

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 nyomtémódosítást 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 kocsis tengelyébe 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, hátsóhidáttételnek, alapáttételnek stb. szokták nevezni.

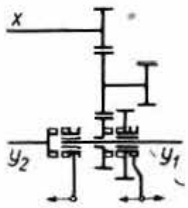
Néha ezt az áttételt két fokozatúra készítik, ilyenkor a differenciál-hajtómű egyben a terepváltó szerepét is betölti (299. ábra).

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.

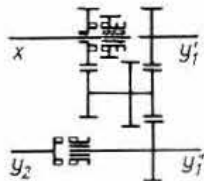
Általában követelmény, hogy egyenes menetben az egész differenciálmű forogjon, s mindkét oldali kerékre azonos nyomatékot adjon. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazott bolygóműnek $i_0 = -1$ alapáttételűnek kell lennie. A 212. ábrán látható volt, hogy a negatív alapáttételű bolygóművek az I. és a II. negyedben 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 bolygókerekek is tartoznak (300. ábra).

Legegyszerűbb típus az Ia lenne, ennél azonban — homlokkerekes kivétellel — az i_0 értéke $-0,143$ és $-0,6$ között valósítható meg. Ha azonban a bolygókereket 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).

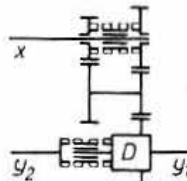
Megemlítjük, hogy ritkán $i_0 = -1$ -től eltérő alapáttételű bolygóművet is beépítenek. Erre akkor kerül sor, ha a nyomatékelosztást nem fele-fele arányban kell végrehajtani, hanem aszimmetrikusan. Ha pl. oldalkocsis motorkerékpár oldalkerékét is hajtani akarjuk, akkor nem célszerű, hogy mindkét kerék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



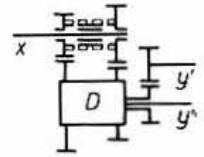
289. ábra



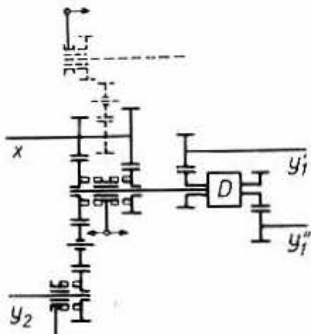
290. ábra



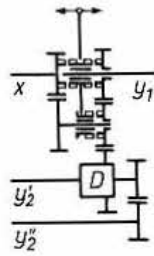
291. ábra



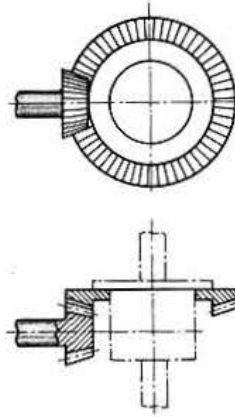
292. ábra



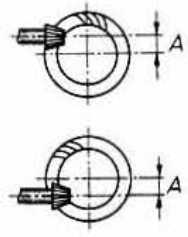
293. ábra



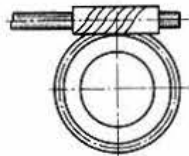
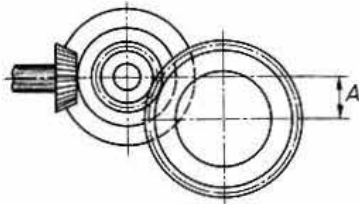
294. ábra



