

ORTOTRÓP GUMI-KORD RENDSZEREK STATIKUS MECHANIKAI VIZSGÁLATA

PÓSFALVI ÖDÖN*

és

SZŐR PÉTER**

A KÉMIAI TUDOMÁNYOK DOKTORA

[Beérkezett 1973 június 22-én]

A dolgozat ortotróp gumi-kord rendszerek rugalmas tulajdonságainak elemzésével foglalkozik. Először a külső feszültségek és az alakváltozási energia közötti kapcsolat alapján tárgyalja a rendszer rugalmassági egyenlet rendszerét. Bemutatja gumiban ágyazott kordok rugalmassági tényezőjének meghatározását a kordra ható nyomó- és húzóigénybevétel esetében. Vizsgálja a gumi-kord rendszerre jellemző Poisson-féle szám értékeit a kordszög és a kordcérna rugalmassági tényezőjének függvényében. A dolgozat tárgya a vegyész-, gépész- és a közlekedéstudományok határterületén helyezkedik el, ezért a problémák felvetése és megoldása több aspektusból tárgyalható. A tanulmány a közlekedésgépészet szemszögéből dolgozza fel a témát.

Jelölések

F_z	— húzóerő
\bar{E}_k	— a gumiban ágyazott kordcérna rugalmassági tényezője
I_1, I_2	— az alakváltozás invariánsai
F_k	— korderő
A_k	— a kord keresztmetszete
w_g	— a gumi fajlagos alakváltozási energiája
w_k	— a kord fajlagos alakváltozási energiája
c_0, c_1, c_2	— a gumi anyagjellemzői
w	— a gumi-kord rendszer fajlagos alakváltozási energiája
p	— a fajlagos alakváltozási munka
u	— a fajlagos potenciál
$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z, \lambda_k$	— nyúlási mértékek általában $\lambda = 1 + \varepsilon$
v_g, v_k	— fajlagos térfogat
σ_x, σ_z	— normál feszültség
μ_2	— a Poisson-féle szám
α_{kr}	— kritikus kordszög
α	— kord ágyazási szög
β	— dinamikus kordszög
ε	— fajlagos hosszváltozás

1. Bevezetés

A gumiabroncs köpenyeket, a légrugók membránjait, a kordbetétes gumitömlőket, a gumihevederes szállítószalagok egyes típusait, a repülőgép üzemanyagtartályok egyik fajtáját gumiba ágyazott és vulkanizált kordszövetből állítják elő. A felsorolt gumi-kord gépelemek makro anyagszerkezetére a diagonális kordcérna elrendezés jellemző.

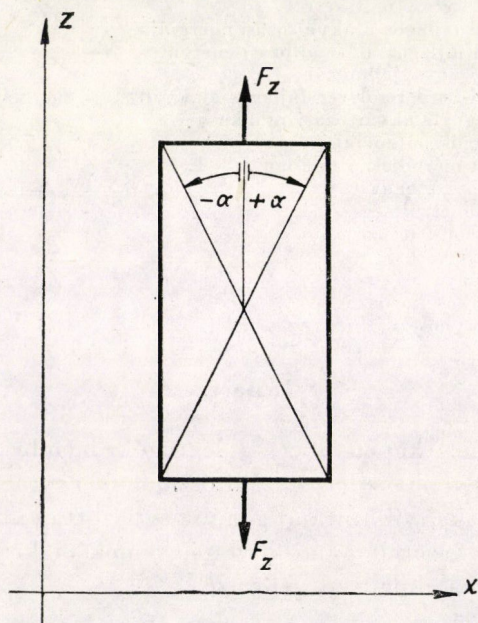
* Dr. Pósfalvi Ödön, 1119 Budapest, Szakasits Árpád u. 20.

** Prof. Dr. Szőr Péter, 1087 Budapest, Kerepesi út 17.

Előljáróban megállapíthatjuk, hogy a fejlett iparral és közlekedéssel rendelkező országokban igen jelentős kutatómunkát fordítottak a gumi-kord gépelemek laboratóriumi és üzemi vizsgálatára. Ezt a kutatást azonban nem, vagy nem eléggé kapcsolták össze a gumi-kord rendszerek mechanikai tulajdonságainak tanulmányozásával, ami azzal a következménnyel járt, hogy a gumi-kord gépelemek anyagában lezajló mechanikai jelenségeket és a rugalmas komplex anyag tulajdonságait nem kielégítő pontossággal ismerjük.

Az ortotróp gumi-kord rendszerek rugalmassági és szilárdsági tulajdonságainak vizsgálataihoz szükséges a gumiba ágyazott kordcérnák E_k rugalmassági tényezőjének ismerete. A rugalmassági tényező meghatározásakor figyelembe kell venni az ágyazóanyag és a kord kölcsönösen egymásra kifejtett hatását. A közleményben bemutatásra kerülő módszerrel lehetővé vált tetszőleges hosszúságú gumiba ágyazott kordcérna összenyomása vagy húzása esetében az E_k rugalmassági tényezők meghatározása.

