

Farkas Zoltán*

Lánc talpas futóművek

III. rész

A HARCKOCSIK FUTÓMŰVEI, KIALAKÍTÁSUK ALAPELVEI, AZOK SZERKEZETI ELEMEI, A VELÜK SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A harckocsi mozgékonyasága nagyban függ annak futóművétől. A mozgékonyaságot a következők befolyásolják:

- Rugózás, lengéscsillapítás [rugó karakterisztika, rugóút, munkafellevő képesség, csillapítási képesség, termikus terhelhetőség].
- Lánc talp [vonóerő-átadás, oldalirányú erők, szilárdság, terhelhetőség, talajviszonyok].
- Geometria [kormányozhatósági viszonyok, lánc talp felfekvési hosszúság, futógörgő terhelés-talajnyomás, első-hátsó terepszögek, lánc meghajtó kerék és feszítő kerék magassága].

A futómű és meghajtása a harckocsi össztömegének 15-20%-át teszi ki. A rugózás-lengéscsillapítás magába foglalja a rugó karakterisztikát, az ebből adódó rugóút nagyságát a hozzákapcsolódó munkafellevő és csillapítási képességet, valamint a termikus terhelhetőséget. A lánc talp kialakítása meghatározza a vonóerő-átadást a talajnak, felveszi az oldalvezető erőket. Fontos az üzemi megbízhatóság, a terhelhetőség és a talajviszonyokhoz való alkalmazkodási képesség lehetőségének megléte. A kormányzási geometria meghatározói a kormányozhatósági viszonyok, a lánc felfekvési hosszúság, a futógörgő-terhelés, amely meghatározza a fajlagos talajnyomást, fontos az első és hátsó terepszögek nagysága, valamint a lánc meghajtó kerék és a lánc feszítő kerék magasságának állíthatósága.

A FELÜGGESZTÉS

A HARCKOCSI FELÜGGESZTÉSSSEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK ÉS AZOK MEGVALÓSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A harckocsi terepen történő mozgásakor fellépő hosszirányú gyors lengések nagy megterhelést jelentenek a teljes futóműre, de különösen a felüggesztésre. A lengések csökkentésére lengéscsillapítókat alkalmaznak. A lengéscsillapítók csökkentik a dinamikus lökések káros hatásait, amelyek kialakítása, kapacitása szorosan összefügg a harckocsi tömegével. A lengéscsillapítóknak megfelelő karakterisztikájuk kialakításával el kell nyelniük a káros lengéseket, csökkentve azok amplitúdóját. A harckocsi felüggesztés modernizálása nagyban függ a harckocsi átlagsebességétől, jó beállítása eredményezi a menet közbeni túrelzés találati pontosságának növelését, a kezelőszemélyzet kimerülésének, kifáradásának csökkentését, az egyes szerkezeti elemek, egységek élettartamának növelését, különös tekintettel a csatlakozási pontokra. A harckocsi tömege alá olyan erősségű rugózást kell alkalmazni, hogy az a statikus és mozgásból adódó terhelésnek megfelelően.

Különböző kisebb erősségű rugózásokat alkalmaznak a harckocsi első és hátsó futógörgőinél, míg a középső futógörgőknél ezek nagyobb erősségűek.

Biztosítani kell a harckocsi különböző útviszonyok közötti mozgásakor bármilyen sebességnél a sima „úszás-szerű” egyenletes mozgást. A kialakuló hosszanti lengések csökkentése különösen a harckocsivezető helyénél szükséges, amely lehetőleg ne haladja meg a 15 cm-t.

Csökkenteni kell a rugózatlan tömegeket, a Z tengelyek és a házainak ütésszerű terhelését, kerülni kell a páncéltest 8-10g-s függőleges gyorsulását előidéző megterheléseket. A korszerű harckocsinál a futógörgő függőleges útja nem lehet kevesebb, mint 30 cm és ez a dinamikus út a futógörgő nyugalmi állapoti értékének 2-4 szerese. A felüggesztésnél előnyben részesülnek az optimális rezonanciamentes, nem lineáris karakterisztikával rendelkező kialakítások.

A felüggesztések lehetnek: pneumatikus, hidropneumatikus, fémrugózó elemekből kialakított rendszerek. Ilyen elem lehet a torziós tengely (rúd), és a rugós ütköző. A kis keménységű torziós felüggesztésnél a futógörgők mozgástartománya nem nagy, csökkentik a harckocsi mozgása közbeni kisebb egyenletlenségek által létrejött függőleges gyorsulást.

A tervezők kialakítják a nagy teljesítményű lengéscsillapítókat, amellyel biztosítható a páncéltest lengéseinek gyors csillapítása. A tervezők arra törekednek, hogy a harckocsi sima járását hozzák létre, lehetőséget adva a változtatható hasmagasság kialakítására, a lengéscsillapítók keménységének, ellenállásának szabályozására.

