

A KERÉK- ÉS SÍNKOPÁS GEOMETRIAI PROBLÉMÁI

SOSTARICS György

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Járműgépészeti Intézet

Bevezetés

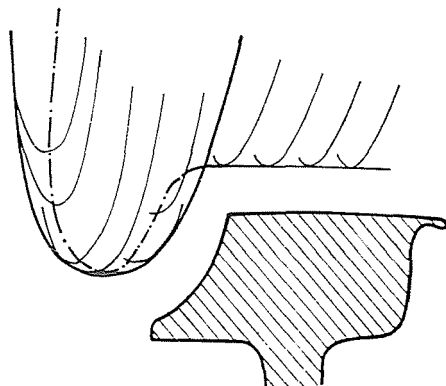
A Járműgépészeti Intézetben olyan számítási módszerrel dolgozunk, melynek segítségével az új állapotú kerék- és sínprofil alakjából kiindulva az üzemeltetés közben várható kopott profilokat számítógéppel meghatározhatjuk.

E kutatási munka néhány részeredményét ismertetjük.

A kerék- és sínkopás számos befolyásoló tényezője közül itt elsősorban a makrogeometriai tényezővel foglalkozunk (a mikrogeometria körébe tartozó felületi érdességet is kizárva) azzal a hatással, amelyet a kerék- és sínprofilból származtatott felületek alakja, valamint a felületek érintkezési módja okoz a kopás folyamatában. Kitérünk azonban a kinematikai jellemzők szerepére is.

A kerék- és sínkopás elméleti szélső esetei (abszolút kerék- és sínkopás)

A geometriai tényező hatása szemléletesen mutatkozik meg, ha a kopásban részt vevő egyik felület alakját változatlanul tételezzük fel a kopási folyamat során. Egy tetszőleges kerékprofil — állandó nekifutási szög mellett — a sánt az 1. ábra szerinti alakúra koptatja, függetlenül attól, hogy milyen volt

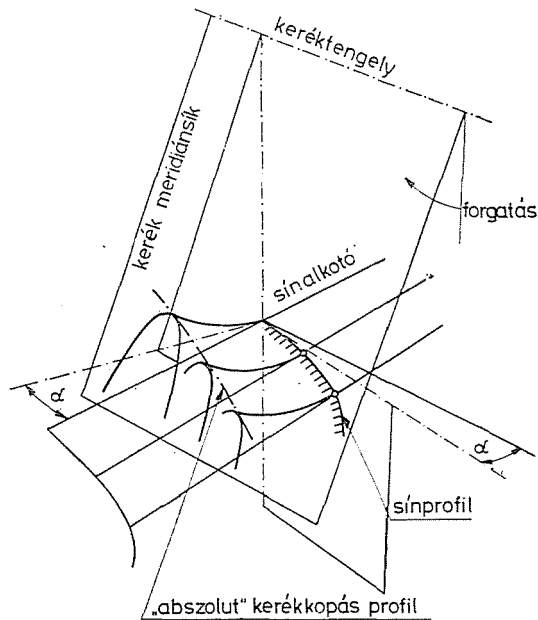


1. ábra

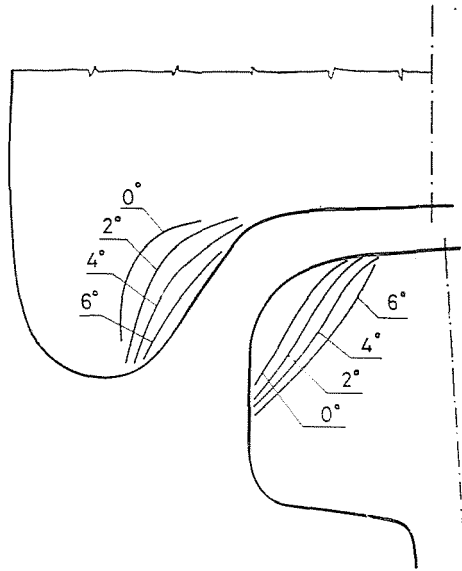
a sín kezdeti alakja. A sínnek ezt a kopási alakját az adott kerékprofilhoz és α nekifutási szöghöz tartozó *abszolút sínkopásgörbének* nevezzük. A gyakorlatban hasonló profilalak található azon a viszonylag rövid zárt pályán, melyen sok jármű közlekedik (a vágányhosszra jutó összkerekkerület nagy) és így a kopás elsősorban a síre koncentrálódik. Ha a nekifutási szög nagy, a sínen él keletkezik, ami a városi villamos vasutak sínjein helyenként jól megfigyelhető (1. az ábrát). Hasonló gondolatmenettel származtatható az *abszolút kerékkopás-görbe* is, amely szintén a nekifutási szög függvénye. (2. ábra) A gyakorlatban ehhez hasonló kopási alak keletkezik, ha hosszú pályán kevés jármű közlekedik, és így a kopás elsősorban a kerékre koncentrálódik. Mindkét kopásgörbe *burkológörbe*, matematikai alakjuk is ebből vezethető le. Új állapotú kerékre illetve síre és különböző nekifutási szögekre az abszolút kopásokat a 3. ábrán mutatjuk be. Ezek tájékoztatnak a várható kopás alakjáról, de csak az említett két szélső esetre. Segítségükkel lehet meghatározni tetszőleges kerék- és sínfelület érintkezési pontját illetve pontjait, adott nekifutási szög esetén. A térprobléma így síkproblémára vezethető vissza, két síkgörbe érintkezési pontjának illetve pontjainak meghatározására.