Az 1. ábrán $\pm\alpha$ kord ágyazási szögű ortotróp gumi-kord rendszer anyagmodelljét látjuk. A rendszerre ható egytengelyű húzóigénybevételkor ($F_z > 0$) $\alpha_1 = 0^\circ$ -os kordszög esetében mindig húzott kordcérnákat kapunk. Az F_z húzóerő irányát nem változtatva, $\alpha_2 = 90^\circ$ -os kordszög esetében a modell x irányú összehúzódása következtében a kordcérnákat nyomóigénybevétel terheli. Felvetődik a kérdés, hogyan számítható ki az az α_{kr} ágyazási szög, amely a kordcérnákra működő húzó- vagy nyomóigénybevétel határát jelzi? A probléma felvetése és megoldása azért érdemel figyelmet, mivel a tapasztalat



1. ábra

szerint kordcérnák ismétlődő összenyomása esetében a kordháló hamarabb megy tönkre és az α_{kr} szög a kordcérnákra ható nyomóigénybevétel kialakulási feltételeinek meghatározására alkalmas paraméter.

A rendelkezésre álló irodalomban gumiba ágyazott kordcérnák E_k rugalmassági tényezőinek meghatározására és az α_{kr} kordszög számítására utalást nem találtunk.

A komplex anyag egyik anyagjellemzőjének a Poisson-féle számnak a meghatározásával csupán néhány közemény foglalkozik. CLARK, S. K. az ortotróp anyagokra levezetett általános Hooke-féle törvény és a gumi-kord tömlők vizsgálata alapján határozta meg a rendszerre jellemző Poisson-féle számokat [1]. Az eredményekből azonban nem kaphatunk választ arra, hogy a gumi és a kordcérna anyaga, valamint a gumi-kord rendszer szerkezete miképpen befolyásolja a Poisson-féle számot. ROBECCI, E. a rétegelt anyagok szerkezeti sajátosságai alapján, a Hooke-féle törvény figyelembevételével vizsgálta a gumi-kord rendszert [2]. Az eredmények értékelését és általánosítását megnehezíti az a korlátozó körülmény, hogy a vizsgálatokat csak a $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ -os ágyazási szögtartományban végezte el.

Az irodalomban felsorolt eredmények figyelembevételével célul tűzzük ki az alábbi kérdések vizsgálatát:

1. Hogyan határozhatjuk meg a gumiba ágyazott kordcérnák E_k rugalmassági tényezőjét a kordra ható nyomó- és húzóigénybevétel esetében?

2. Hogyan számíthatjuk ki a húzóigénybevétellel terhelt gumi-kord rendszerben az erőmentes kordcérnák irányát kijelölő α_{kr} ágyazási szöget?

3. Hogyan határozzuk meg az anyagrendszer Poisson-szám függvényét a gumi és a kord anyagjellemzőivel a teljes ágyazási szögtartományban?

A feltett kérdésekre a válaszokat kísérleti adatokra támaszkodó számítási módszerrel adjuk meg a rendszerben felhalmozott alakváltozási energia és a külső feszültségek potenciáljának kapcsolata alapján.

2. A gumi fajlagos alakváltozási energia függvénye

TRELOAR, L. R. G. és BIDERMAN, V. L. a gumi fajlagos alakváltozási energia függvényt (w_g) az alakváltozás kezdeti szakaszára az alábbi alakban adják meg [3], [4]:

$$w_g = c_0 I_1, \quad [\text{kp/cm}^2] \quad (1)$$

ahol c_0 a gumi anyagjellemzője $[\text{kp/cm}^2]$.

A w_g energia függvény kifejezését a gyakorlat igényeit kielégítő alakváltozási tartományban így írhatjuk fel [4]:

$$w_g = c_1 I_1 + c_2 I_2', \quad [\text{kp/cm}^2] \quad (2)$$

ahol c_1 és c_2 a gumi anyagjellemzői $[\text{kp/cm}^2]$.

I_1 és I_2 az alakváltozás invariánsai. Részletesen kiírva

$$I_1 = \frac{1}{2} (\lambda_x^2 + \lambda_y^2 + \lambda_z^2 - 3),$$

$$I_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda_x^2} + \frac{1}{\lambda_y^2} + \frac{1}{\lambda_z^2} - 3 \right),$$

ahol $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ az alakváltozási főirányokban a nyúlási mértékek kifejezése, egyébként a Kappus-féle rácsvektorok abszolút értéke [6].

3. A gumiban ágyazott kordcérna fajlagos alakváltozási energia függvénye

A gumiban ágyazott kordcérna E_k rugalmassági tényezőjét a következő kifejezés szerint definiáljuk:

$$E_k = \frac{dF_k}{d(\lambda_k - 1)} \text{ [kp]}, \quad (3)$$

ahol F_k a kordcérna tengelyében működő erő [kp],
 λ_k a kord nyúlási mértéke.