Fontos a működőképesség biztosítása, az élettartam növelése, béke és háborús körülmények közötti technikai kiszolgálások (kenések, utántöltések stb.) elvégzésével.

Követelményként jelentkezik a magas acélminőség, a megfelelő meleg és hideg alakítási eljárások alkalmazása. Hőkezeléssel készülnek a különböző hengerek, amelyek lehetnek gáz, sűrített levegő vagy levegő-olaj feltöltésűek.

A felüggesztésnek olyan kialakítással kell rendelkeznie, hogy por, víz és egyéb szennyeződés ne kerüljön be a mozgó alkatrészek közé. A felüggesztés kopásállósága nagyban függ a torziós rudak (tengelyek) anyagától, a gyártástechnológiától, a torziós tengelyek fogazásának és az ahhoz csatlakozó Z tengelyben és páncéltestben lévő tartók (ház) csatlakozó felületeinek pontosságától. A magas fokú kopásállóság lényeges a Z tengelyek, a futógörgők, lengéscsillapítók megbízható működéséhez. Biztosítani kell a felüggesztés elemeinek (Z tengely, rugózás, lengéscsillapító) lövedékekkel szembeni minimális sebezhetőségét, védelmét. Egyes elemek a páncéltestben belül helyezkednek el, így azok védeltsége megoldott. Fontos szempont az is, hogy az esetleges sérülések esetén minél tovább legyen mozgásképes a harckocsi.

További követelményként jelentkezik a kis tömeg és kevés helyfoglalás a páncéltestben, továbbá könnyű legyen a technikai kiszolgálási és javítási lehetőség.

* Ny. mk. alezredes, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia óraadó tanára 1990–1995 között.





27. ábra. Szovjet ASZU-57-es légideszant harcjármű futóműve két torziós rúddal, Z tengelyenként

A felfüggesztés energia-kapacitásának maximális növelése mellett igen fontos tényező a felszabaduló potenciális energiát a deformálódó rugók és nem rugózó elemek kapacitásán túl, a lengéscsillapítók működésével való energia-elnyelés. A felfüggesztés összehasonlító értékelését rendszerint behatárolja, meghatározza egy rugózó elem potenciális energiája.

Az energia-elnyelés és lengéscsillapítás mértékét, nagyságrendjét a futógörgők és a rugózó elemek számának meghatározásával végzik úgy, hogy azok képesek legyenek a hordozott tömeg sérülésmentes sima mozgásának biztosítására.

