

II. 573

5304

AZ ALAKVÁLTOZÁS SEBESSÉGÉNEK
HATÁSA KATONAPOSZTÓKNAK
SZAKÍTÓKÍSÉRLETTEL MEGHATÁROZHATÓ
MECHANIKAI TULAJDONSÁGAIRA

ÍRTA :
MIKLÓSI KORNÉL DR.



BUDAPEST

"PATRIA" IRODAIMI VÁLLALAT ÉS NYOMDAI RÉSZVÉNYTÁRSASÁG

1917

Universitatea de Medicină și Farmacie
"I. I. Meșină" Timișoara
C.A. I. DEPT. ZOOTEHNIC
din TIMIȘOARA

10130

1620

4.d

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA



00187287

300 lei

II. 573

5354

AZ ALAKVÁLTOZÁS SEBESSÉGÉNEK
HATÁSA KATONAPOSZTÓKNAK
SZAKÍTÓKÍSÉRLETTEL MEGHATÁROZHATÓ
MECHANIKAI TULAJDONSÁGAIRA

ÍRTA :
MIKLÓSI KORNÉL DR.



BUDAPEST

"PATRIA" IRODALMI VÁLLALAT ÉS NYOMDAI RESZVÉNYTÁRSASÁG

1917

Míg fémeknél, sőt más anyagoknál is a szakítás sebességének a szilárdságra, illetőleg a keménységre való befolyása már régebben tüzetes vizsgálatok tárgyát képezi,* addig szövetek vizsgálatánál e tekintetben még nyitott kérdés előtt állunk.

Az ügy jelenlegi nagy fontosságánál fogva a szerző indítatva érezte magát, hogy katonaposztókkal több szakító kísérletsorozatot végezzen; e kísérletek eredményét az alábbiakban óhajtja ismertetni.

I. A kísérletekre vonatkozó általános megfontolások.

Mindenekelőtt abban kell megállapodnunk, melyik mennyiséget tekintsük, illetőleg használjuk az alakváltozás sebességének mértékéül.

Tegyük fel, hogy a szakítógép két befogó feje percnként v mm-rel távolodik el egymástól. Ha a befogott szövetsáv eredeti hossza l_0 mm, akkor egyenletes alakváltozás esetén a szövetsáv minden hosszelemében a *percenkénti százalékos nyúlás* :

$$\gamma = \frac{v}{l_0} \cdot 100 . \quad (1)$$

* *Leloutre* (Les transmissions par courroies, cordes et câbles métalliques. Paris, 1884.) bőrrel végzett kísérleteket és egy bizonyos bőranyagnál úgy találta, hogy a szilárdság értéke :
ha a kísérlet *1 óra 26 percig* tartott, *301 kg/cm²*,
ha a " *166 napig* " " *200* " volt.

C. Bach, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1884. 871. l.

Martens, Materialienkunde f. d. Maschinenbau, I. Band. Berlin, 1898. 196. l.

Ludwik, Elemente der technologischen Mechanik, Berlin, 1909. 44. l. Über den Einfluss der Deformationsgeschwindigkeit usw. Phys. Zeitschrift. 1909. 411. l.

W. Rosenhain, *I. C. W. Humfrey*, The Tenacity etc. of Soft Steel at High Temperatures. Journal of the Iron and Steel Institute. 1913. No. 1. 219. l.

Ezt a γ mennyiséget, melynek fizikai dimenziója perc^{-1} , az *alakváltozás*, vagy a *fajlagos nyúlás sebességének* fogjuk nevezni.

Az 1. képlet mutatja, hogy különböző befogás-hosszúság (l_0) esetén csak úgy kapunk azonos γ -t, ha a $\frac{v}{l_0}$ viszonyt mindig ugyanannak vesszük.

Ha tehát egy esetben l_0 , a másik esetben pedig $2l_0$ hosszú sávot fogunk be, akkor azonos fajlagos nyúlás-sebesség elérésére a két befogófej relatív sebességének az első esetben v -vel, a másodikban $2v$ -vel kell egyenlőnek lennie.