Az abszolút kopásgörbék ismerete rendkívül fontos elvi következtetésekre ad lehetőséget. Ezek közül a legfontosabbak:

- Kimutatható, hogy az anyag igénybevétele szempontjából a térgörbén megvalósuló érintkezés az ideális, így az abszolút kopásgörbe szerint kialakí-



2. ábra



3. ábra

tott profilalak tekinthető az igénybevétel — és közvetve a kopás szempontjából is a legkedvezőbbnek.

- Elvileg végtelen sok összetartozó abszolút kerék- és sínkopás görbe alakítható ki. Ezek közül futástechnikai és kisiklásbiztonsági elemzéssel kiválasztható a legmegfelelőbb profilpár.
- Az abszolút kopásgörbék alakja függ a nekifutási szögtől. A kerék — miközben a pályán gördül — a sít különböző nekifutási szöggel érinti. A kerékprofilra nézve tehát a nekifutási szög nem lehet állandó. Bizonyos körülmények között azonban elérhető, hogy a pálya adott helyén a sínen állandó nekifutási szöggel érkező kerekek gördüljenek át. Ha tehát a kopás szempontjából ideálisnak tekinthető esetet akarjuk megvalósítani, erre elvileg csak az a lehetőség adódik, hogy a sínprofil alakját a beépítés helyének megfelelő nekifutási szögtől — elsősorban pályaiívsugártól függően változtassuk. Ez elsősorban a belső sínoldal kialakítását érinti.
- A sínen a használat során a kopás maga alakítja ki az abszolút kopásgörbéhez hasonló sínprofil. Minél homogénebb a járműpark, a profil annál jobban közelíti az abszolút sínkopásgörbét, azaz a kopás szempontjából ideális alakot. Törekedni kell tehát arra, hogy a járműpark futóműrendezése (tengelytáv, kerékátmérő, kerékprofil stb.) azonos legyen. (Igen kedvezőtlen például a kéttengelyes és forgóvázas kocsik vegyes üzemeltetése.)

Az érintkezés gyakorlatban előforduló esetei, jellemzőik

A kerék és sín közötti érintkezés lehet egy- vagy kétpontos, de bekövetkezhet térgörbe mentén is (erre példa az abszolút kopásgörbék esete). A nekifutási szög növekedésével a kezdeti egyponthoz képest a kétponthoz is kétpontossá vált át. A kerékkopás így általában szétválasztható a nyomkarimán és a futófelületen létrejövő kopásokra. E két helyen eltérő sajátosságokkal találkozunk, bár a különbségek bizonyos körülmények között (például az egyponthoz képest) elmosódnak. A nyomkarima érintkezésének jellemzői például:

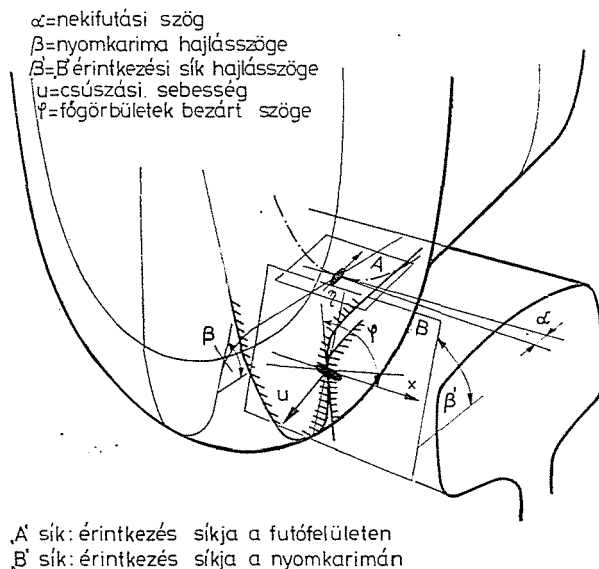
- az érintkezés nem folytonos,
- adott nekifutási szög és profilalakok mellett az érintkezési pont a meridián-görbén nem vándorol,
- az érintkezési ponton a csúszás nagyobb,
- a nekifutási szög hatása jelentős,
- az érintkezési pontban a két felület főgörbületei közül néhány jelentősen nagyobb.