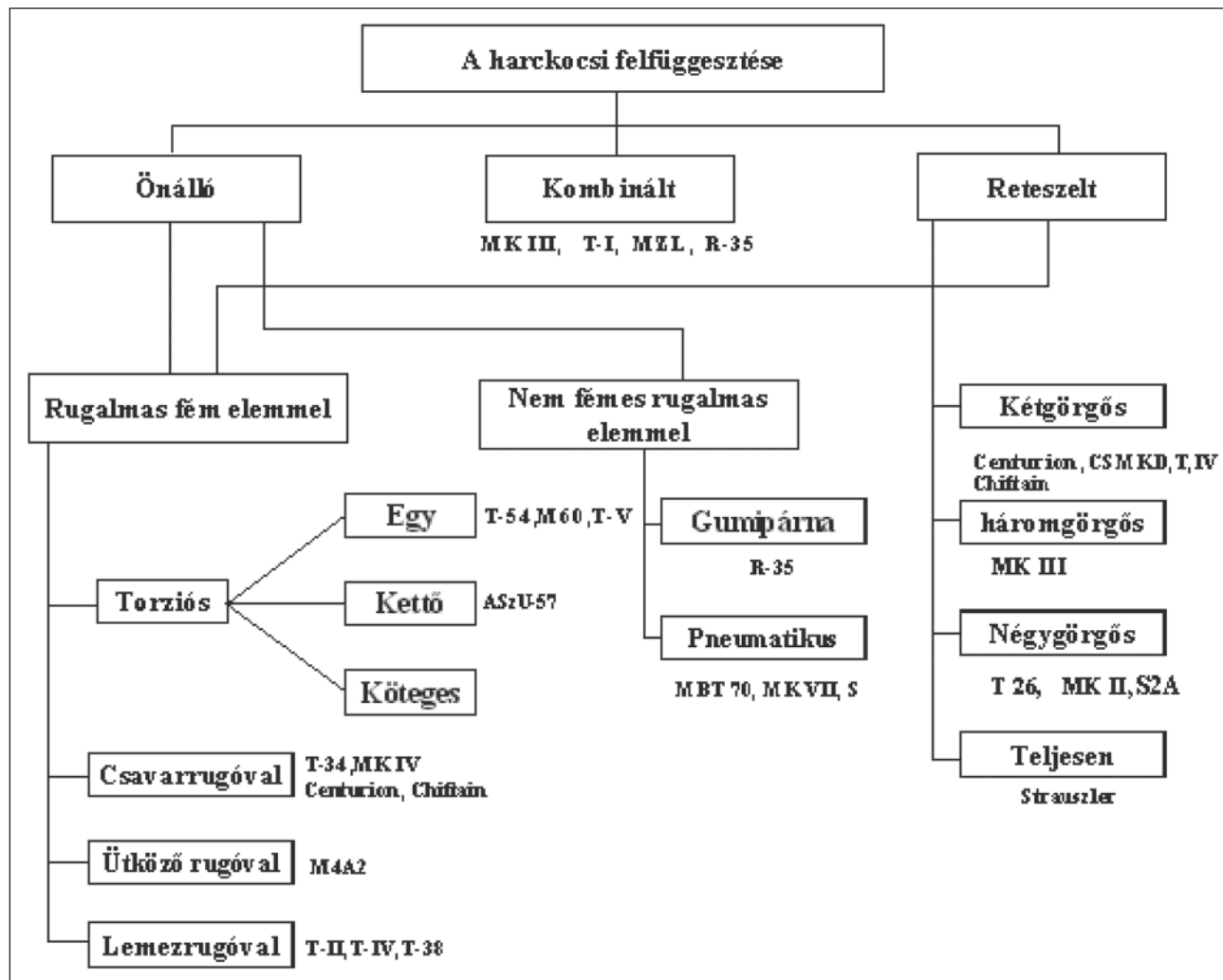
A maximális felfüggesztési energia csökkentésével kerülni kell a Z tengely kemény, rugalmatlan felületeit az ütközőkhöz. Ez az ütköző egyben behatárolja a Z tengely maximális felfelé történő elmozdulását. A behatárolás szükségességét a deformáció elkerülése, a rugók, a torziós tengelyek védelme indokolja, hiszen azok túlzott mértékű elcsavarodása törést okozhat. A merev ütések az ütközőbe vagy a mozgó alkatrészekben lévő gumiagy beépítésével csökkentik.

A felfüggesztések kialakításának csoportosítását az alábbi táblázattal (28. ábra.) lehet bemutatni. A három főcsoport alatt megtalálhatók a különböző harckocsikon történt alkalmazásuk.

A harckocsik felfüggesztése három csoportra bontható, úgymint: önálló, kombinált és reteszelt rendszerek. Az önálló felfüggesztésű rendszerek rugalmas fém elemekre és nem fémes rugalmas elemekre csoportosíthatók. A rugalmas fém elemmel kialakított rendszerek azonban lehetnek reteszelt rendszerűek is. A rugalmas fém elemeknél a torziós tengelyek csoportját azok mennyisége szerint rendszerezik.

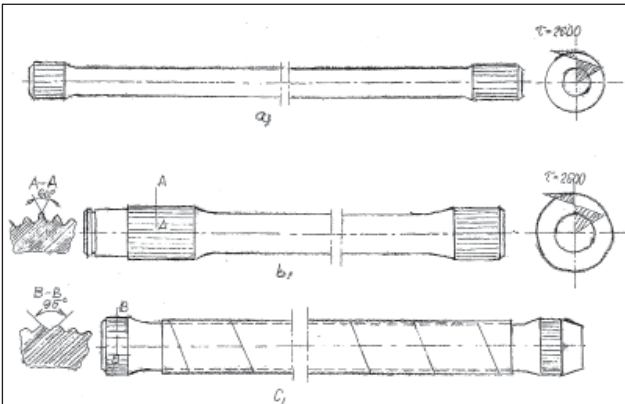
A 28. ábrán látható, hogy jelenleg a felfüggesztés legnagyobb csoportját az önálló felfüggesztés alkotja, az ebben a kategóriában rendszerben lévő rugózó elemek között.

28. ábra. A harckocsi felfüggesztések osztályozása





29. ábra. Amerikai M-60-as közepes harckocsi futóműve egy torziós rúddal



30. ábra. A harckocsi felfüggesztés torziós tengelyei és a maradó feszültség diagramjai
Jelmagyarázat: a – PT-76; b – T-54; c – M46

A 30. ábrán látható torziós tengelyek kialakítási módja különbözik, azok csatlakozó bordás fejeit és a tengelyek rögzítését, előfeszítését illetően. Az ábrán jól látható a különböző típusú harckocsik egy-egy torziós tengelyének számított előfeszítési értéke, amelyet τ (tau)-val jelölnék. A torziós tengelyek akkor vannak szálfeszültségüket tekintve párhuzamos szálszerkezetben, amikor az össztömegű jármű egy rugózó elemére kiszámított terhelés van. A torziós tengelyek előfeszítését ennek megfelelően készítik el. Mivel az előfeszítésnek nem csak pozitív, hanem negatív (lefelé) irányban is működni kell, ezért az előfeszítés mér-

31. ábra. Leopard 1-es közepes harckocsi torziós rugózású felfüggesztéssel



tékét a lefelé mozgásra is meghatározzák. Ezzel biztosítható, hogy a futógörgő követi a lánctalp (terep) mozgását.