A kordcérna fajlagos alakváltozási energia függvénye (w_k) így írható lineárisan rugalmas kordcérnák esetében:

$$w_k = \frac{E_k(\lambda_k - 1)^2}{2A_k} \text{ [kp/cm}_2\text{]}, \quad (4)$$

ahol A_k a gumiban ágyazott kordcérna keresztmetszete [cm²]

4. A kompatibilitási egyenletek

Ezek az egyenletek az ágyazó gumi és a kordháló együttdolgozásának feltételeit fejezik ki a komplex anyag alakváltozása alatt.

4.1. A kompatibilitási egyenlet az α kordágyazási szöggel kifejezve [5]
a szóbanforgó egyenlet

$$\lambda_k^2 = \lambda_x^2 \sin^2 \alpha + \lambda_z^2 \cos^2 \alpha, \quad (5)$$

ahol $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ statikus kordszög (ágyazási szög)

4.2 A kompatibilitási egyenlet a β kordszöggel kifejezve

A gumi-kord rendszer alakváltozása során általában a kordcérnák α szöge megváltozik. E megváltozott szöget, amely a kordok ollózó mozgásából származik, β *dinamikus kordszögnek* nevezzük:

$$\frac{1}{\lambda_k^2} = \frac{\sin^2 \beta}{\lambda_x^2} + \frac{\cos^2 \beta}{\lambda_z^2}. \quad (6)$$

5. Az ortotróp gumi-kord rendszer átlagos fajlagos alakváltozási energiája

A komplex anyag fajlagos alakváltozási energiáját (w) a gumiban (g) és a kordban (k) felhalmozott energiából nyerjük a fajlagos térfogatok arányában:

$$w(\lambda_x, \lambda_z) = \sum_{i=g}^k v_i w_i, \quad [\text{kp/cm}^2], \quad (7)$$

ahol v_i a fajlagos térfogat.

6. A külső feszültségek fajlagos alakváltozási potenciálja

Az ortotróp gumi-kord rendszer oldalfelületén ébredő σ_x , σ_z normál feszültségek fajlagos alakváltozási potenciálját (p) a következő kifejezéssel számítjuk ki:

$$p(\lambda_x, \lambda_z) = - \sum_{j=x}^z \sigma_j \lambda_j \quad [\text{kp/cm}^2]. \quad (8)$$

7. Az ortotróp gumi-kord rendszer fajlagos potenciális energiája

A rendszer fajlagos potenciális energiáját (u) az átlagos alakváltozási energia (7) és a fajlagos alakváltozási munka (8) függvényének összegéből képezzük:

$$u(\lambda_x, \lambda_z) = \sum_{i=g}^k v_i w_i - \sum_{j=x}^z \sigma_j \lambda_j \quad [\text{kp/cm}^2]. \quad (9)$$

A λ_x , λ_z nyúlási mértékeket, amelyek egyébként jól mérhető adatok, a gumi-kord rendszer síkjában az alakváltozási főirányokban vizsgáljuk.

Az ortotróp gumi-kord rendszer egyensúlya esetében az

$$u = u(\lambda_x, \lambda_z)$$

fajlagos potenciális energia minimális:

$$u(\lambda_x, \lambda_z) = \text{Min!}$$

Ez a megállapítás a (10) egyenletrendszer felírását teszi lehetővé:

$$\frac{\partial u}{\partial \lambda_x} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial \lambda_z} = 0. \quad (10)$$

A (10) kifejezéseket a (2, 4, 5, 7, 8, 9) egyenletek figyelembevételével számítjuk ki a térfogatállandóság $\lambda_x \lambda_y \lambda_z = 1$ feltétele alapján:

$$\begin{aligned} v_g \left[c_1 \left(\lambda_x - \frac{1}{\lambda_x^3 \lambda_z^3} \right) + c_2 \left(-\frac{1}{\lambda_x^3} + \lambda_x \lambda_z^3 \right) \right] + v_k \frac{F_k \lambda_x}{A_k \lambda_k} \sin^2 \alpha - \sigma_x = 0, \\ v_g \left[c_1 \left(\lambda_z - \frac{1}{\lambda_x^3 \lambda_z^3} \right) + c_2 \left(-\frac{1}{\lambda_z^3} + \lambda_x^3 \lambda_z \right) \right] + v_k \frac{F_k \lambda_z}{A_k \lambda_k} \cos^2 \alpha - \sigma_z = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

A (11) egyenletrendszer alkalmas arra, hogy a σ_x, σ_z feszültségek, a gumi anyagjellemzőinek és a λ_x, λ_z nyúlási mértékek ismeretében a gumiban ágyazott kordcérnák E_k rugalmassági tényezőit és a rendszer Poisson-féle tényezőjének függvényét meghatározzuk. A kitűzött célok elérésére kísérleti munkát végeztünk, amit a következő fejezetben ismertetünk.

