell tüntetni. A szöghibát könnyen ki lehet küszöbölni, ill. csökkenteni, ha páros számú kardáncsuklót alkalmazunk. Ilyenkor ugyanis elegendő, ha a két kardáncsukló bemenő villáját egymáshoz képest 90 fokkal elfordítjuk, s azonos tengelykitérést valósítunk meg vele: a második kardáncsukló korrigálja az első csukló szöghibáját.

A 283. ábrán láthatunk néhány helyes és néhány helytelen szerelést, ill. beállítást, meglehetősen torzítva. Az *a* típus azért nem jó, mert a villák rosszul vannak szerelve, a kardántengely két végén levő villa nem egy síkban van. A *b* típuson a villák jól állnak, de a két szögkitérés nem egyforma, a váltómű kimenő tengelye, valamint a differenciálmű hajtótengelye nem párhuzamos egymással. A *c* változatban ugyanaz a hiba, mint az *a*-ban. Itt egyébként az első csuklónál nincs jelentősége annak, hogy hogyan áll a villa: nincs komolyabb szögkitérés, nincs szöghiba sem. A *d* típuson megint a szögkitérés nem egyforma.

Egyébként meg kell jegyezni, hogy a szöghiba szempontjából nem közömbös a kerékfelfüggesztés, ill. a kerékvezetés típusa sem. Ha berugózáskor nagyon változik a differenciálmű hajtótengelyének a szögállása, akkor a szöghiba kiküszöbölhetetlen.

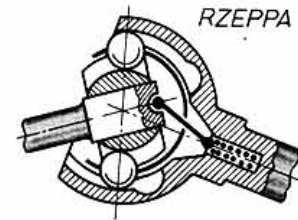
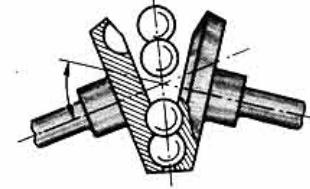
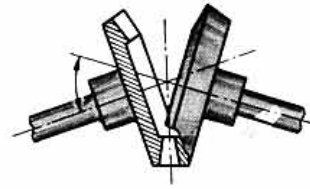
Olyan esetekben, amikor a szöghiba nem ellensúlyozható egy másik szöghibás csuklóval, szöghibamentes, ún. homokinetikus kardáncsuklót kell alkalmazni. Ennek legegyszerűbb típusa két egyszerű csuklóból áll, amelyeket összekötő tengely nélkül, közvetlenül egybeépítünk. A 284. ábrán ilyen összetett csukló látható a kereszttek berajzolása nélkül. Az összeépítéskor csak arra kell gondolni, hogy a középső rész, amely tulajdonképpen egy lerövidített kardántengely, minden szögkitérésnél megfelelően álljon be. Az ábra bal oldali megoldása azért nem jó, mert semmi sem kényszeríti a *B* csuklót, hogy kimozdítsa a középső részt vízszintes helyzetéből. Így ugyanis az *A* csuklónál nincs szögkitérés, csak a *B* csuklónál, tehát a *B* csukló szöghibáját már semmi sem korrigálja. Az ábra jobb oldalán látható kivitelben egy központosító gömbcsukló gondoskodik arról, hogy szögkitérés esetén a középső rész  $\gamma/2$  szöggel szintén kitérjen. Így valóban homokinetikus csuklót kapunk,

mert a  $\gamma$  szöget a két csukló azonos  $\gamma/2$  szögkitérésének az összege adja, s a csuklók egymáshoz viszonyított 90 fokos elfordítása a szöghibát teljesen kiküszöböli.

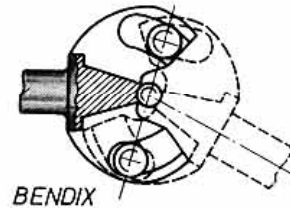
Szinkron kardáncsuklót azonban nemcsak kardánkeresztes megoldásban készíthetünk. Kitérő tengelyek közötti nyomatótovábbításra már régóta használják a kúpfogaskerekeket (285. ábra). Sajnos, közösleges kúpfogaskerekek esetében a szögkitérés állandó, tehát csuklónak nem használható. Ha azonban a fogak helyett pl. golyókat használunk, akkor ezek a „fogak” hajlandók eltérni a szögkitérés állandó változását (az ábra középső része). A gyakorlati megvalósításkor csak arról kell gondoskodni, hogy — ha azt akarjuk, hogy minden golyó részt vegyen az erőátvitelben — ezek a golyók bármilyen szögkitéréskor automatikusan olyan síkban helyezkedjenek el, amelyek a kitérő tengelyek szögfelezőjébe esik. Az ábra alsó részén látható típuson ez a következőképpen van megoldva. A bal oldali tengely végére körgyűrű alakú hornyokkal ellátott csigát, a jobb oldali tengelyre pedig ugyancsak hornyokkal rendelkező csészét szerelünk. A hornyokban golyók tudnak mozogni. A golyókat egy kosár fogja össze, illetve tartja azokat egy síkban. A két tengely vége között egy rudacska látható, amelyik a kosáron levő nyíláson is át van dugva. A tengelyek elhajlításakor ez a rudacska magával viszi a kosarat a benne levő golyókkal együtt. A geometriai méretek helyes megválasztásával elérhető, hogy a golyók síkja mindig a tengelyek szögfelezőjébe essék.

A golyók kényszermozgása másképpen van megoldva a 286. ábrán. Itt a két villaszerű tengelyvégben négy-négy horony van a golyók számára. A két villát úgy kell összetolni, hogy minden horonyban egy golyó legyen. Az ötödik golyó középre kerül központosítás céljából. A villákban levő két-két félhorony sohasem kerül egymással teljesen fedésbe, mindig keresztezi egymást. A horonyba helyezett golyó természetesen csak a kereszteződésben fér el, s a kereszteződéssel együtt eltolódik, amikor a szögkitérés változik (287. ábra). A hornyok irányának helyes kialakításával érhető el, hogy a golyók mindig a tengelyek szögfelező síkjába essenek.

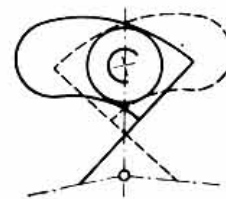
A legutóbbi időben tűnt fel egy újabb homokinetikus csuklótípus, amelyet az jellemez, hogy igen jó a hatásfoka, nagy nyomatókat tud átvinni, s szokatlanul nagy szögkitérést tesz lehetővé teljesen szöghibamentesen. További előnye, hogy bizonyos tengelyirányú elmozdulást is lehetővé tesz. Szerkezetét a 288. ábra mutatja. Tulajdonképpen két fő alkatrészből áll, egy háromágú keresztből és egy három tengelyirányú bevágással rendelkező kehelyből.