A torziós rúd gyártási technológiájának korszerűsítésével a Leopard 1-es harckocsinál az 1960-as évek elejére elérték, hogy a maximális, kb. 60°-os előfeszítési (előcsavarási) szögnek és 400 mm-es Z tengely (lengőkar) hosszánál 407 mm-es maximális rugóút jött létre.

A torziós rugózás teljesítményének növeléséhez azonban a következő feltételek megléte lenne szükséges:

- a torziós rúd hosszának növelése (nem realizálható a vasúti berakodási méretek korlátai miatt);
- a lengőkar hosszának növelése (adott futógörgő szám mellett ez a harckocsi páncéltestének hossz- és tömegnövekedését eredményezné);
- a torziós rúd átmérőjének csökkentése (a harckocsi tömegének növekedése és a görgőterhelés miatt nem lehetséges);
- az ötvöző elemek, hőkezelési és mechanikai utókezelések optimalizálása;

más rugóelemekkel való kombinálás (pl. sorba kapcsolt torziós rudak és torzióscső kombinációja). A torziós rúd és torzióscső kombinációja azonban nem ad teljesen kielégítő megoldást mivel az eltérő geometriai feltételek miatt a torziós rúd a rugó munkának csak mintegy 20-23%-át tudja felvenni.

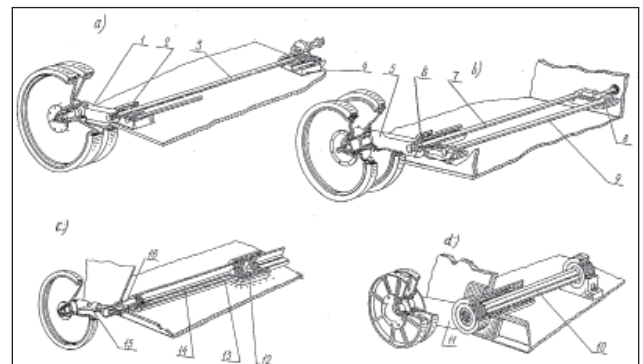
Torziós rugózással a futóművek már a II. világháborúban is léteztek. (Pz III-as, KV-1-es) és mégsem terjedtek el



32. ábra. T-34/58-as közepes harckocsi Christie-rendszerű futóművel

33. ábra. Torziós rugózású felfüggesztések

a) – egy torziós tengellyel (rúddal) (T-55-ös, T-72-es), b) – kettő torziós tengellyel, c) – torziós tengellyel és torziós csőtengellyel (ASZU-57-es), d) – torziós rúd köteggel, 1, 5, 11 és 15 – a futógörgő Z tengelye, 2, 4, 6, 12 és 16 – torziós rúd háza a páncéltesten, 3, 14 – torziós tengely, 7 – első torziós tengely, 8 – forduló feszítő bütyök, 9 – második torziós tengely, 10 – torziós tengelyköteg, 13 – torziós cső.



olyan mértékben, mint egyes fajták, pl. a görgő kocsis Sherman, a csavarrugós Churchill, vagy a csavarrugós Christie rendszerű T-34-es harckocsik. Az első generációs harckocsiknál a Szovjetunióban és az USA-ban is csak a II. világháború után tértek át a torziós rugózású felfüggesztésre.

A torziós rugózás – mint az a 33. ábrán látható – lehet egy, kettő vagy köteges szerkezeti megoldású rendszer.

Az egytengelyes torziós felfüggesztésre magas fokú, egyenletes járás jellemző, ilyen jellemzője van pl. a PT-76-os könnyű úszó harckocsinak. Az alkalmazható rugalmas felfüggesztéshez a páncéltestnek elegendő nagy periódusú, hosszirányú lengésszögek kialakítása szükséges.

A szovjet (orosz) és más korszerű harckocsik túlnyomó többsége önálló torziós rugózású, amelyek előnye: a szerkezeti egyszerűség, a torziós tengely és a Z tengely bordás kapcsolatának megbízhatósága, a tengely védettsége, a jó anyagkihasználás, a rugóelemek viszonylagos kis tömege, nincsenek termikus problémák, jó a költséghatékonyság és a felfüggesztés kis üzemeltetési, karbantartási igényű.