A futófelület érintkezési pontjaira általában az előbbieket ellenkezőjé lehet kimutatni.

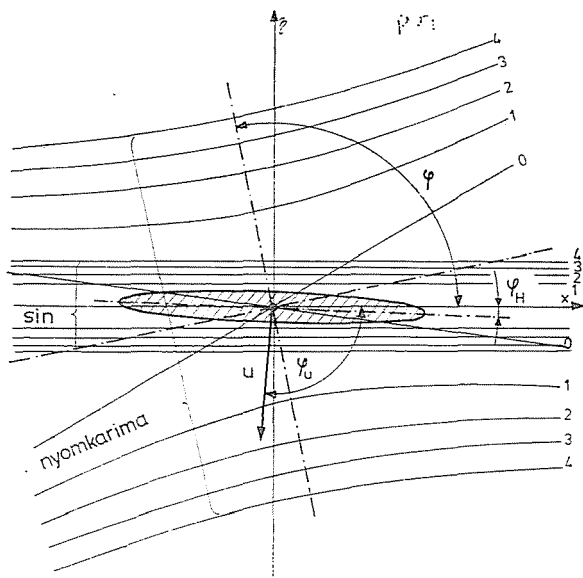
A két érintkezési pont térbeli elhelyezkedését mutatja a 4. ábra.

Érintkezés a nyomkarimán

A kopás szempontjából fontos geometriai és kinematikai jellemzők az 5. ábrán láthatók.



4. ábra



5. ábra

Ezek:

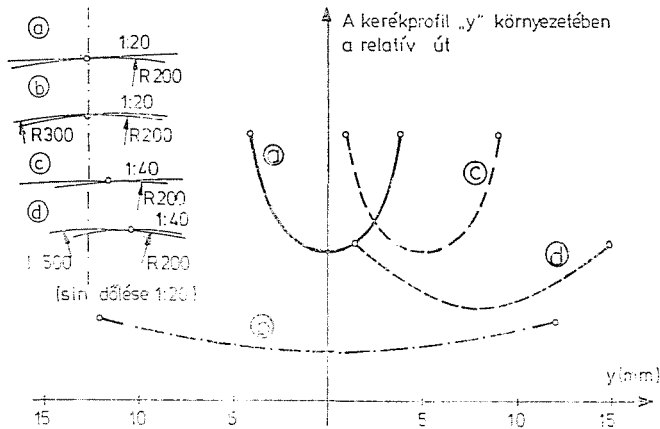
- a három főgörbület (Mivel a sín hengerfelület, első főgörbülete mindig zérus. A görbületi viszonyokat az ábrán nívóvonallal érzékeltettük.)
- a főgörbületek bezárt szöge (φ).
- a „Hertz” féle ellipszis kis és nagytengelye, a nagytengely sínalkotóval bezárt szöge (φ_H).
- a csúszási sebesség nagysága (u), és annak sínalkotóval bezárt szöge (φ_u).

A kopás során leváló anyagmennyiség az adott esetnek megfelelő (az ismertetett jellemzőkkel modellezett) kísérlettel határozható meg. A lehetséges érintkezési situációk felméréséhez a vizsgált pályaszakasz ívviszonyainak statisztikus felmérése és ennek alapján a nekifutási szögek hisztogramja is szükséges.

Érintkezés a keréktalpponton

Az ismertetett sajátosságok szerint elhanyagolható a nekifutási szög hatása, fontos szerepe marad azonban a három főgörbületnek, annak ellenére, hogy ezek itt általában kisebbek. A csúszás egyenes pályán esetenként elhanyagolható, pályáívbén azonban nem, a csúszás irányát ekkor az ún. súrlódási középpont helye adja meg.