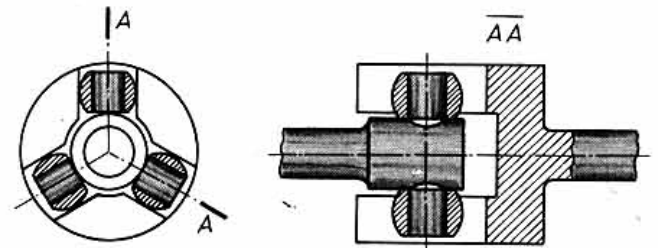
285. ábra



286. ábra



287. ábra



288. ábra

## 2. Osztóművek, differenciálművek

A sebességváltóból kijövő nyomatékot nem egyetlen kerékhez vezetjük el, hanem általában kettőhöz, de néha négyhez, sőt hathoz is. Ezért az erőátvitelben elágazásokra van szükség. A teljesítmény elágaztatására kétféle szerkezetet használhatunk: egyszerű fogaskerék-hajtást és differenciálművet. Az előbbi kinematikailag merev, az utóbbi rugalmas kapcsolatot valósít meg.

A fogaskerekes osztómű (amelyet kinematikai merevsége miatt csak tengelyek közötti erőszétosztásra használhatunk) jellemzője még, hogy egyben nyomatékmódosítást is végez(het), legtöbbször két fokozatban, tehát segédváltómű szerepét is betöltheti. A 289. és 290. ábra tolókerekes megoldást mutat négy-, illetve hatkerék-hajtáshoz. Az olyan osztómű is kialakítható segédváltóműként, amelyik differenciálművet (lásd lejjebb) használ a tengelyek közötti teljesítmény elágaztatására. Erre két példát láthatunk a 291. és 292. ábrán. Kombinált megoldásokat mutat a 293. és 294. ábra.

Mivel a motor tengelye általában a kocsí hossztengegyébe esik, a hajtást — legkésőbb a jármű tengelyénél — keresztbe kell fordítani. Erre szolgálnak az ún. haránthajtóművek.

Ezeket általában egybeépítik a differenciálművekkel.

A 295. ábrán a haránthajtómű kúpogaskerékpárból áll. A kis átmérőjű kerék (az ún. nyeleskerék) tengelyéhez csatlakozik a hajtóműből jövő — legtöbbször kardán — tengely. A nagy átmérőjű kerék, ún. tányérkerék itt közvetlenül a differenciálmű házára van szerelve, azt forgatja. (A differenciálmű-ház két oldalán jön ki a két hajtótengely, amely a kerekekhez vezet.)

A kúpkerékek fogazása lehet egyenes, de lehet ferde, ill. ívelt, vagy hypoid fogazás. Ez utóbbi esetben a nyelestengely vonala nem megy keresztül a tányérkerék közepén, hanem fölötte vagy alatta halad át (296. ábra). Mindkét esetben megvan a maga jelentősége. A nyelestengelyt fölfelé célszerű eltolni pl. terepjáró gépkocsikon, lefelé pl. mélyépítésű személygépkocsikon.

Ritkábban, főleg trolibuszokon használják a csigakerékes haránthajtóművet (297. ábra).

A 298. ábrán jól elkülöníthető a haránthajtómű a differenciál-hajtóműtől annak ellenére, hogy közös házba vannak építve. A haránthajtómű itt is kúpkerékpár, a differenciál-hajtómű azonban homlok-fogaskerékpár. Ebben a megoldásban a nyelestengely fölemelésére (az  $A$  távolság növelésére) még nagyobb lehetőség van.

Mind a haránthajtóműnél, mind a differenciál-hajtóműnél felhasználjuk azt a fogaskerék adta lehetőséget, hogy áttételt valósíthatunk meg a nyelestengely és a differenciálház szögsebessége között. Ez az áttétel legtöbbször állandó szokott lenni, s főáttételnek, hátsóhídáttételnek, alapáttételnek stb. szokták nevezni.

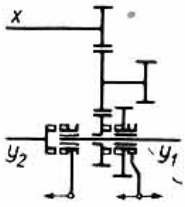
Néha ezt az áttételt két fokozatúra készítik, ilyenkor a differenciál-hajtómű egyben a terepváltó szerepét is betölti (299. ábra).

A differenciálmű feladata, hogy a hajtónyomatékot szétossza a jobb és a bal oldali kerekek között, s a nyomatékot akkor is továbbítsa, amikor a két kerék (pl. ívmenet miatt) különböző fordulatszámmal forog. Ezt a feladatot változó sebességnél és különböző fordulatszám-eltérés esetén kell a differenciálműnek teljesítenie, a differenciálműnek tehát kétszabadságfokú mechanizmusnak kell lennie. A legismertebb kétszabadságfokú szerkezet a bolygómű, s valóban leggyakrabban ezt használják differenciálműként.

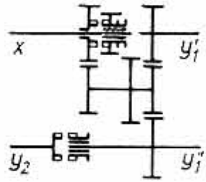
Általában követelmény, hogy egyenes menetben az egész differenciálmű forogjon, s mindkét oldali kerékre azonos nyomatékot adjon. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazott bolygóműnek  $i_0 = -1$  alapáttételűnek kell lennie. A 212. ábrán látható volt, hogy a negatív alapáttételű bolygóművek az I. és a II. negyedben vannak. Azok közül, amelyeknél az alapáttétel-intervallum az  $i_0 = -1$ -et is tartalmazza, a legkevesebb fogaskereke a  $II_d$  típusnak van. Ezt a típust valóban szokták differenciálműként alkalmazni. Természetesen  $i_0 = -1$  esetén a két központi kerék egyforma átmérőjéhez egyforma átmérőjű bolygókerék is tartoznak (300. ábra).

Legegyszerűbb típus az  $I_a$  lenne, ennél azonban — homlokkerekes kivitellel — az  $i_0$  értéke  $-0,143$  és  $-0,6$  között valósítható meg. Ha azonban a bolygókeréket megdöntjük, akkor a két központi kerék átmérője közelíthető egymáshoz anélkül, hogy a bolygókerék átmérője túlságosan csökkenne (129. ábra). Vízszintesre lefektetett bolygókerék esetén  $i_0 = -1$  adódik. Ezt a típust használják legáltalánosabban differenciálműként (301. ábra).