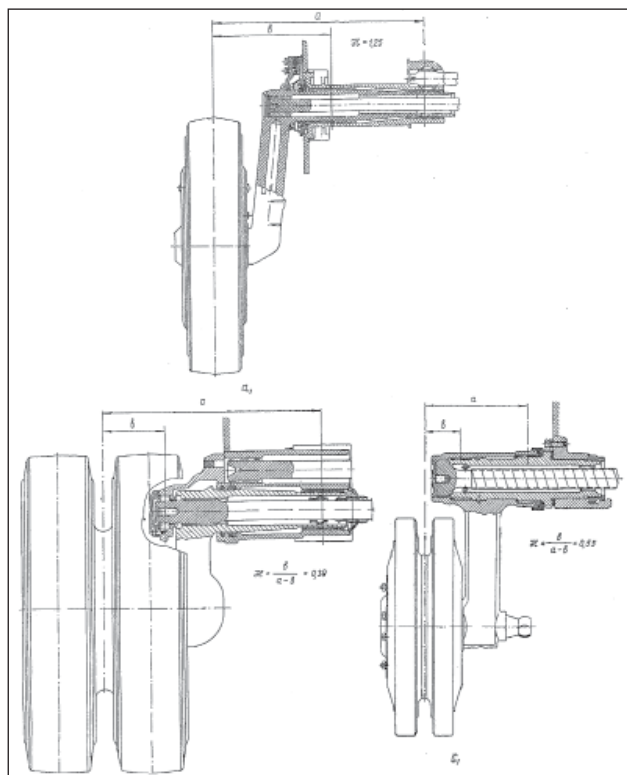
34. ábra. Az M1-es harckocsi futóműve 14 db torziós tengellyel rendelkezik

Az M1-es és Leopárd 2-es harckocsik futóműve 14 db torziós tengellyel (rúdugóval) és 500 mm-es rugóút hosszal rendelkezik, amely a páncéltest adott hossza, és a legnagyobb futógörgő-átmérő mellett, a lehető legnagyobb munkafellevő képességet biztosítja.

Érdekességgént megemlíthető, hogy a General Motors kompromisszumos megoldást dolgozott ki úgy, hogy a hat futógörgős rendszerénél az 1, 2 és a 6-os futógörgők rugózása hidropneumatikus, míg 3, 4 és 5-ös futógörgők torziós-rúd-torziós csőrugózással kerültek kialakításra.

A csavarrugós rendszerek ma már ritkábban alkalmazott megoldások, és ugyanebbe a kategóriába sorolhatók az ütköző rugós és lemez (lap) rugós típusok is. Ezen csoportban egyenes összefüggés van a rugózó elem deformációja és a csillapítás lineáris karakterisztikája között, és kiegészítő rugós ütköző elem nem került alkalmazásra. Nagy-Britannia a Centurion és a Chieftain harckocsiknál összekapcsolt rugózást alkalmazott vízszintes csavarrugókkal, amelyet Horstman-rendszernek nevezünk. Az izraeli hadsereg a Merkava harckocsinál a páncéltesthez kívülről odacsavarozható rugóelemeket alkalmaz.

A II. világháború utáni 1. generációs harckocsiknál a maximális rugóút kb. 150-300 mm volt, ami az alacsony fajlagos teljesítménnyel szorosan összefügg.



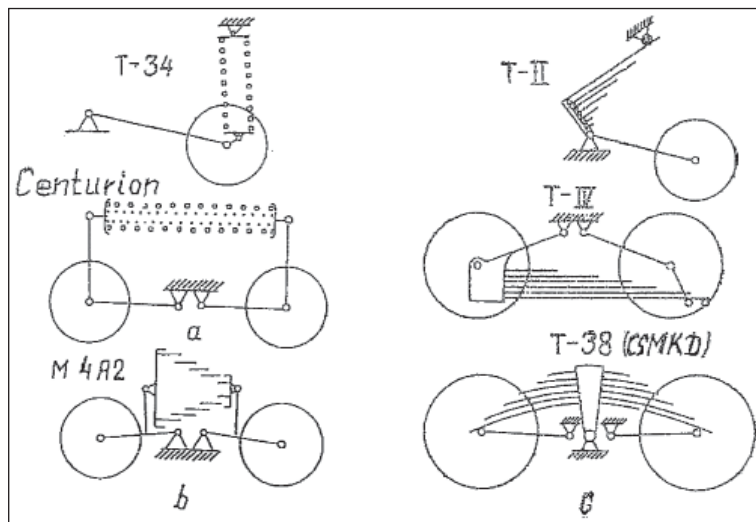
35. ábra. Z tengely konstrukciók a harckocsi felfüggesztésnél
a – PT-76-os úszó harckocsi; b – T-54-es közepes harckocsi; c – változat a merev tengelyen rögzített Z tengelyre

A laprugós felfüggesztések a mozgásban lévő harckocsi ütősszerű behatásait csökkentik a laprugók íves hajlásával. A laprugók kis belső súrlódása nem biztosítja a lengések gyors csillapítását a harckocsitest és a rugalmas felfüggesztés között, ezért szükséges a speciális lengéscsillapítók alkalmazása.