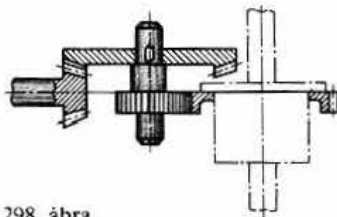
295. ábra



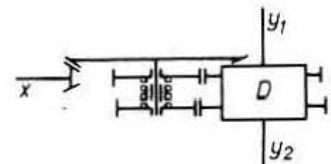
296. ábra



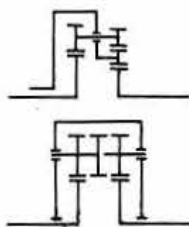
297. ábra



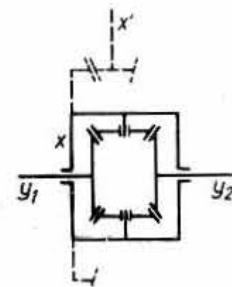
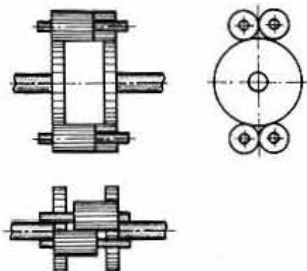
298. ábra



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 ω_x nagyobb, mint ω_{y1} vagy ω_{y2} , amint az a sebességtervből is látható (304. ábra).

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

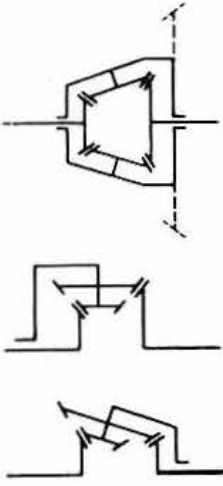
A differenciálmű általános felépítését a 305. ábra mutatja. A differenciálmű a két részből összetett házba van beszerelve. A házat két golyócsapággal csapágyazzuk. Szaggatott vonallal berajzoltuk a haránt-hajtóművet, amely a differenciálmű-házat forgatja. A házban van csúszócsapágyazással ágyazva a két 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 kerékfelpörögésre 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 nyomatékknak. 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,

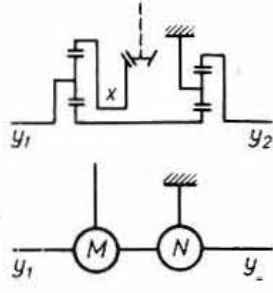
hogy csak az egyik kerék pörgött meg, mégis az egész vonóerő csökkent le annyira, hogy esetleg a továbbhaladást is meggátolja. Különösen veszélyes helyzet szokott kialakulni sáros, havas vagy jeges úton való induláskor, amikor az egyik kerék állandó felpörögése meghiúsítja az elindulást.

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.

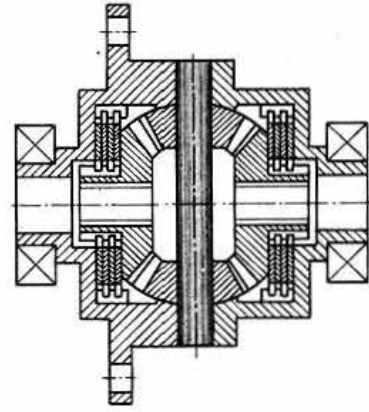
A jelenség jobb megértésére vegyünk egy felbakolt gépkocsit, amelynek a kerekei a levegőben vannak. A kerekeket a motor egyenletesen forgatja. Ha nem számítjuk a légellenállást és a csapágyak súrlódását, akkor a féltengelyeken nincs nyomaték, s a differenciálmű összefüggő, merev testként forog. Ahhoz, 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 kerékfelpörögés esetén is jelentkezik, s ha ez jelentős nagyságú, akkor az lényegesen javítja a jármű manőverképességeit. 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.