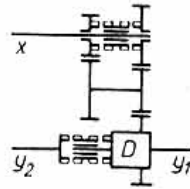
Megemlítjük, hogy ritkán  $i_0 = -1$ -től eltérő alapáttételű bolygóművet is beépítenek. Erre akkor kerül sor, ha a nyomatékelosztást nem fele-fele arányban kell végrehajtani, hanem aszimmetrikusan. Ha pl. oldalkocsis motorkerékpár oldalkerékét is hajtani akarjuk, akkor nem célszerű, hogy mindkét kerék azonos nyomatékot kapjon. Az oldalkerékre lényegesen kevesebb terhelés jut, mint a másokra, ezért kisebb az elérhető maximális vonóerő. A nyomatékot nem tud-



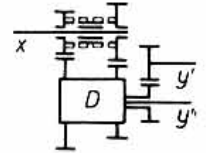
289. ábra



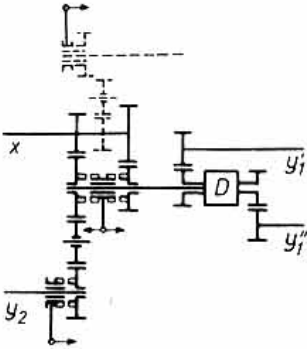
290. ábra



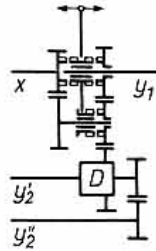
291. ábra



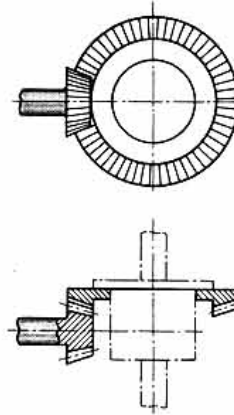
292. ábra



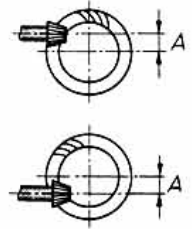
293. ábra



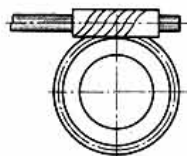
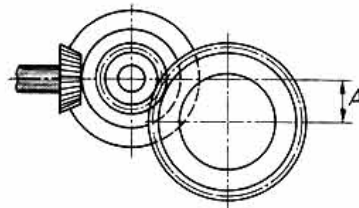
294. ábra



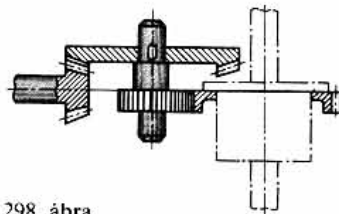
295. ábra



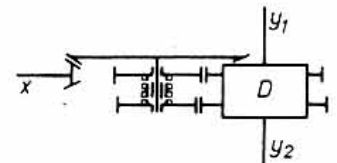
296. ábra



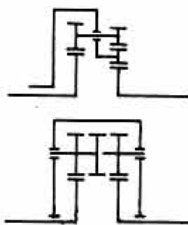
297. ábra



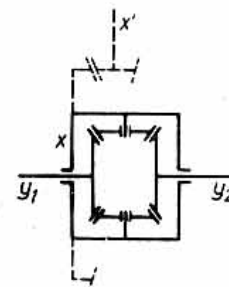
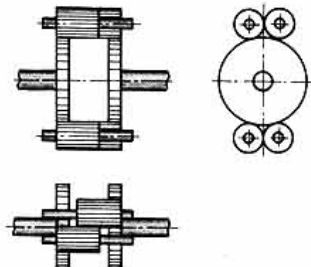
298. ábra



299. ábra



300. ábra



301. ábra

juk tovább növelni, ha a kerék megcsúszik, felpörög. Szimmetrikus differenciálmű esetén a másik keréken is csak ugyanilyen nagyságú nyomaték ébred, pedig ott a tapadás nagyobb nyomatékot is elbírna a nagyobb keréknyomás következtében. Célszerű tehát, ha a nyomatékot a keréknyomások arányában osztjuk szét, azaz nem  $i_0 = -1$  alapáttételű, hanem aszimmetrikus bolygóművet használunk. Ilyen bolygóművek elvi vázlata látható a 302. ábrán.

Két aszimmetrikus bolygóműből is lehet azonban szimmetrikus differenciálművet csinálni pl. a 303. ábra szerint. Itt az  $M$  bolygómű egyik kimenő tengelyébe be van iktatva egy másik bolygómű, amelyik ki van kötve. Az alapáttételek megválasztásával elérhető, hogy a két kimenő tengelyen a nyomaték egyenlő legyen. Érdekessége ennek a differenciálműnek, hogy önmagában is áttétellel bír, vagyis egyenes menetben az  $\omega_x$  nagyobb, mint  $\omega_{y1}$  vagy  $\omega_{y2}$ , amint az a sebességtervből is látható (304. ábra).

Megjegyzendő, hogy az összkerékajtású gépkocsikon a tengelyek közötti nyomatékelosztást is néha differenciálműre bízzák. Erre a célra szintén aszimmetrikus differenciálmű az alkalmasabb, mert a tengelynyomások általában különböznek egymástól.

A differenciálmű általános felépítését a 305. ábra mutatja. A differenciálmű a két részből összetett házba van beszerelve. A házat két golyóscsapággal csapágyazzuk. Szaggatott vonallal berajzoltuk a haránt-hajtóművet, amely a differenciálmű-házat forgatja. A házban van csúszócsapágyazással ágyazva a két központi (nap-) kerék, s ide van beerősítve a bolygókerék tengelye is. Két bolygókerék esetén a tengely egyszerű rúd, négy bolygókerék esetén kereszt. A napkerék tengelyét belül bordákkal látjuk el, ahová a hajtótengely megfelelően kiképzett végét bedugjuk. Néha a napkereket a hajtótengellyel egy darabból készítik.