A 36. ábrán a rugalmas elemekkel kialakított felfüggesztések elvi vázlatai láthatók, az alkalmazott harckocsi típusok megjelölésével.

Az a) ábrán a csavar- (spirál-) rugók, a b) vázlaton a csavart laprugó, míg a c) ábrán a fél laprugók és az elliptikus laprugó láthatók.

36. ábra. Rugalmas felfüggesztés fémrugózó elemekkel
a – csavarrugók; b – csavart laprugó; c – laprugók





37. ábra. Sherman M4A2 típusú közepes harckocsi csavart laprugós rugózással

A blokkolt vagy reteszelt rugós felfüggesztéseket főleg az angol harckocsiknál alkalmazzák, ilyen korszerű harckocsinak tekinthető típusoknál, mint a Centurion, Chiftain. Más rugalmas fém anyagú felfüggesztéseket ma már gyakorlatilag nem alkalmaznak.

A nem fém elemekkel kialakított felfüggesztéseknél az alkalmazott deformálódó (rugózó) elemek szerint lehet gumi, pneumatikus, hidropneumatikus és hidraulikus rendszerű. A különböző rendszerek vázlata a 38. ábrán látható.

A gumi rugózású rendszer, mint azt az a) vázlat mutatja, a futógörgő egy párhuzamos karú rudazattal van összekötve a páncéltesttel, ahol a felső rudazatba gumi rugózó elemek kerültek beépítésre. Ezen rendszerű rugózás esetén a rugó út igen korlátozott. A b) ábrán a pneumatikus felfüggesztés vázlata látható. A pontokkal jelölt térben levegő vagy gáz található, amelynek nyomása 200-300 bar is lehet. A munkahenger alsó részében lévő olajat, a felfelé mozgó futógörgő felfelé nyomja, a gáz nyomása ellenében.

A hidropneumatikus rugózás – c) vázlat – az összenyomott gáz és a folyadék együttes alkalmazásával került kialakításra, ahol a nagyobb terheléseket az összenyomott gáz viseli. A csillapítást a hidraulikus dugattyú látja el.

Az alkalmazott hidropneumatikus rugózás egyik példája a svéd „S” (Stridsvagn) harckocsi. A páncéltest +12° és

–10°emelkedési szögek között volt állítható. Az elért rugóút hossza 540 mm volt.

A harckocsi-tervezők arra törekedtek, hogy a várható előnyök megvalósulásával sorozatgyártásra tegyék éretté ezt a rendszert. Ilyen előnyök lehetnek: nagyobb rugóút és teljesítmény-felvevő képesség, kompakt rugóelemek kialakítása és az oldalpáncélhoz való csatolása, az alváz süllyeszthetősége és dőlésszögének változtatása. Több harckocsit gyártó ország végzett kísérleteket, intenzív próbákat a hidropneumatikus rugózás kialakításával, de néhány kedvező eredménytől eltekintve – elismerve a rendszer nagy teljesítő képességét – rámutattak arra, hogy a termikus, mechanikus, tömítési és időkorlátok miatt nem kerültek sorozatgyártásra. Az itt elért legnagyobb rugóút nagysága elérte az 575 mm-t. A rendszerek üzemi nyomása dinamikus terhelésnél elérné a 800 bart is.

A hidraulikus rugózás vázlatát a 38/d) ábra mutatja. A hidraulikus rugózásnál a futógörgő mozgásával a hengerbe nyúló dugattyú az olajat vagy a speciális hidraulika folyadékot igyekszik összenyomni, illetve a folyadék térfogatát növelni, ezáltal a folyadék nyomása elérheti az 1000 MPa-t is. A folyadék terét növelve vagy csökkentve biztosítja a rugózást.