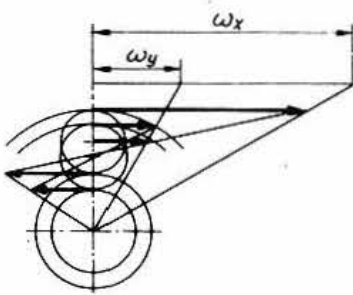
302. ábra



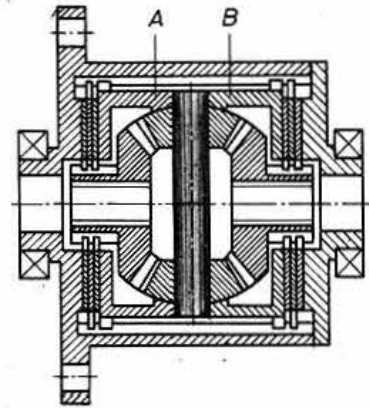
303. ábra



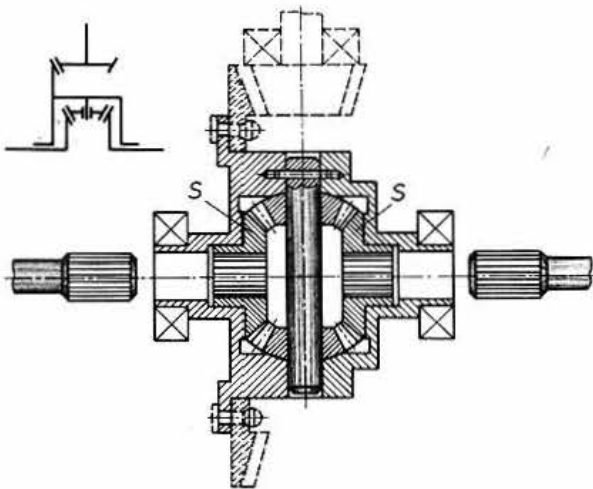
306. ábra



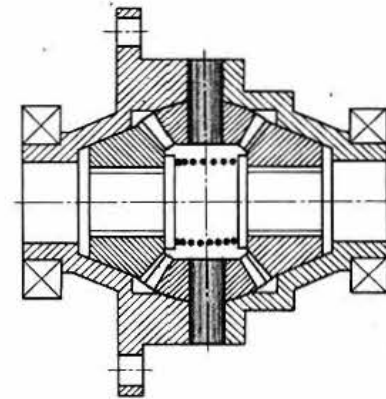
304. ábra



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. Ezeken a csap számára nem félkör alakú kivágások vannak, hanem ék alakúak, ezért az *A* és *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, éspedig 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 nyomószelepeket 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.

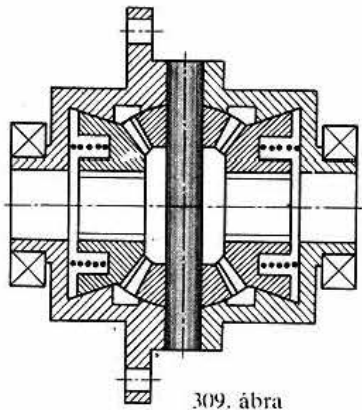
A 312. ábra olyan differenciálzárat mutat, amit kívülről kell vezérelni. Előnye a korábban elterjedt, s ugyancsak kívülről zárható körmös differenciálzárral szemben, hogy bizonyos nyomaték felett megsúszik, s így az erőátvitel nem feszülhet be, ha esetleg elfelejti a vezető oldani a differenciálzárat. 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.

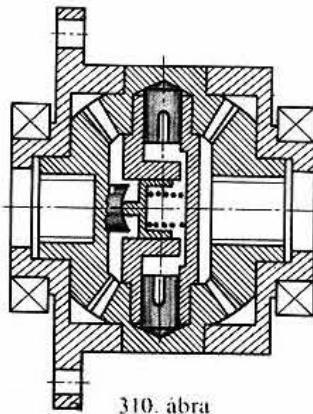
Meg kell említeni, hogy egy-két évtizeddel ezelőtt divatban voltak olyan differenciálművek is, amelyek nem bolygóművön alapultak. Legfőbb előnyük az volt, hogy teljesen önzárók voltak. Hátrányuk volt viszont, hogy kanyarban a külső kerékre egyáltalán nem vittek nyomatékot ugyanúgy, mint a gyakorlatban 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 rudacskák vannak átdugva. Ezek a rudacskák olyan hosszúak, hogy hozzáérnek a jobbról és balról odaállított, oldalról fogazott tárcsákhoz. Amikor a lyukasztott tárcsát forgatjuk, a rudacskák az oldaltárcsákat (belekapaszkodva az oldalfogazásba) magukkal viszik. Kanyarban az egyik fogazott tárcsa lemarad, a másik előresiet a lyukasztott tárcsához képest. Ilyenkor a rudacskák ide-oda csúszkálnak, hogy a két fogazott tárcsa egymással ellentétes irányban foroghasson. A 315. ábra mutatja a fogazást és a rudacskákat 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 rudacskák 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 rudacskáknak, 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 kivesszük 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.