A szakítógépeknél az egyik befogófej a hajtó — erőt kifejtő — mechanizmussal van összekötve: legyen ennek sebessége c mm/perc, amely a jelen esetben feltételezendő motoros hajtásnál állandó. A másik befogófej az erőmérő műszerrel van összekapcsolva és ez utóbbinak szerkezete szerint kisebb-nagyobb mozgást végez. Ha e második befogófej sebessége u mm/perc, akkor

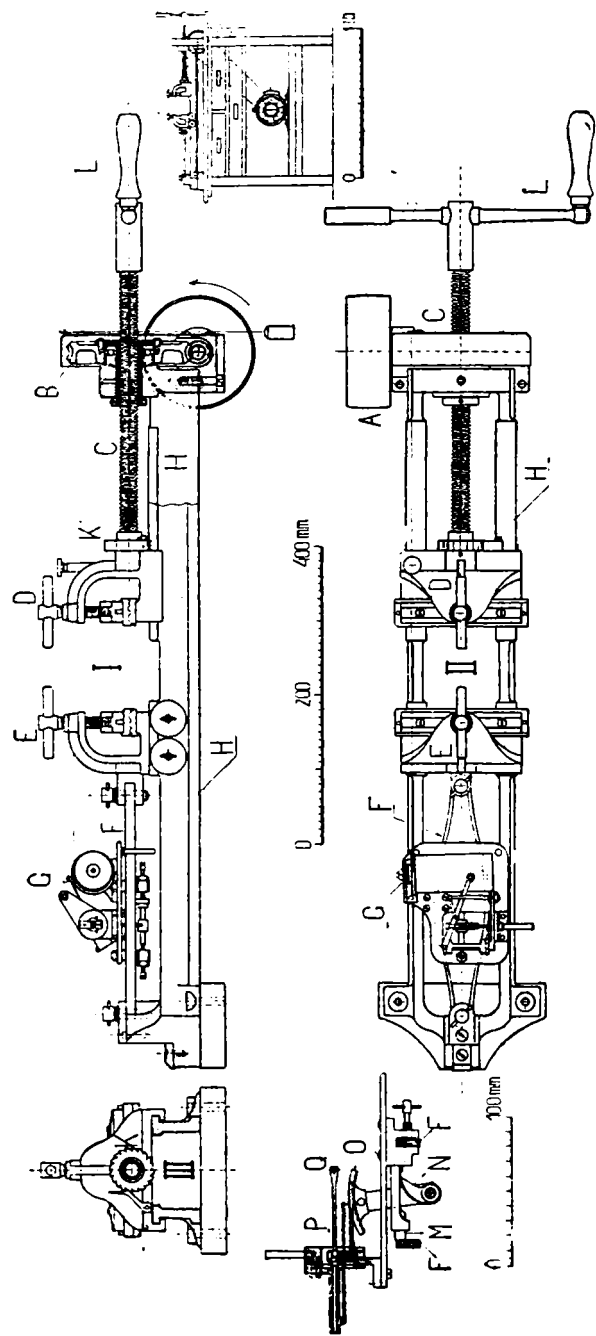
$$v = c - u \dots \dots \dots (2)$$

Hogy képet kapjunk arról, mily értékekkel bír a v sebesség a c -hez képest, a különböző rendszerű szakítógépeket külön kell szemügyre vennünk. Ezeknek két főcsoportját különböztethetjük meg: a *rugós* és a *súlyemelő* gépeket.

1. *A rugós gépek.* Ilyen pl. a régebbi *Kraft*-féle és ennek javított, nevezetesen rajzolóműszerrel ellátott alakja, a *Rejtő*-féle gép.* Nálunk főleg a *Rejtő*-félét használják és pedig ujabban az 1. ábra szerinti hajtószerkezettel.** Ezért ennek viszonyait fogjuk az alábbi számításoknál szem előtt tartani.