8. A kísérleti munka

A Taurus Kutató Intézet Zwick-típusú szakítógépen az ágyazó gumiból készített és a gumi-kord lemezekből kivágott ortotróp gumi-kord próbatetek vizsgálatait végeztük el. A mechanikai vizsgálatok során guminál az F_z húzóerő és a λ_z nyúlási mérték kapcsolatát — röviden az $F_z(\lambda_z)$ függvényt — határoztuk meg. Az $F_z(\lambda_z)$ diagram alapján az állapotjellemzők figyelembevételével (hőmérséklet, alakváltozási sebesség, feszültségi állapot jellege) kiszámítottuk a gumi anyagjellemzőit. Az eredményeket az I. táblázatban foglaltuk össze.

I. Táblázat

Alakváltozási sebesség (mm/min)	A gumi anyagjellemzői (kp/cm ²)		
	c_0	c_1	c_2
$v_1 = 12$	11,1	5,65	7,49
$v_2 = 80$	10,5	5,39	6,71

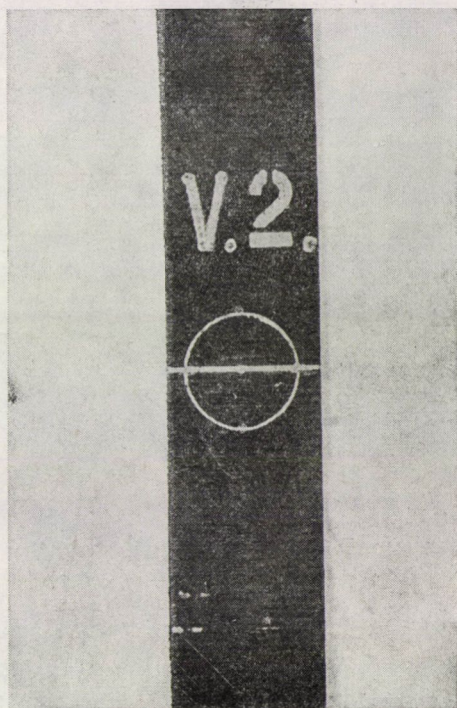
A gumi-kord próbatesteken a vizsgálatokat egyszerre két irányban végeztük, mert egyrészt az $F_2(\lambda_z)$ diagramot határoztuk meg, másrészt a $\lambda_x = \lambda_x(\lambda_z)$ függvény pontjait vettük fel.

Az $\alpha_2 = 90^\circ$ -os kordszögű próbatesteken a λ_x, λ_z nyúlási mértékek kapcsolata lineáris korrelációval

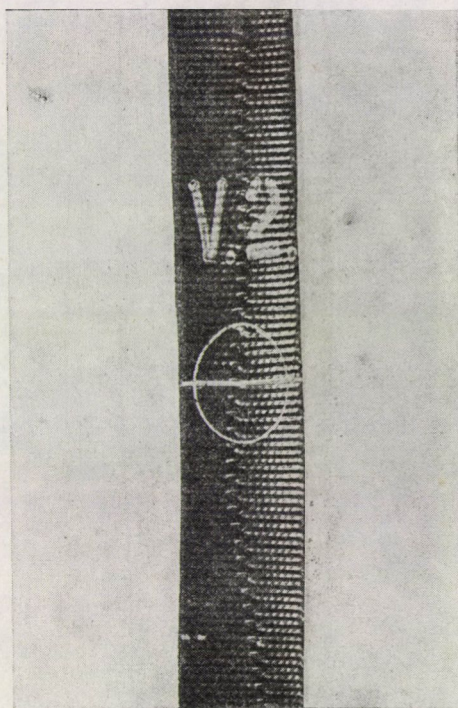
$$\lambda_x = -0,17 \lambda_z + 1,17, \quad (12)$$

ahol $1 \leq \lambda_z \leq 1,9$. A (12) kifejezés korrelációs tényezője $r = 0,95$. Az $\alpha_2 = 90^\circ$ -os kordszögű próbatestek alakváltozási állapotát szemlélteti a 2. ábraszorozat. A rendszer alakváltozása alatt a kordcérnákat nyomóigénybevétel terheli.