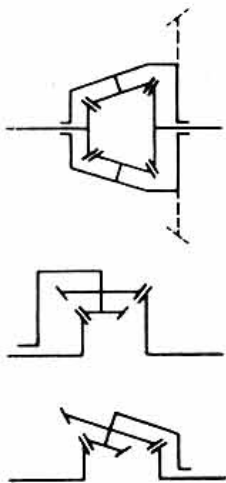
A napkerekeknek a házban való csapágyazásával kapcsolatban megemlítjük, hogy itt a súrlódás kivételesen nem káros, hanem hasznos jelenség. Ha ugyanis a differenciálműben ez a belső súrlódás nem lenne, akkor a nyomatékelosztás a két hajtótengely között valóban mindig fele-fele arányban történne olyankor is, amikor ez nem előnyös. Megint csak a kerékfelpörgésre gondolunk. Mikor valamelyik kerék pl. síkos útszakaszra ér, könnyen felpörög. A pörgő keréken a nyomaték a csúszósúrlódási tényező által megszabott nyomatékokra csökken, ami majdnem fele a jól tapadó keréken elérhető nyomaték. Mivel a differenciálmű szimmetrikus, a másik meg nem csúszott keréken is felére esik a nyomaték, a motor terhelése hirtelen visszaesik, és a motor is felpörög. Igaz ugyan,

hogy csak az egyik kerék pörgött meg, mégis az egész vonóerő csökkent le annyira, hogy esetleg a továbbhaladást is meggátolja. Különösen veszélyes helyzet szokott kialakulni sáros, havas vagy jeges úton való induláskor, amikor az egyik kerék állandó felpörgése meghiúsítja az elindulást.

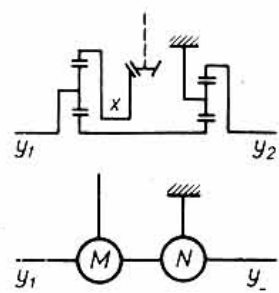
A differenciálmű belső súrlódása azonban akadályozza a napkerekek forgását a házhoz képest, valamint a bolygókerékek legördülését. Ennek következtében a nyomatékszimmetria azonnal megbomlik, amint az egyik kerék gyorsabban kezd forogni a másikkal. Éppen a lassabban forgó (esetleg álló) keréken lesz nagyobb a nyomaték, s nem a forgó (pörgő) keréken. Ez azt jelenti, hogy a fel nem pörgő keréken nagyobb nyomaték ébred, mint a csúszósúrlódási tényezővel megszabott nyomaték, s ez elég lehet az elinduláshoz vagy a továbbhaladáshoz. A nyomaték-többlet nagysága a belső súrlódás mértékétől függ.

A jelenség jobb megértésére vegyünk egy felbakolt gépkocsit, amelynek a kerekei a levegőben vannak. A kerekeket a motor egyenletesen forgatja. Ha nem számítjuk a légellenállást és a csapágyak súrlódását, akkor a féltengelyeken nincs nyomaték, s a differenciálmű összefüggő, merev testként forog. Ahhoz, hogy a jobb oldali kerék lassabban forogjon, mint a másik, külső nyomatékkal fékezni kell. Addig, amíg ez a külső nyomaték el nem ér egy bizonyos értéket, a lassulás nem következik be, mert a differenciálmű belsejében a fogaskerekek nem hajlandók forogni a belső súrlódás miatt. A belső súrlódás legyőzése után a jobb oldali kerék akár meg is állítható, ha a fékezést folytatjuk. Természetesen ekkor a motornak már nyomatékot kell kifejtenie a differenciálmű házára, és pedig pontosan akkorát, amekkora a fékezési nyomaték a jobb oldali keréken. (*Most hogy forog a bal oldali kerék?*) Végeredményben tehát megállapítható, hogy belső súrlódás esetén szabadon pörgő egyik oldali kerék esetén is nyomatékot tud átvinni a differenciálmű a másik oldali kerékhez (ami lassabban forog vagy áll), s ennek a nyomatékknak a nagysága a belső súrlódástól függ. Ez a belső súrlódástól függő nyomaték kanyarban is és csúszós úton bekövetkező kerékfelpörgés esetén is jelentkezik, s ha ez jelentős nagyságú, akkor az lényegesen javítja a jármű nettulajdonságait. Érzékletessé tehetjük a jelenséget, ha elképzeljük, hogy a differenciálmű belsejét teleszórjuk homokkal. Ez indokolja azt, hogy az utóbbi időben mesterségesen növelik a differenciálművek belső súrlódását (természetesen nem homokszórással!). Ebből a szempontból az  $S$  felületnek van különös jelentősége, mert itt könnyen lehet a súrlódást növelni anélkül, hogy az méretváltozást előidéző kopással járna.