* *Rejtő.* A papíros tartósságának megállapítása. Budapest, 1907. 57. l.

** A gép C csavarja a csavaranyaként kiképzett B csavar-kerékkel kapcsolódik, ez utóbbira az A szíjtárcsával közös tengelyen levő csavar viszi át a mozgást. Az A tárcsa szíj-áttétellel elektromólorról hajható. A C csavar elfordulását a K kilincsmű akadályozza. A D befogófej beállítása az L forgattyú segélyével kézzel történik: ekkor a kilincset ki kell kapcsolni, t. i. a rajzon pontozott kelyzetbe kell hozni.



1. ábra. Rejtő-féle szövetszaktógép móloros hajtásra.

Ha az F mérőrugóra (1. ábra) P kg erő hat, akkor annak mm-ben kifejezett megnyúlása (x) a következő képletből adódik:

$$x = \alpha \cdot P, \dots \dots \dots (3)$$

ahol α a rugó méreteitől függő állandót jelent.

A rugóhoz kötött E befogófej sebessége tehát

$$u = \frac{dx}{dt} = \alpha \cdot \frac{dP}{dt} \dots \dots \dots (4)$$

Jelöljük a két befogófej (D, E) egymástóli relatív eltávolodását s -sel (mm), amikor is

$$v = \frac{ds}{dt},$$

akkor a (4) egyenlet így írható:

$$u = \alpha \cdot \frac{dP}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = \alpha \cdot \frac{dP}{ds} \cdot v.$$

Ha az s utat attól a pillanattól számítjuk, amikor az erő — zérus értékét elhagyva — emelkedni kezd és ha a szövetsávnak az s úthoz tartozó %-os nyúlását λ -val jelöljük, akkor

$$s = \frac{\lambda}{100} \cdot l_0, \dots \dots \dots (5)$$

$$ds = \frac{l_0}{100} \cdot d\lambda,$$

és így

$$u = \frac{100 \cdot \alpha}{l_0} \cdot \frac{dP}{d\lambda} \cdot v. \dots \dots \dots (6)$$

Ha ezt a (6) kifejezést a (2)-be helyettesítjük, akkor megfelelő rendezés után a következő egyenletet kapjuk:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{1 + \frac{100 \cdot \alpha}{l_0} \cdot \frac{dP}{d\lambda}} \dots \dots \dots (7)$$

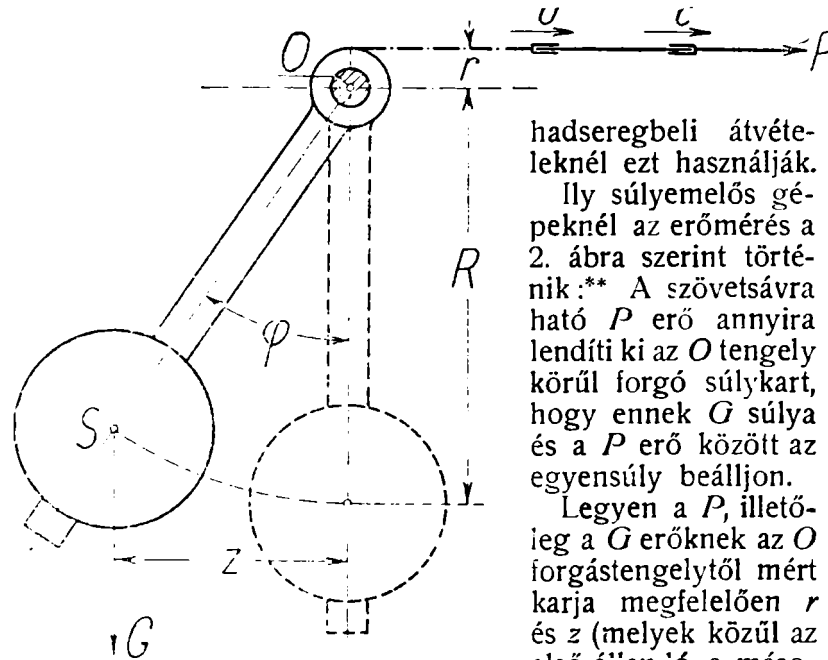
Az α , l_0 és $\frac{dP}{d\lambda}$ mennyiségek lényegesen pozitívak, tehát