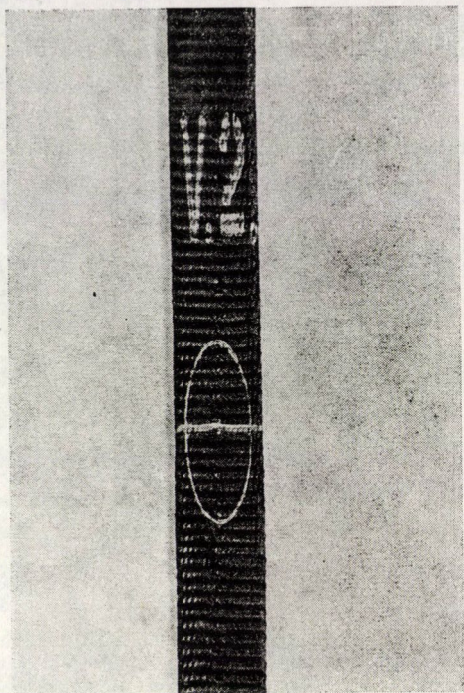
A gumi-kord próbatestek gumiba ágyazott és vulkanizált kordszövetből készültek. A kord alapanyaga viszkózus. (Minősége: Super 2). A gumi alapanyaga természetes és mesterséges kaucsuk, továbbá korom.



