

VASÚTI JÁRMŰKEREK FUFELÜLETÉNEK KOPÁSA

GYŐRI József, SÓLYOMVÁRI Károly

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Gépipari Technológia Tanszék

A vasúti járműkerék futófelületén és a futófelület alatti anyagrészben keletkező igénybevétel nagyon összetett. Különböző jellegű, változó nagyságú erők, az általuk okozott hőigénybevétel és kopási folyamatok hatnak a kerék anyagára. A pálya állapotától és a jármű futási tulajdonságaitól függő számos tényező miatt a kerék várható élettartamát vagy futási teljesítményét nehéz előre becsülni. A kerék kopására nagy hatással van

- az anyag minősége, hőkezelési állapota,
- a terhelés nagysága és jellege,
- a kerék és a sín érintkezési viszonyai.

Kerekek, kerékabroncsok anyaga, hőkezelése

Megfelelő összetételű ötvözött acél jól teljesíthetné a vasúti kerék összetett igénybevétele által a kerék anyagával szemben támasztott követelményeket. A legtöbb vasút azonban gazdaságossági okokból — mivel folyamatosan nagy mennyiségű kerék- és abroncsanyagra van szüksége — főként ötvözetlen acélból készítteti a tömbkerekeket és a kerékabroncsokat. A vasúti kerékabroncsok anyagára vonatkozó magyar (MSZ 2752), továbbá a legtöbb nemzeti és nemzetközi szabvány elsősorban a szilárdsági tulajdonságokat szabja meg, a kémiai összetétel tekintetében az előírások meglehetősen rugalmasak, általában az ötvözők és a szennyezők megengedhető legnagyobb mennyiségét határozzák meg. Az említett magyar szabvány pl. a négyféle abroncsanyag C, Si, Mn, Cr, Ni, Mo, V, P, S tartalmának alsó határait nem írja elő, a felső határokat viszont mindegyik anyagra vonatkozóan ugyanazon a szinten szabja meg. Mindez természetesen nem jelentheti az anyag kémiai összetételének teljes határozatlanságát, mert az acél széntartalma és az egyéb ötvözők mennyisége úgy összegeződik, hogy a kívánt szilárdságú acél előállítható legyen.

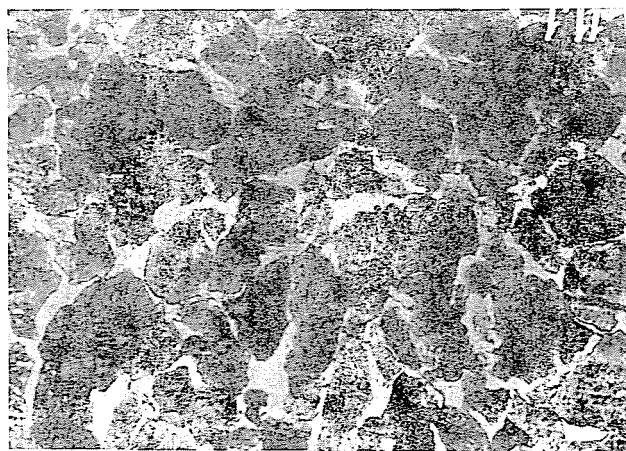
Sok évtizedes üzemi és javítási tapasztalatok alapján kialakultak a legtöbb, vasútnál alapvetően hasonló olyan szabványos abroncs- és kerékanyagok,

amelyek a sokféle műszaki, biztonsági és gazdasági követelményeket jelenlegi ismereteink szerint a legjobban megközelítik. Igen fontos azonban, hogy a rendelkezésünkre álló anyagot hőkezeléssel olyan szövetszerkezetűvé alakítsuk, amely az adott igénybevételeknek legjobban megfelel. A dinamikus és ismétlődő igénybevételek miatt a kerék anyagának szívósnak és fáradásbírónak kell lennie. A futófelületet, de még inkább a nyomkarima oldalfelületét igen jelentős koptató hatás éri, ezért a keréknek ezen a részén — legalább az érintett felületi rétegben — jó kopásálló szövetszerkezet lenne kívánatos.