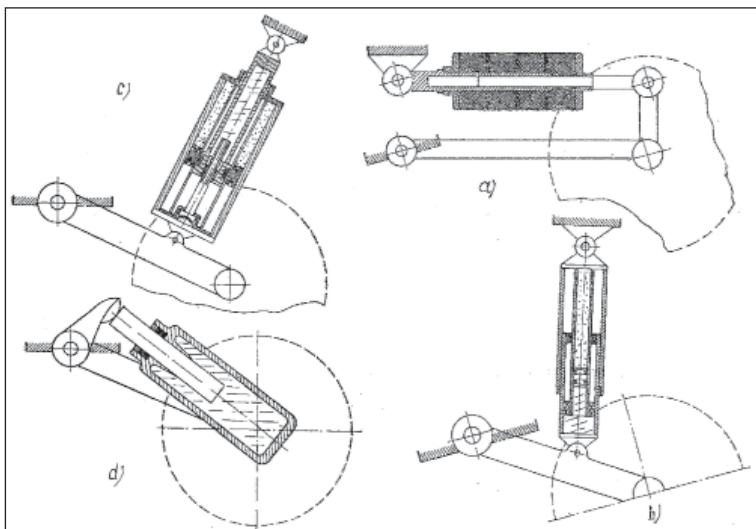
A pneumatikus és hidropneumatikus felfüggesztésekre az optimális, nem lineáris karakterisztika a jellemző, nagy energia kapacitás és magas egyenletes, előnyös mutatók jellemzik: a futógörgők nagy és dinamikus munkájára, viszonylagos kis tömeg, statikus helyzetben kis keménység, dinamikus terhelésnél gyors nyomásnövekedés, a rugózó elem akár a harckocsin belül is elhelyezhető. Németországban 1957-től kezdődően intenzív kísérletek folytak a hidropneumatikus rugózás bevezetésére. A Neu lövészpáncélos prototípusában a rugóút 380 mm-es, míg a Standard harckocsinál 325 mm-es rugóút volt elérhető. A tervezők ezt tovább kívánták növelni, ezért a függőleges elrendezésű egydugattyús rugóelemekről, a hosszirányú fekvő ikerdugattyús rugóelemekre tértek át, így az RU 264-es járműnél 575 mm-es maximális rugóutat is képesek voltak elérni. Hátrányként jelentkezik, hogy ezen konstrukciók drágák, karbantartási igényük magas, és méreteiben ki vannak téve a hőhatásnak.

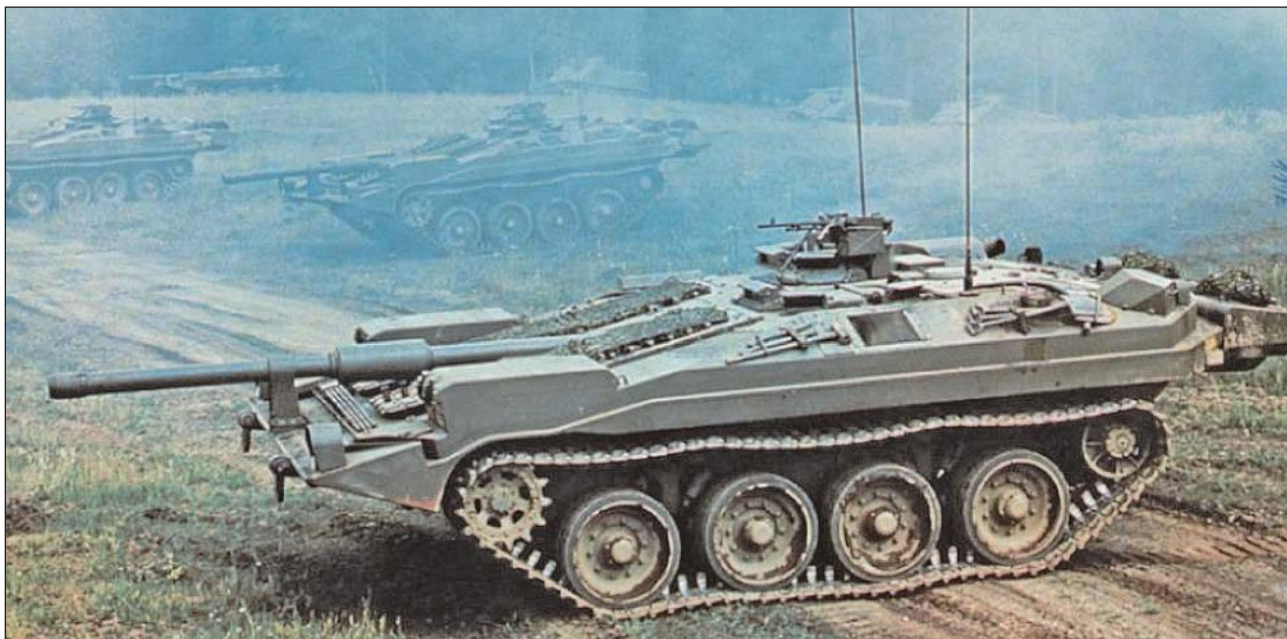
A hidraulika folyadékok a kalibrált furatokon való áramlással rugóznak és a nagy hidraulikus sűrűdással biztosítva a harckocsi lengésének effektív csökkentését, speciális lengéscsillapítók nélkül.