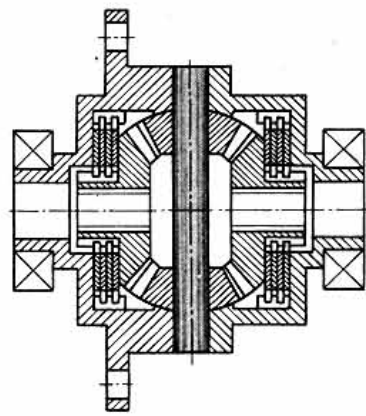




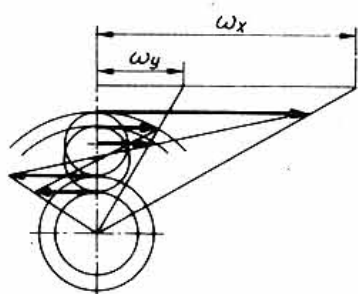
302. ábra



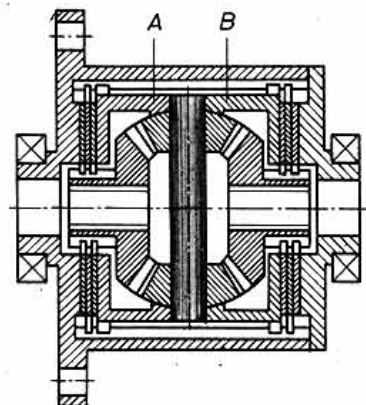
303. ábra



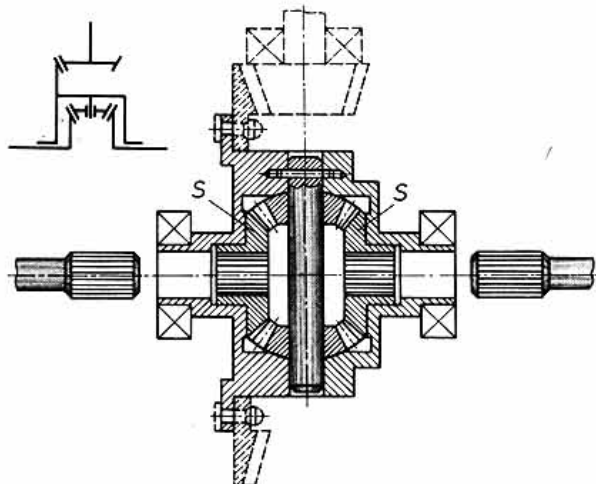
306. ábra



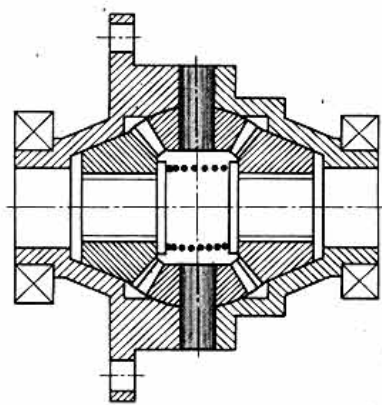
304. ábra



307. ábra



305. ábra



308. ábra

A 306. ábrán a belső súrlódási nyomaték a súrlódó felületek számának a szaporítása miatt nő meg. Igen gyakran a lamellákat nem a napkerék háta (vagy nemcsak az) szorítja össze, hanem a bolygókerék csapja. A 307. ábrán látható megoldásban a csap nincs a differenciálmű házában közvetlenül csapágyazva, hanem a házba bordákkal illeszkedő  $A$  és  $B$  alkatrész zárja közre. Ezekre a csap számára nem félkör alakú kivágások vannak, hanem ék alakúak, ezért az  $A$  és a  $B$  alkatrész egymástól távolodni igyekszik, ha erő kell ahhoz, hogy a csapot magukkal vigyék.

Lamellák nélkül is lehet a súrlódási nyomatékot növelni, ha az  $S$  felületet kúp alakúra képezzük ki (308. és 309. ábra). Az utóbbi érdekessége, hogy a súrlódási nyomaték az átvitt nyomatékkal fordítva változik, s ez bizonyos szempontokból kedvezőbb. Egyébként is mindig problémát szokott okozni a síkos talajon való indítás, mert ilyenkor nincs nagy nyomaték, ami a belső súrlódást növelné. Sokat segít viszont a beépített rugó.

Mivel a belső súrlódásra elsősorban felpörgéskor van szükség, nagyon kedvezőnek tűnik a 310. ábrán látható megoldás. Itt a súrlódással nem a napkereket fékezzük, hanem a bolygókerékeket, és pedig olyan folyadéknyomással, aminek a nagysága a féltengelyek fordulatszám-különbségével arányos. Amikor ugyanis a két féltengely együtt forog, akkor a középső dugattyú nem mozog. Ha azonban a differenciálmű működni kezd, a bal oldali kerék elkezd forogni a csaphoz képest, s a kerék profilozott végű nyúlványa löketek végzésére készíti a dugattyút, ami a csappal együtt forog (a rajzon nem látható, hogy egy horony gondoskodik a dugattyú vezetéséről). A dugattyú által szállított olaj a csap két végén levő kúpos végű dugattyúkra nyomást fejt ki, s ez gátolja a bolygókerékek forgását (a szívó- és a nyomószelvényeket a rajzon nem tüntettük fel!).

Ugyancsak önműködően és a fordulatszám-különbséggel arányosan igyekszik zárni a differenciálművet a 311. ábrán látható megoldás is. Itt az egyik napkerék tengelyén excentrikus felület van kiképezve, ami dugattyúkat mozgat, ha a napkerék a házhoz képest forog. A dugattyúk folyadékot szállítanak, s azt fojtjuk.

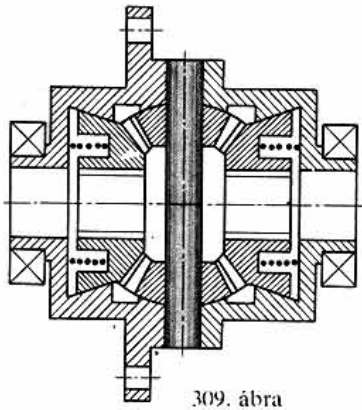
A 312. ábra olyan differenciálzárat mutat, amit kívülről kell vezérelni. Előnye a korábban elterjedt, s ugyancsak kívülről zárható körmös differenciálzárral szemben, hogy bizonyos nyomaték felett megcsúszik, s így az erőátvitel nem feszülhet be, ha esetleg elfelejti a vezető oldani a differenciálzárat. Igaz, készítettek olyan körmös differenciálzárat is, amelyen a körmök nem közvetlenül a napkeréken vol-

tak kialakítva, hanem egy külön gyűrűn, ami viszont súrlódó kapcsolatban volt a napkerékkel. A súrlódás nagysága egy beépített rugótól függött.

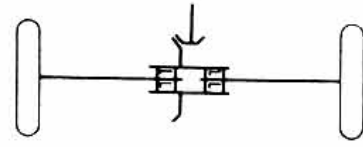
Meg kell említeni, hogy egy-két évtizeddel ezelőtt divatban voltak olyan differenciálművek is, amelyek nem bolygóművön alapultak. Legfőbb előnyük az volt, hogy teljesen önzárók voltak. Hátrányuk volt viszont, hogy kanyarban a külső kerékre egyáltalán nem vittek nyomatékot ugyanúgy, mint a gyakorlatban el nem terjedt szabadonfutós differenciálmű (313. ábra). Az önzáró differenciálművek egyik jellemző típusa a 314. ábrán látható. A hajtást a középső tárcsa kapja, amelyiken körben furatok vannak. A lyukakon keresztül rudacsákák vannak átdugva. Ezek a rudacsákák olyan hosszúak, hogy hozzáérnek a jobbról és balról odaállított, oldalról fogazott tárcsákhoz. Amikor a lyukasztott tárcsát forgatjuk, a rudacsákák az oldaltárcsákat (belekapaszkodva az oldalfogazásba) magukkal viszik. Kanyarban az egyik fogazott tárcsa lemarad, a másik előresiet a lyukasztott tárcsához képest. Ilyenkor a rudacsákák ide-oda csúszkálnak, hogy a két fogazott tárcsa egymással ellentétes irányban foroghasson. A 315. ábra mutatja a fogazást és a rudacsákákat síkban kifejtve (a valóságban hengerfelületen helyezkednek el). A két fogazás nem egyforma, az egyik tárcsán eggyel több fognak kell lennie, nehogy az összes rudacska egyszerre kerüljön semleges helyzetbe. Arra ügyelni kell, hogy minden rudacska egyforma hosszú legyen, s mindkét végük állandóan érje a fogazott tárcsákat, ezért a rudacsákák helyét a két fogazás együttesen szabja meg.