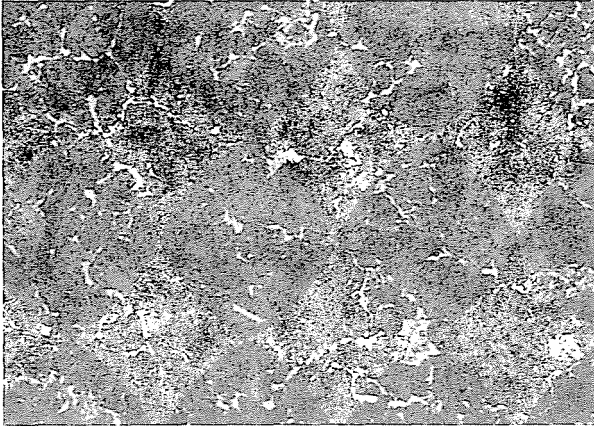
A megalakítás (hengerlés vagy sajtolás) hőmérsékletéről szabad levegőn lehűlő, külön hőkezelés nélküli kerékkoszorú vagy kerékabroncs anyaga durvalemezes perlitet és — különösen kisebb széntartalmú acélokban — ferrithálót is tartalmaz. Ilyen kerékkoszorú anyagáról készült szövetképet láthatunk az 1. ábrán. Ez az anyag kevésbé kopásálló és általában szilárdsága sem éri el azt a szintet, amely a futófelületen ébredő nagy érintkezési feszültségek miatt szükséges lenne. Az ilyen szövetszerkezetű abroncsok vagy kerekek tehát messze elmaradnak azoktól a szilárdsági és technológiai értékektől, amelyek elérését az acél kémiai összetétele lehetővé tenné.

Kedvezőbb tulajdonságú az az abroncsanyag, amelynek szövetképét a 2. ábrán láthatjuk. Az abroncsot 850 °C-ról olajban hűtötték, majd 650 °C-on feszültségmentesítették. Jóval kevesebb ferritet tartalmaz, mint az előző, és azt sem összefüggő háló formájában.

Általános alapelvként elfogadhatjuk: olyan hőkezelési eljárás a legmegfelelőbb, amelynek eredményeként homogén szövetszerkezet jön létre, és a kerék üzem közbeni belső feszültségei a legkisebbek lesznek. Ez az állapot a nemesítéssel közelíthető meg legjobban. A szó klasszikus értelmében azt a kettős hőkezelést nevezik nemesítésnek, amely edzésből és ezt követő arány-



1. ábra. Hőkezeletlen kerékkoszorú ferrithálós szövete

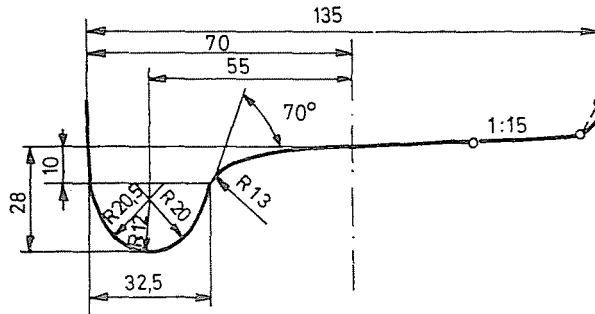


2. ábra. Nemesített kerékabroncs szövete

lag nagy hőmérsékletű (400 . . . 600 °C) megeresztésből áll. Kerekek esetében általában módosul az eljárás, amennyiben a szokásos technológiák alkalmazásával csak részleges edződés megy végbe. Olyan szövetszerkezet elérése a cél, amelynek perlitje finomlemezes és finomszemcsés, a ferrit pedig — amennyiben előfordul — egyenletesen elosztott, apró szigeteket alkot.