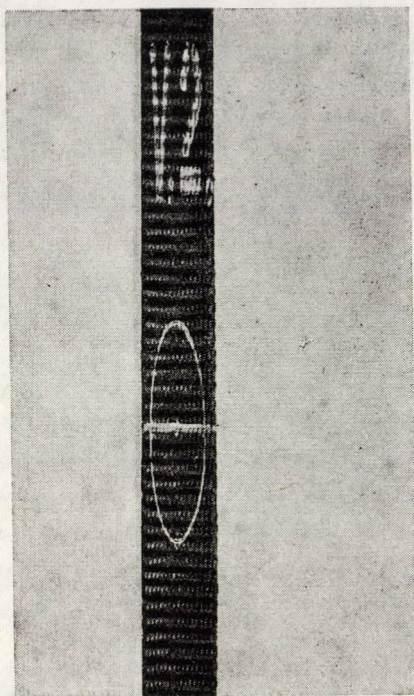
2.1. ábra



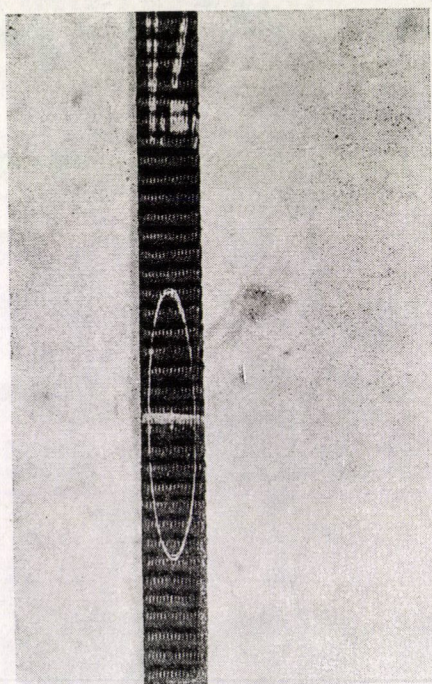
2.2. ábra



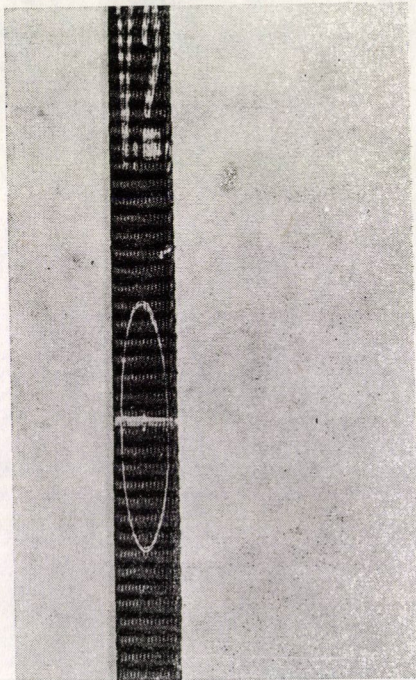
2.3. ábra



2.4. ábra



2.5. ábra



2.6. ábra

9. Gumiban ágyazott kordcérnák E_k rugalmassági tényezője, ha a kordcérnákat húzóigénybevétel terheli

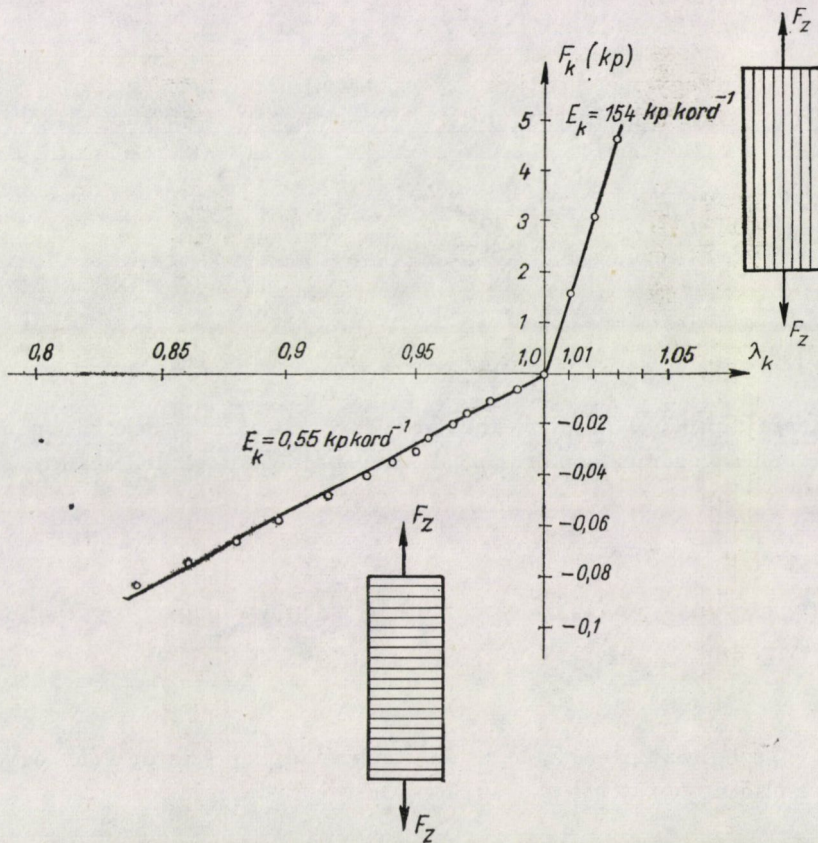
A vizsgálatokat $\alpha = 90^\circ$ -os kordszög esetében végeztük. Az E_k rugalmassági tényezőt az F_k korderő és a hozzá tartozó λ_k nyúlási mérték ismeretében határoztuk meg. Az $F_k(\lambda_k)$ függvényt a (11) egyenletrendszerből kapjuk meg a

$$\sigma_x = 0, \quad \sigma_z \geq 0, \quad \lambda_z = \lambda_k, \quad \alpha = 0^\circ$$

adatok helyettesítésével:

$$F_k(\lambda_k, \sigma_z) = \frac{A_k}{v_k} \left\{ \sigma_z + v_g \left[c_1 \left(-\lambda_k + \frac{1}{\lambda_k^2} \right) + c_2 \left(-1 + \frac{1}{\lambda_k^3} \right) \right] \right\}. \quad (13)$$

A σ_z, λ_k összetartozó értékpárokat lineárisan rugalmas kordcérnák esetében az $F_z(\lambda_z)$ diagramból vesszük. A számítást számítógéppel végeztük; az eredményt a 3. ábrán grafikusán dolgoztuk fel. A vizsgált konstrukciójú rendszer



3. ábra

gumiban ágyazott kordcérnáinak rugalmassági tényezője húzás esetében $E_k = 154$ [kp/kord].

10. Gumiban ágyazott kordcérnák E_k rugalmassági tényezője, ha a kordcérnákra nyomóigénybevétel működik

Ekkor a vizsgálatokat $\alpha = 90^\circ$ -os kordszög esetében végezzük. Az $F_k(\lambda_k)$ függvényt a rendszerre ható egytengelyű húzóigénybevételnél a (11) egyenlet-rendszer első egyenletéből

$$\sigma_x = 0, \quad \lambda_x = \lambda_k \quad \alpha = 90^\circ$$

adatok behelyettesítésével kapjuk.

$$F_k(\lambda_k, \lambda_z) = A_k \frac{v_g}{v_k} \left[c_1 \left(\frac{1}{\lambda_k^3 \lambda_z^2} - \lambda_k \right) + c_2 \left(-\lambda_k \lambda_z^2 + \frac{1}{\lambda_k^3} \right) \right]. \quad (14)$$

A (14) függvényegyenlet pontjainak kiszámításához ismerni kell a $\lambda_k = \lambda_k(\lambda_z)$ kapcsolatot, amit a kísérleti munka során határoztunk meg. A (12) kifejezés figyelembevételével a (14) függvényegyenletből gépi úton számítottuk ki az $F_k(\lambda_k)$ diagram pontjait. Az eredményt a 3. ábrán grafikusán dolgoztuk fel. Gumiban ágyazott, nyomott kordcérna rugalmassági tényezője a vizsgált rendszerre vonatkozólag $E_k = 0,55$ [kp/kord].