A szerkezet a következőképpen működik. Egyenes menetben mindhárom tárcsa együtt forog, azaz egymáshoz képest állnak. A motortól jövő nyomaték az  $x$  tárcsára hat. Ez kerületi erőként átadódik a rudacsákáknak, azok viszont rátámaszkodva a fogakra, azt két végükön tovább adják. A 316. ábra egyetlen egy rudacskát mutat egy modellbe beépítve. Az ékek fogakat helyettesítenek. Mint látható, az ékek meglehetősen laposak, azaz önzárók. Ez azt jelenti, hogy ha az egyik ék alól teljesen kivésszük a feltámasztást (középső ábra), az akkor is ott marad. Ilyenkor viszont a teljes kerületi erő a másik ék feltámasztására hat. Ez felel meg annak az esetnek, amikor a jármű egyik kereke síkos (olajos, jeges stb.) felületre ér, felpörgés tehát nincs.

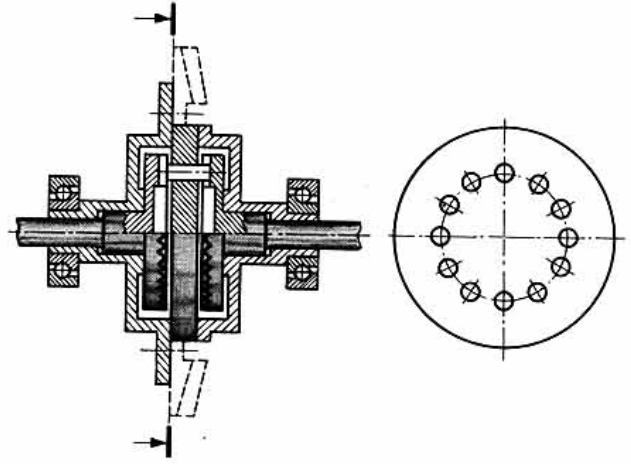
Ha továbbmegyünk, s nemcsak megszüntetjük az egyik ék feltámasztását, hanem ellenkező irányú erővel húzni kezdjük (jobb oldali ábra), akkor — a súrlódás legyőzése után — az ék elmozdul. Egyidejűleg a másik ék is elmozdul ellenkező irányban. Ilyenkor



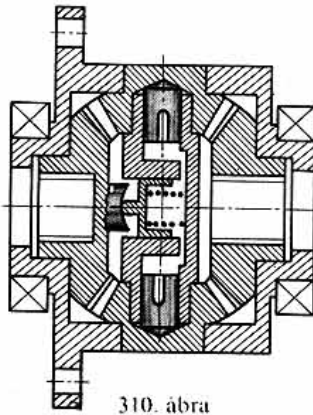
309. ábra



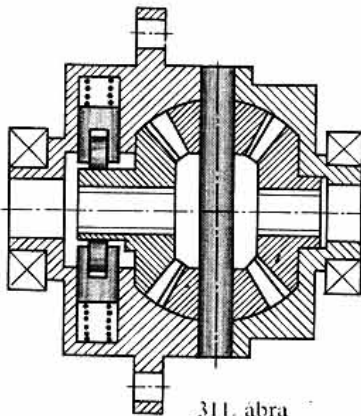
313. ábra



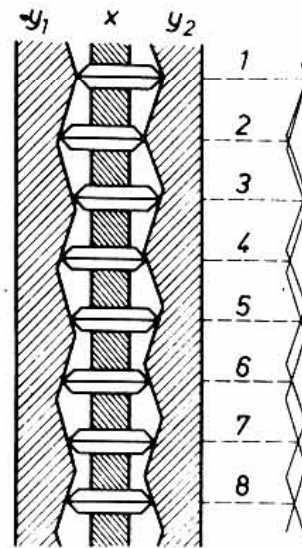
314. ábra



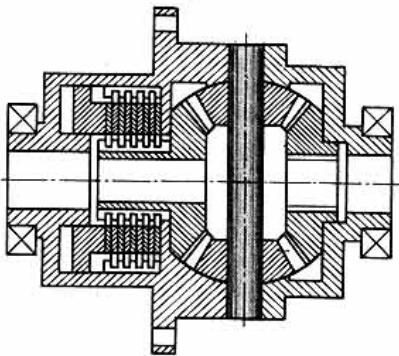
310. ábra



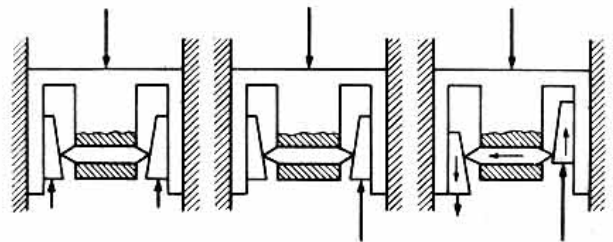
311. ábra



315. ábra



312. ábra



316. ábra

a másik ékre a kerületi erőnél nagyobb erő hat, pontosan a húzóerővel nagyobb. Ez felel meg a kanyarmenetnek: a külső keréken, ami gyorsabban forog, mint a belső, nemhogy vonóerő lenne, hanem még forgásirányú nyomatékot is kell kifejteni rá, hogy hajtandó legyen sietni.

### 3. Hajtott kerekek

A differenciálmű beépítése akkor a legegyszerűbb, ha a hajtott kerekek merev híd két végére vannak csapágyazva. Ilyenkor a differenciálmű a híd belsejében foglal helyet. Maga a híd csőtengelyszerű alkatrész, amely középtájt kiszélesedik a differenciálmű befogadása céljából. A híd általában több darab-ból készül a szerelés megkönnyítése végett. A 317. ábrán a híd három darabból van összeszerelve. A középső darab dobszerűen van kiképezve, az egyik oldalán csőszerű nyaka van. Ide helyezhető be az a két csapágy, amelyik a nyelestengelyt tartja. A dob két oldala nyitott, ide csatlakozik a két tölcsészerű fedél a hozzá hegesztett csőtoldalékkal, amelynek a külső végére a gépjármű kerekei vannak csapágyazva. A differenciálmű-ház a tölcsészerű fedélben van csapágyazva.

Különös gondot szokott okozni a két kúpkerék helyes beállítása. Legprimitívebb megoldás, ha a nyelestengely benyúlásának a mértékét, valamint a differenciálmű házának tengelyirányú helyzetét a csapágyaknál alkalmazott alátétekkel állítjuk be.

A híd osztására többféle lehetőség van, amint ez a 318. ábrán látható. Az előbb ismertetett híd az *a* típusnak felel meg, ahol a nyelestengellyel párhuzamosan van két osztássík. A *b* típusnak a 319. ábrán bemutatott híd felel meg. Ugyanilyen típust mutat a 320. ábra is, ahol viszont jobb megoldás látható a kúpkerék-tányérkerék beállítására. A nyeleskerék csapágái hüvellyel együtt mozgathatók befelé vagy kifelé. A differenciálmű csapágainak a megtámasztása menetes gyűrűvel szabályozható. Nagy nyomaték esetén előnyös, ha a nyeleskerék tengelyének belső vége is csapágyazott.