Igénybevételek, feszültségek számítása

A kerekek futófelületének alakját, a profilgörbéket a gépészeti gyakorlatban és a géprajzokon mindeddig általánosan alkalmazott módszer szerint egyenesek és körívek kombinációjaként adják meg. Ez a módszer eléggé bonyolult méretmegadáshoz vezet abban az esetben, ha jól meg akarjuk közelíteni az elméleti vagy kísérleti úton meghatározott optimális profilalakot. A körívek és egyenesek kombinációja azonban csak megközelíti a megvalósítani kívánt profilt, kisebb-nagyobb mértékben szükségszerűen eltér attól. Az elmúlt évtizedek során nem sokat törődtek ezzel az eltéréssel; az új profil kialakításánál nem törekedtek különösebb pontosságra, tudomásul vették, hogy üzem közben a kopás miatt úgyis lényegesen megváltozik. A jobb futásbiztonság, továbbá a nagyobb élettartam elérése érdekében végzett kutatások azonban igényelték a kerékprofil pontosabb meghatározását. A számítástechnika fejlődése pedig lehetővé is tette a profilgörbék egyenletének aránylag egyszerű és gyors kiszámítását. A számvezerlésű (NC) szerszámgépek viszont jól „megértik” és pontosan kimunkálják a matematikai módszerekkel meghatározott és megadott kerékprofil alakját. Az igények és lehetőségek ilyen találkozása készítette a kutatókat arra, hogy pl. az UIC-ORE kerékprofil méreteit ne csak a hagyomá-



3. ábra. UIC-ORE kerékprofil

nyos módon adják meg, hanem a szakaszokra bontott teljes profilgörbe egyenletét is meghatározzák.

A profil egyenes szakaszait az

$$y = a + bx,$$

a köríveket pedig az

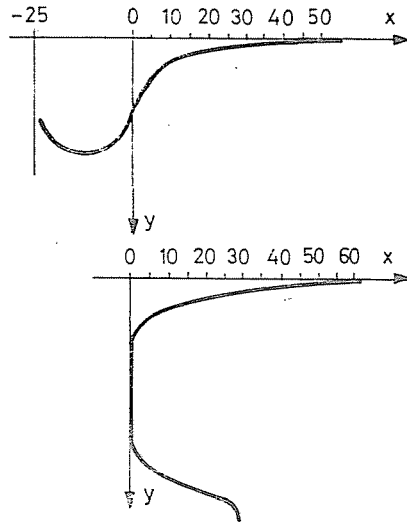
$$y = y_1 - \sqrt{r^2 - (x - x_1)^2}$$

jellegű egyenletekkel adják meg. A futókörtől a nyomkarima 70° -os oldalfelületéig (3. ábra) tartó átmeneti ív egyenletét pedig két szakaszra bontva nyolcadfokú, ill. hetedfokú polinommal közelítik meg.

A kopás több helyen is módosítja az új kerékprofil szabályos vonalait. ezért a kopás mértékétől függően csökken azoknak a profilszakaszoknak a hossza, amelyeket egyenesekkel vagy körívekkel helyettesíthetünk. A kopott profil egyenletének meghatározása ezért minden vizsgált esetre külön elvégzendő egyedi feladat, lényegesen bonyolultabb, mint az új profil esetében. mégis érdemes foglalkozni vele, ha pl. a különböző kerék- és sínprofilok érintkezési viszonyait, lehetséges illeszkedési eseteit, az érintkezés helyén fellépő feszültségeket akarjuk kutatni, ill. számítani. A következőkben röviden összefoglaljuk azt a számítási eljárást, amelyet ilyen jellegű kutatási feladatok megoldásához dolgoztunk ki.

Az említett vizsgálatokhoz elegendő a kerék- és sínprofiloknak azokat a részeit elemezni, amelyek az élettartam és a futásbiztonság szempontjából meghatározóak: a keréken a nyomkarima 70° -os oldalfelületétől a futókör síkjáig, a sínen pedig a sínfej belső oldalfelületétől annak legmagasabb pontjáig. Ennek megfelelően célszerű a koordináta-rendszer x tengelyét a profilok vízszintes érintőjeként felvenni. A 0 pontot a 4. ábrán látható módon úgy vesszük fel, hogy az y tengely érintse a sínfej belső felületét, ill. a kerék belső síkja az $x = -25$ értéknél legyen.

Mérő- vagy rajzolókészülékkel felvesszük a vizsgálni kívánt profilok alakját, majd ezeket az x - y tengelyekre illesztve meghatározzuk a profil-