Bár a fejlesztések az USA-ban és Németországban tovább folytatódtak, és a Leopard 2-es két prototípusát fel is szerelték a messzeemenően optimalizált konstrukciójú hidropneumatikus rugózó elemekkel, az állóképessége, élettartama nem érte el a torziós felfüggesztés mutatóit.

A japán 74-es sorozatgyártású harckocsinál a rugóút hossza 450 mm, az üzemi nyomás 300 bar volt, a német KPz 70 típusnál a próbaüzem alatt a nyomásértékek elérték a 800-900 bar csúcsonyomást is. A KPz 70 típusnál – mivel ez közös fejlesztés volt a USA-val – követelményként határozták meg, hogy a harckocsi legyen képes a földtől 4 cm-re „leülni” az elrejtőzés fokozása érdekében, majd a terepjáró képességének megőrzésére, a normál magas-

38. ábra. Rugalmas felfüggesztés vázlatai nem fémes anyagokkal
a – gumirugózó elemmel, b – pneumatikus,
c – hidropneumatikus, d – hidraulikus





39. ábra. A svéd Stridsvagn 103-as harckocsi

ságot visszaállítva tudjon mozogni. A közös fejlesztés nem sikerült, de a német fejlesztés elkészítette a Leopard 2-es harckocsit, az amerikai fejlesztés az M1 Abrams harckocsit.

Külön érdekesség, hogy a szovjet harckocsitervezők – eltérve a korábbi Christie-féle rendszertől – a T-64-es harckocsinál a hat kisméretű futógörgős futómű minden görgőjét önálló hidropneumatikus rugózással látták el.

Célirányos kísérletek, az intenzív próbák, vizsgálatok kimutatták, hogy a hidropneumatikus felfüggesztés nagy teljesítő képességű, de egyben rámutattak arra is, hogy a termikus, mechanikus és tömítési problémák további fejlesztéseket, vizsgálatokat igényelnek.

A különböző rendszerű felfüggesztéseket összehasonlítva látható, hogy az első időszakban alkalmazott görgős, lánckocsi rugózás és a korszerű hidropneumatikus rugózás maximális rugóújtjai milyen fejlődésen mentek át:

- az összekapcsolt rugózású ún. Horstmann görgőkocsi rendszer rugóújtjának hossza kb. 250 mm;
- a független csavarrugós Christie rendszernél a rugóút hossza kb. 200 mm;
- torziós tengelyeknél kb. 510 mm;

40. ábra. A KPz 70-es harckocsi hidropneumatikus rugózás vizsgálata



(Fotók a szerző gyűjteményéből.)

- hidropneumatikus rugózásnál a rugóút hossza elérheti a 600 mm-t.

(Folytatjuk)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Műszaki lexikon 2. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest 1972;
 Tábori tüzérség. Típuskönyv. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1988,
 Harckocsik és harckocsicsapatok. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1982;
 Конструкция и расчет танков. ИЗДАНИЕ АКАДЕМИИ, Москва, 1973,
 Dr. Varga Vilmos: Lánctalpas traktorok járó- és kormány-szerkezete. Agroforum, 2008. 19. évf. 6. sz.;
 Kovácsházy Miklós: A lánctalp, mint a harckocsi egyik legfontosabb alkotója. Hadmérnök IV. évfolyam 2. szám – 2009. június;
 Kovácsházy Miklós: A lánctalpas járszerkezet kialakítása. Hadmérnök IV. évf. 3. sz. 2009. szeptember;
 Schnittzeichnung des Kettenkrads Hyperlink: <http://www.kettenkrad.de>
 A magyar harc- és gépjármű fejlesztések története. A Haditechnikai-történeti Társaság Kiadványa;
 Zsuppán István: A magyar autó. Zrínyi kiadó, Budapest 1994;
 Ian V. Hogg: Guinness Fegyverenciklopédia. Zrínyi Kiadó ISBN 936 327 229 7;
 A harckocsi fejlesztés 30 éve 1950–1980 (I. –II. rész). A magyar Néphadsereg Páncélos- és Gépjármű-technikai Szolgálat Főnökség Kiadványa, 1983;
 P. A. Rotmisztróv: Az idő és a harckocsik. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1975;
 Roger Ford: A világ híres harckocsijai 1916-tól napjainkig. Hajja és Fiai Könyvkiadó, Debrecen 2003;
 George Forty: Tankok világenciklopédiája. Athenaeum 2000 kiadó, Budapest 2006;
 ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ТАНКОВ: Полная энциклопедия танков мира 1915–2000 г.г. 1998.