Itt most elsősorban azt emeljük ki, hogy miután a kerékpár a vágányban a nyomtágasság következtében keresztirányban elmozdulhat, az érintkezési



6. ábra

pont a kerék futófelületén axiális irányban vándorol. Ez a jelenség erőteljesen befolyásolja a futófelületen kialakuló kopást. A jelenség hatását úgy vizsgáljuk, hogy a kerékpárprofilat viszonylag rövid, egyenlő szakaszokra osztjuk, és meghatározzuk, hogy a kerék az egyes szakaszokhoz tartozó futófelületeken gördülve mekkora részutat tesz meg. Ehhez a vizsgálathoz ismerni kell a kerékpár keresztirányú kitéréseinek eloszlását, és a kerékpárkitérés függvényében az érintkezési pont helyét. Az eloszlásra futástechnikai elemzés útján, vagy mérésekből következtethetünk. A legegyszerűbb esetet vizsgálva a kerékpár keresztirányban közelítően szinuszcörbe mentén mozog.

Mindkét keréktalpponton csúszásmentes gördülést feltételezve — *kúpos* futófelület és *hengeres sín*-felület esetén — az egyes gördülőkörökre jutó út sűrűségfüggvényét a 6. ábra *a* görbéje mutatja. Ez esetben a kerékprofilon az érintkezési pont éppen annyit mozdul el, mint amekkora a kerékpár keresztirányú kitérése. Jelentősen megváltozik a vizsgált sűrűségfüggvény akkor, ha a futófelület — kopás, vagy a korszebb profilalak alkalmazása miatt — *homorú* (torusfelület). Ilyenkor az érintkezési pontok sokkal szélesebb sávra húzódnak szét, így a kerékprofil ugyanazon szakaszára jutó megtett út jelentősen lecsökken (6/b görbe). Figyelembe véve, hogy a homorú futófelületen a kedvezőbb görbületek miatt a felületi feszültség is csökken, a koptató hatás csökkenése ilyen profilon nyilvánvaló. A sín dőlésének és a kerékprofil hajlásának eltérése elsősorban az érintkezési sáv eltolódásában mutatkozik meg. (6/c és 6/d görbe).

A kopott kerék- illetve sínprofil alakjának számítógépes meghatározása

Távlati célunk olyan számítógép program elkészítése, melynek segítségével egyszerű feltételek mellett (pl. elágazás nélküli zárt pályán azonos típusú járművek megegyező menetdinamikai jellemzőkkel közlekednek) a kopott kerék- és sínprofil generálható, és a kopás folyamata figyelemmel kísérhető. Ezt a kutatást azért tartjuk célszerűnek, mert a vonali kísérletek során általában nem választható szét számos befolyásoló tényező hatása, ugyanakkor ezek a kísérletek hosszadalmasak, költségesek és méréstechnikai szempontból nehézkesek.

A számítási eljárás alapja egy — a jelenlegi formájában egyszerű — *kopási hipotézis*, amely azonban a későbbi kutatási munka során továbbfejleszhető. E szerint a tetszőleges alakú — profilpontjainak koordinátaival adott kerék- és sínfelületet — különböző nekifutási szögekkel (nyomkarimaérintkezéskor), illetve különböző keresztirányú kerékkitérésekkel (futófelületi érintkezéskor) érintkezésbe hozunk, majd az érintkezési ponton átfektetett meridiánsíkban a két profilgörbét egymással metszésbe hozzuk, mégpedig úgy, hogy a két görbe előre meghatározott felületet zárjon közre az érintkezési pont környezetében. E felület nagysága függ a felületi feszültségtől, a relatív csúszástól, a nekifutási szög illetve a keresztirányú kitérés gyakoriságától, valamint számítástechnikai megfontolásoktól. Ezt a felületet adott arányban két részre osztjuk, az egyiket a kerék, a másikat a sín felületéből vesszük el. A megosztás aránya elsősorban attól függ, hogy az adott sínhosszra mekkora összegzett kerékkerület jut, ezen kívül figyelembe vehető a kerék és sín anyagának eltérő kopási sajátossága is. A lehetséges szélső helyzetek közötti intervallumon kis lépésekben végighaladva egy koptatási ciklus végére jutunk. Ezután a kialakult profilgörbét simítjuk, majd újabb koptatási ciklust kezdünk el.

A program kiegészíthető futástechnikai és futásbiztonsági vizsgálattal, ezen kívül a kopott profil ellenőrzésével, elsősorban annak eldöntésével, hogy a vonatkozó előírások szerint a kopás mértéke a megengedett határon belül van-e. Kerékprofil vizsgálata esetén az újraesztergálással kapcsolatos mutatók (pl.: rádiuszvesztés, a lekopott és leesztergált profilfelület aránya stb.) kiszámítása is indokolt. Ezzel a kiegészítéssel a számítógépprogram alkalmas különböző profilalakok — valamint ugyanazon profilpárok mellett az üzemeltetési és javítási módok — összehasonlító vizsgálatára.

A számítógépprogram végleges kimunkálása még további kutatómunkát igényel.

Dr. Sostarics György egy. docens