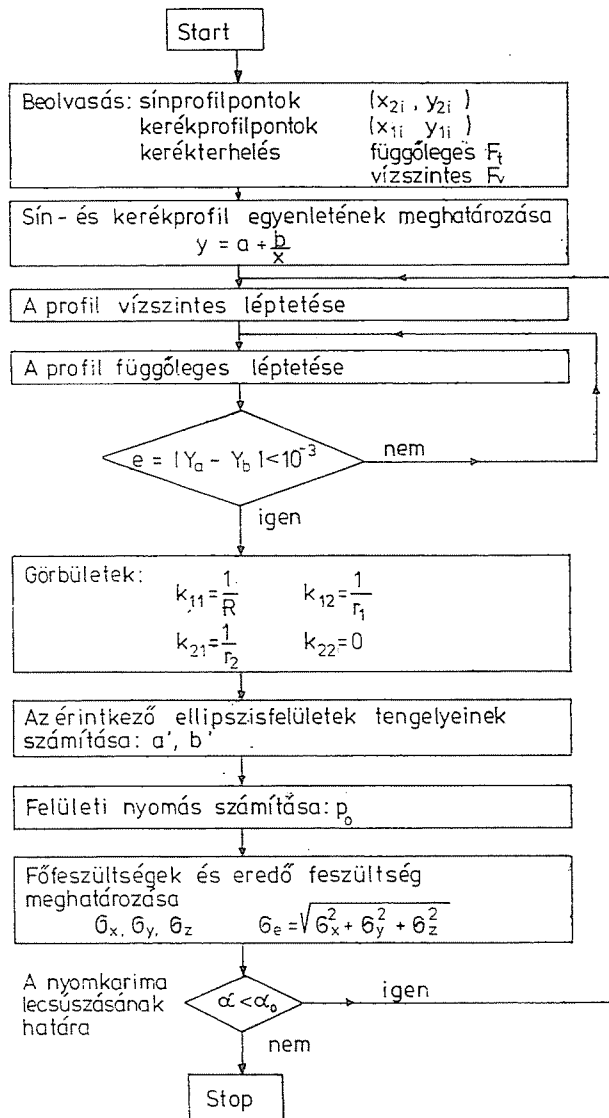
4. ábra. Koordináta-rendszer a kerék- és sínprofil felvételéhez

pontok $x-y$ koordinátáinak értékét. Ezekből különböző alakú, a profilgörbét kisebb-nagyobb eltéréssel megközelítő görbék egyenletét határozhatjuk meg. Már említettük a polinomokkal való megközelítést. A profilgörbék vizsgált szakaszaihoz jól illeszkedik az

$$y = a + \frac{b}{x}$$

jellegű hiperbola, ezért számításainkban ilyen típusú egyenletekkel közelítettük meg azokat. A számítás során az egyenlet a és b konstansainak értékét kell úgy meghatározni, hogy a hiperbola és a tényleges profil pontjai közti eltérések négyzeteinek átlaga a legkisebb legyen.

A továbbiakban meg kell határozni, hogy a kerék futása során a kerék- és sínprofilok mely pontjai érintkeznek egymással, adott terhelés esetén milyen érintkező felületek alakulnak ki, és ezeken mekkora feszültségek ébrednek. Az érintkezési pontban a két profilgörbe y -értéke és iránytangense megegyezik. Ezt a pontot úgy keressük meg, hogy a két profil egymáshoz viszonyított meghatározott helyzetében (pl. amikor a futókör síkja megegyezik a sínfej szimmetriasíkjával) az egyik profilt kis lépésekkel a másikhoz közelítjük és figyeljük, hogy melyik pontban közelítik meg egymást legjobban. Az így megtalált érintkezési pontban aztán rendre kiszámoltatjuk a feszültség kiszámításához szükséges részeredményeket, pl. a kerék- és sínfelületek görbületeit, az érintkezési felület méretét, majd a főfeszültségek nagyságát. Ezután a keréknek a sínen való tengelyirányú elmozdulását szimulálva, a kerékprofilt x irányban egy kis lépéssel eltoljuk (pl. a nyomkarimát 1 mm-rel közelítjük a sínfejhez)



5. ábra. A feszültségszámítás tömbvázlata

és az előbbi számítási folyamatot megismételjük. Mindezt addig folytatjuk, amíg a nyomkarima a sín oldalfelületén fel nem ütközik. A számítási sorozat végén a kívánt adatok a futófelület és a nyomkarimahajlat teljes hosszára vonatkozóan rendelkezésünkre állnak és a számítógéppel megfelelő formában kiírathatók. A számítás tömbvázlatát az 5. ábra szemlélteti.

Dr. Győri József egy. docens

Dr. Sólyomvári Károly egy. adjunktus