11. Az $\alpha = \alpha_{kr}$ ágyazási szög számítása

Az egytengelyű húzóigénybevétellel terhelt $\pm \alpha$ kordszögű gumi-kord rendszerben az erőmentes kordcérnákat az alábbi adatok jellemzik:

$$F_k = 0, \quad \lambda_k = 1, \quad \alpha = \alpha_{kr}. \quad (15)$$

A (7) egyenlet alakja a (15) paraméterek figyelembevételével így írható:

$$w = v_g w_g.$$

Az $\alpha = \alpha_{kr}$ szöghöz tartozó λ_x, λ_z nyúlási mértékek kapcsolatát a (11) egyenlet-rendszer első egyenletéből $\sigma_x = 0$ helyettesítésével kapjuk meg:

$$\lambda_x^4 \lambda_z^2 = 1 \quad (16)$$

Az α_{kr} ágyazási szöget a (16) kifejezés figyelembevételével az (5) egyenletből számítjuk ki:

$$\tan \alpha_{kr} = \sqrt{2}, \quad \alpha_{kr} = 54^\circ 42'. \quad (17)$$

Az α_{kr} szöghöz tartozó β dinamikus kordszöget (6) egyenletből kapjuk meg a (16) kifejezés alapján;

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad \beta = 54^\circ 42'. \quad (18)$$

A (17) és (18) eredmények összevetéséből azt kapjuk, hogy az α_{kr} szögben ágyazott kordcérnák iránya az alakváltozás kezdeti szakaszában ($\lambda_z = 1$) nem változik. Ez annyit jelent, hogy az egytengelyű húzóigénybevételrel terhelt $\pm \alpha_{kr}$ szögű ortotróp gumi-kord rendszerben az erőmentes kordcérnák mozgását csak a kordcérnák eltolódásával jellemezzük.

12. A Poisson-féle szám függvényének meghatározása és vizsgálata

A fejezetben célul tűzzük ki a Poisson-féle tényező kifejezésének meghatározását az α kord ágyazási szög és az E_k kord rugalmassági tényező függvényében. A vizsgálatok az alakváltozás kezdetére vonatkoznak ($\lambda_x = 1$; $\lambda_z = 1$). A cél elérését megkönnyítjük azzal, hogy a gumi alakváltozási energia függvény legegyszerűbb alakját vezetjük be [1].

A vizsgálatokhoz a (11) egyenletrendszer első kifejezését használjuk, melynek függvényegyenlete lineárisan rugalmas kordcérnák esetében a következő:

$$f(\lambda_x, \lambda_z) = v_g c_0 \left(\lambda_x - \frac{1}{\lambda_x^3 \lambda_z^2} \right) + v_k \frac{E_k (\lambda_k - 1)}{A_k \lambda_k} \lambda_x \sin^2 \alpha. \quad (19)$$

A μ_z Poisson-féle számot a λ_x , λ_z nyúlási mértékekkel az alábbi kifejezés szerint definiáljuk:

$$\mu_z = \left| \frac{d\lambda_x}{d\lambda_z} \right|. \quad (20)$$

A Poisson-féle szám képletét a (19), (20) egyenletekkel a térfogatállandóság feltételezésével ($\lambda_x \lambda_y \lambda_z = 1$) határozzuk meg:

$$\mu_z(\lambda_x, \lambda_z) = \lim_{\substack{\lambda_x \rightarrow 1 \\ \lambda_z \rightarrow 1}} \left| \frac{-\frac{\partial f}{\partial \lambda_z}}{\frac{\partial f}{\partial \lambda_x}} \right|. \quad (21)$$

A (21) egyenlet részletesen kiírva

$$\mu_z(\alpha, E_k) = \frac{2 + S \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{4 + S \sin^4 \alpha}, \quad (22)$$

ahol

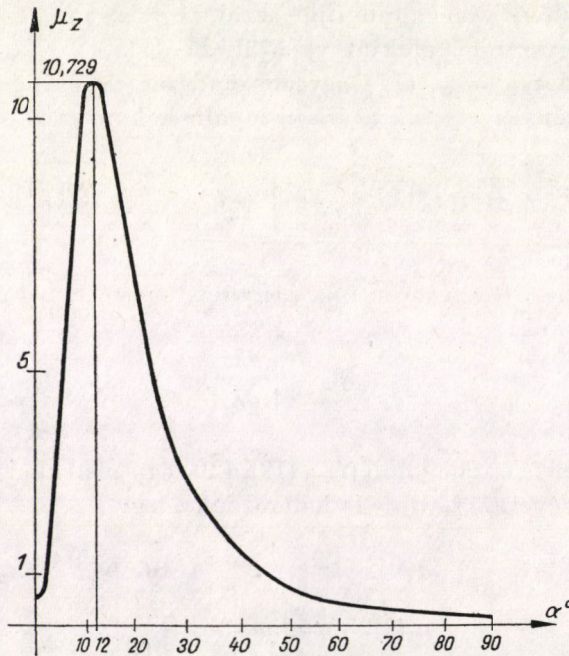
$$S = \frac{v_k E_k}{v_g c_0 A_k}.$$

A Poisson-szám képletébe (22) az α ágyazási szögnek megfelelően az

- $\alpha < \alpha_{kr}$ szögintervallumban a húzott kordcérnák rugalmassági tényezőjét,
 $\alpha > \alpha_{kr}$ szögintervallumban a nyomott kordcérnák rugalmassági tényezőjét