A *c* típus szerint ismét két osztássíkja van a 321. ábrán bemutatott hídnak. A kúpkerékek beállításának kényes volta miatt a differenciálmű csapágái a felső részből benyúló konzolban vannak elhelyezve.

A *d* típus látható jobban részletezve a 322. ábrán. (A csőtoldalék felerősítése nemcsak hegesztéssel, de pl. szegeccseléssel is megvalósítható.)

Független kerékelfüggesztés esetén természetesen nincs csőtoldalék, ilyenkor a kerekeket hajtó féltengely

legtöbbször burkolat nélkül marad (323. ábra).

A féltengelyek külső vége általában közvetlenül a hajtandó kerékhez kapcsolódik. A féltengely alakja, csapágyazása, sőt feladata is attól függ, hogyan van maga a kerék felerősítve. Legegyszerűbb az az eset, amikor a kerék felerősítése, csapágyazása teljesen a merev hídra van bízva (324. ábra). Ilyenkor a hajtótengely a hajtónyomatékon kívül semmilyen más igénybevételnek nincs kitéve (325. ábra). Azzal, hogy a tengely külső végét a kerékagyhoz csavarozzuk, tengelyirányú elmozdulás ellen is biztosítjuk.

Járulékos igénybevétele van azonban a hajtótengelynek, ha a kerék csak egyetlen csapággal van a hídra felerősítve (326. ábra). Ilyenkor ugyan még elérhető, hogy a súlyerőből származó függőleges erő ne vegye igénybe hajlításra a hajtótengelyt (ehhez csak a kerék talppontja fölé kell a csapágyat elhelyezni), de a kerékre ható oldalerők (pl. kanyarban) a hajtótengelyt igénybe veszik. A hajtótengely axiális elmozdulását nem akadályozza meg teljesen a kerékagyhoz való csavarozás, a másik végét a differenciálmű belsejében fel kell ütköztetni a bolygókerekek tengelyén.

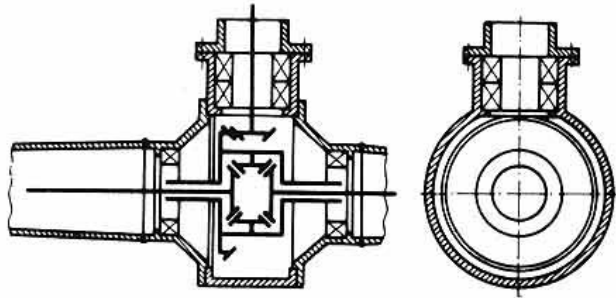
Még nagyobb a hajtótengely igénybevétele, ha a kerék egyenesen a hajtótengelyre van erősítve (327. ábra), mert ekkor a súlyerő állandó hajlítónyomatékot jelent a tengelyre nézve. Ilyenkor természetesen a hajtótengelynek a külső végét is csapágyazni kell. Attól függően, hogy milyen a csapágyazás, a tengelyt axiális irányban külön nem kell megtámasztani (328. ábra), vagy csak egy irányban (329. ábra), vagy mindkét irányban (330. ábra) meg kell támasztani.

Az utóbbi időben megjelentek olyan konstrukciók, amelyekben a görgőcsapágy egyik vagy mindkét gyűrűje magából a tengelyből vagy az azt körülvevő hídnyúlványból van kiképezve.

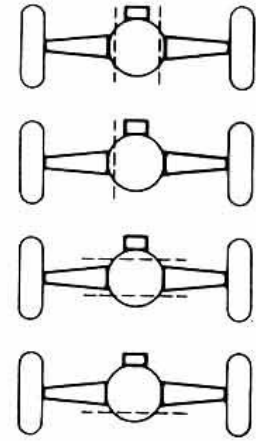
Különösen nehéz járműveken előnyös, hogy az erőátvitelben ne legyenek túl nagy nyomatékok, mert akkor az alkatrészek lényegesen kisebb méretűek lehetnek. Ezt úgy lehet elérni, hogy az utolsó nyomatéknövelés közvetlenül a kerekeknél történik. E célból a hajtótengely külső vége nem közvetlenül csatlakozik a kerékagyhoz, hanem valamilyen fogaskerekes áttétel van közbeiktatva.

A 331. ábrán fogaskerékpárból álló oldalhajtóművet láthatunk. A hajtómű szintén a hídba van beépítve, e célból a híd két vége ismét kiszélesedik, illetve fogaskerékszekrény-szerű végződése van.

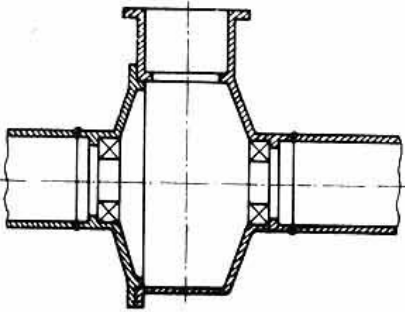
Nincs megtörve a híd vonala, ha bolygóművet használunk oldalhajtóműként. A 332. és a 333. ábrán két megoldást is bemutatunk. Az egyik ábrán olyan típus látható, amelyiken a bolygómű forgattyú-