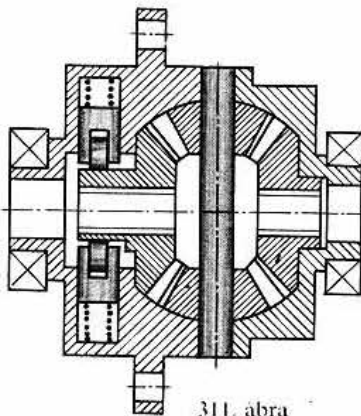
Ha továbbmegyünk, s nemcsak megszüntetjük az egyik ék feltámasztását, hanem ellenkező irányú erővel húzni kezdjük (jobb oldali ábra), akkor — a súrlódás legyőzése után — az ék elmozdul. Egyidejűleg a másik ék is elmozdul ellenkező irányban. Ilyenkor



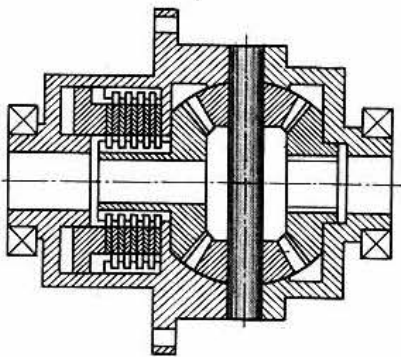
309. ábra



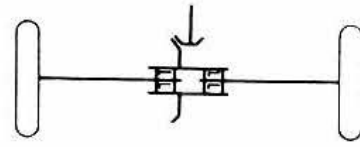
310. ábra



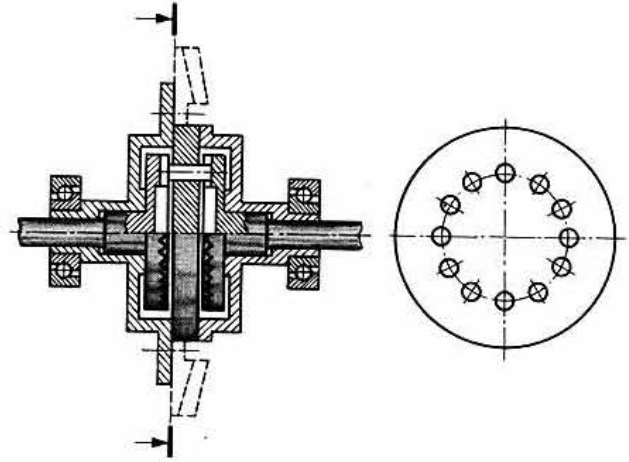
311. ábra



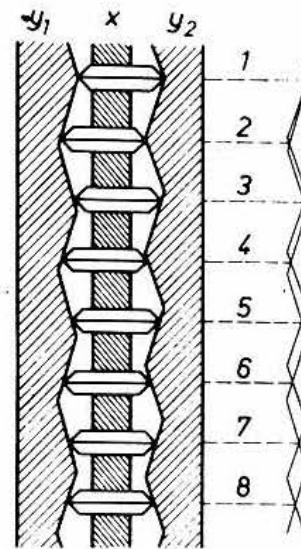
312. ábra



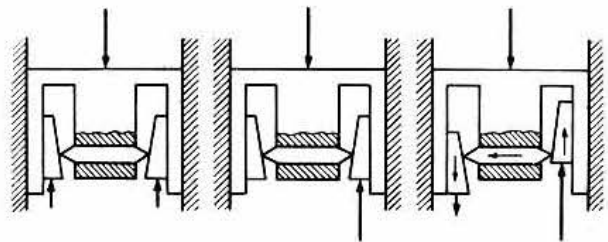
313. ábra



314. ábra



315. 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 hajlandó legyen sietni.