helyettesítjük be. A kísérleti munka során vizsgált gumi-kord rendszerekre a $\mu_z = \mu_z(\alpha, E_k)$ függvénypontokat számítógéppel határoztuk meg. A mi esetünkben a μ_z függvénynek $\alpha = 12^\circ$ -nál maximuma van, itt a függvény értéke (4. ábra):

$$\mu_z(12^\circ, 154) = 10,729.$$



4. ábra

Az α ágyazási szög szélső értékeinél a μ_z Poisson-féle számot a (22) képlettel számítottuk ki. A teoretikus úton kapott adatokat az $\alpha_1 = 0^\circ$ -os és $\alpha_2 = 90^\circ$ -os kordszögű rendszerek mérési eredményeivel hasonlítottuk össze. A vizsgálatok eredményeit a II. táblázatban közöljük.

II. Táblázat

α°	μ_{zt}	μ_{zk}	AH	RH(%)
0°	0,5	0,47	0,03	6,0
90°	0,178	0,17	0,008	4,5

Itt μ_{zt} — a számított Poisson-féle szám
 μ_{zk} — a kísérleti úton kapott Poisson-féle szám
 AH — az abszolút hiba
 RH — a relatív hiba.

13. Összefoglalás

Az ortotróp gumi-kord rendszerek rugalmas tulajdonságainak elemzésére és a komplex anyagra jellemző Poisson-féle számok meghatározására kísérleti adatokon alapuló számítási módszert dolgoztunk ki. A vizsgálatokat az anyagrendszerben felhalmozott alakváltozási energia és a komplex anyagra ható derékfeszültségek potenciáljának kapcsolata alapján végeztük. Kiszámítottuk a gumiba ágyazott kordcérnák rugalmassági tényezőjét akkor, ha a kordra húzó- vagy nyomóigénybevétel működik. A rendszer alakváltozási energiája alapján meghatároztuk a kordra ható nyomó- vagy húzóigénybevétel határát kijelölő α_{kr} kord ágyazási szöget. Megállapítottuk a Poisson-féle szám kifejezését a gumi és a kord anyagjellemzőinek függvényében a teljes α ágyazási szögtartományban. A kidolgozott módszer az ortotróp gumi-kord rendszerek mellett a többi, szálakkal vagy rétegekkel megerősített rugalmas anyagok vizsgálatára is alkalmas.

IRODALOM

1. CLARK, S. K.: *Rubber Chemistry and Technology* **37**, (1964), 1365
2. ROBECCHI, E.: *Kautschuk und Gummi. Kunststoffe*. **26**, (1973), 106
3. TRELOAR, L. R. G.: *The Physics of Rubber Elasticity* At the Clarendon Press, Oxford 1958
4. PONOMARJOV, SZ. D.: Szilárdsági számítások a gépészetben 7. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1966
5. HOFFERBERTH, W.: *Kautschuk und Gummi Kunststoffe* **9**, (1956), 225
6. PÓSFALVI Ö.: *Járművek, Mezőgazdasági Gépek* **19**, (1972), 364

Static-Mechanical Investigation of orthotropic Rubber-cord Systems. The properties of orthotropic rubber-cord systems are analysed. First, the set of material equations of the system will be treated on the basis of the relation between the external stresses and deformation energy. The determination of the Young's modulus of elasticity of the cord layers in the rubber in case of compressive and tensile stresses acting on the cord is described. The values of Poisson's ratio characterising the rubber-cord system are investigated depending on the cord angle and modulus of elasticity of the tyre yarn. The subject matter of the paper lies on the boundary area of the chemistry, mechanics and science of transportation, therefore, the problems and their solutions might be negotiated from several viewpoints. The paper at hand treats the subject from the viewpoint of transportation mechanics.

Statisch-mechanische Untersuchung von orthotropen Gummi-Kord Systemen. Analysiert werden die elastischen Eigenschaften von orthotropen Gummi-Kord-Systemen. Erstens wird das Materialgleichungssystem des Systems aufgrund der Abhängigkeit zwischen den äußeren Spannungen und der Verformungsenergie behandelt. Es wird die Ermittlung der Elastizitätsbeizahl des Zwischenbaukords im Falle der auf den Kord ausgeübten Druck- und Zugbeanspruchungen beschrieben und die Werte der für das Gummi-Kord-System charakteristischen Poissonschen Konstante werden in Abhängigkeit der Elastizitätsbeizahl des Kordwinkels und der Kordfaden untersucht. Das Thema der Abhandlung liegt auf dem Grenzgebiet der Chemie, Mechanik und der Verkehrswissenschaft und solche Probleme und deren Lösungen können von mehreren Gesichtspunkten aus untersucht werden. Der vorliegende Aufsatz bearbeitet das Thema vom Gesichtspunkt der Verkehrsmechanik aus.