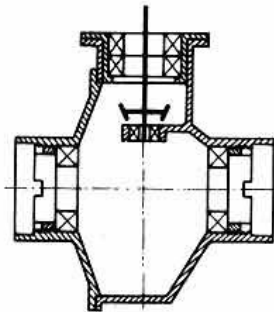
317. ábra



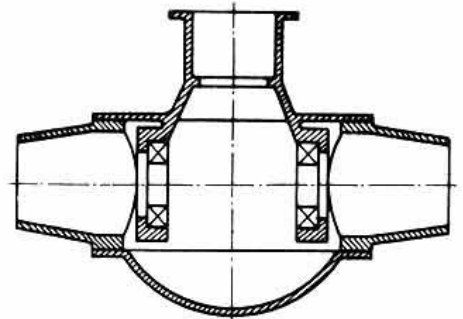
318. ábra



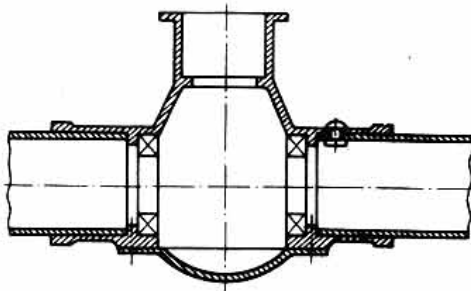
319. ábra



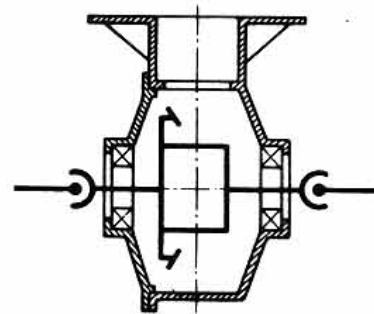
320. ábra



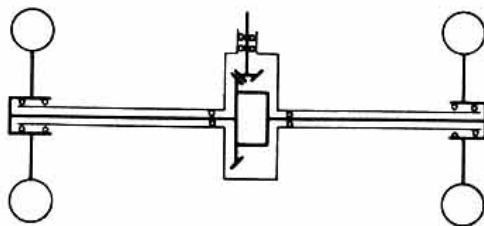
321. ábra



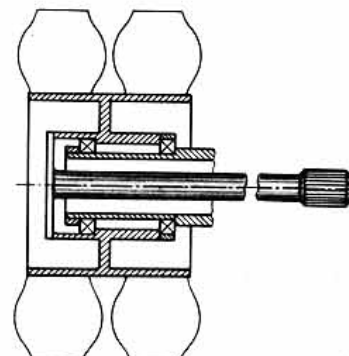
322. ábra



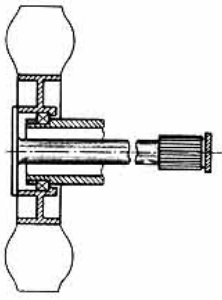
323. ábra



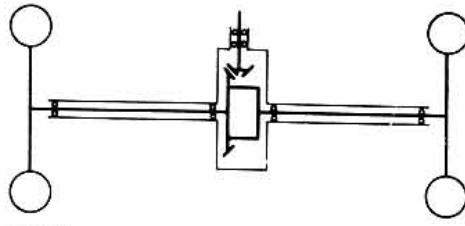
324. ábra



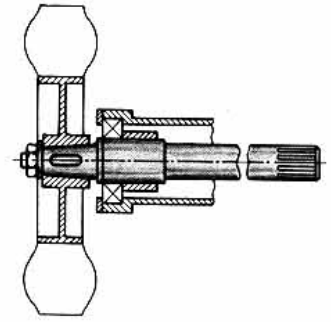
325. ábra



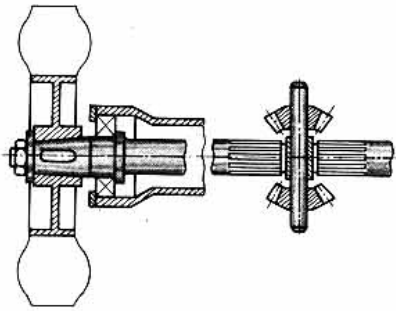
326. ábra



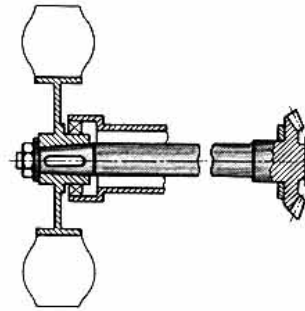
327. ábra



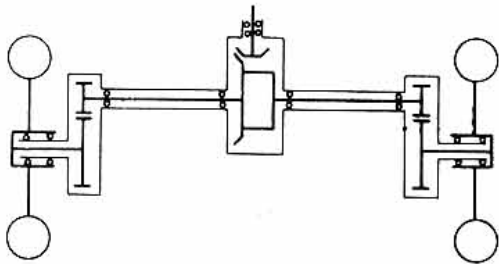
328. ábra



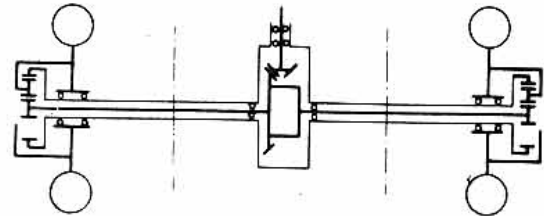
329. ábra



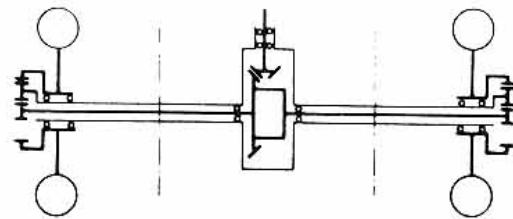
330. ábra



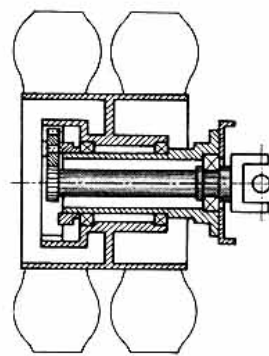
331. ábra



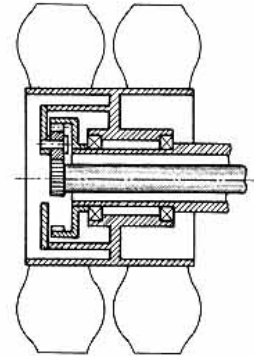
332. ábra



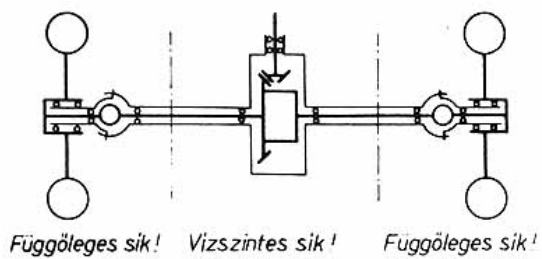
333. ábra



334. ábra



335. ábra



336. ábra

karja van kikötve magához a hídhöz, a másik ábrán pedig a fogaskoszorú. A szerkezeti kivitelre a 334., ill. 335. ábrák utalnak.

A kormányzott kerekek hajtása lényegében csak abban tér el a nem kormányzott kerekek hajtásától, hogy a hajtótengelyt a kormánycsap tengelyvonalában meg kell törni, illetve kardáncsuklóval kell ellátni (336. ábra). A hajtótengely külső végének ugyanis tudnia kell a kerékkal, illetve a tengelycsonkkal együtt elfordulni. Elengedhetetlen, hogy ez a kardáncsukló homokinetikus legyen.