$$\frac{100 \cdot \alpha}{l_0} \cdot \frac{dP}{d\lambda} \cong 0,$$

vagyis

$$\frac{v}{c} \equiv 1.$$

2. Vegyük most szemügyre a *súlyemelő*s gépeket. Ilyenek a *Schopper*-, *Goodbrand*-, *Tarnogrocki*.* stb. félék. Ezek közül hazai viszonyaink szem előtt tartásával a vízszintes elrendezésű *Goodbrand*-féle gép érdemel elsősorban figyelmet, mert a közös



2. ábra. Erőmérés elve a súlyemelő gépeknél.

hadseregbeli átvételknél ezt használják.

Ily súlyemelő gépeknél az erőmérés a 2. ábra szerint történik.** A szövetsávrá ható P erő annyira lendíti ki az O tengely körül forgó súlykarrt, hogy ennek G súlya és a P erő között az egyensúly beálljon.

Legyen a P , illetve a G erőknek az O forgástengelytől mért karja megfelelően r és z (melyek közül az első á"an 'ó, a második változó), legyen továbbá az emelő S súlypontjának a forgástengelytől mért távolsága R és az $O S$ sugárnak

* *P. Heermann*. Mechanisch- und physikalisch-technische Textiluntersuchungen. Berlin, 1912. 175. l.

** A tolósúlyos gépekre nem terjeszkedünk ki, mert ezeket szövetvizsgálatoknál nem igen használják.

a függőlegessel bezárt szöge φ , akkor a következő összefüggések írhatók fel:

$$P \cdot r = G \cdot z$$

$$z = R \cdot \sin \varphi,$$

tehát

$$P = G \cdot \frac{R}{r} \cdot \sin \varphi. \quad (8)$$

Hozzuk be rövidség okáért a

$$G \cdot \frac{R}{r} = A \quad (9)$$

jelölést, akkor

$$P = A \cdot \sin \varphi, \quad (10)$$

illetőleg

$$\varphi = \arcsin \frac{P}{A} \quad (11)$$

A súlyemelővel összekapcsolt befogófej útja a $P=0$ állapottól számítva:

$$x = r \cdot \varphi = r \cdot \arcsin \frac{P}{A}, \quad (12)$$

és így

$$u = \frac{dx}{dt} = \frac{\frac{r}{A}}{\sqrt{1 - \left(\frac{P}{A}\right)^2}} \frac{dP}{dt},$$

illetőleg az előbb már használt átalakítással:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{1 + \frac{100 \cdot r}{A \cdot l_0} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{P}{A}\right)^2}} \frac{dP}{d\lambda}} \quad (13)$$

Egy bizonyos gépnél és adott méretű próbasávnál

$$\frac{100 \cdot r}{A \cdot l_0} = \beta \quad (14)$$

állandó; e rövidítéssel:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{1 + \frac{3}{\sqrt{1 - \left(\frac{P}{A}\right)^2}} \cdot \frac{dP}{d\lambda}} \cdot \dots \quad (15)$$

A nevezőben levő második tag itt is mindig pozitív lévén, írható, hogy

$$\frac{v}{c} \leq 1.$$

Hogy a viszonyokról számszerű képet kapjunk, konkrét eseteket veszünk fel és ezekre kiszámítjuk a $\frac{v}{c}$ viszony értékeit.

Hasonlítsuk össze először a *Rejtő*-féle rugós gépet a *Goodbrand*-féle súlyemelőssel.

Tegyük fel, hogy a *Rejtő*-féle gépnél 3 rugó áll rendelkezésünkre és hogy e 3 rugónál α az alábbi értékekkel bír:

$$0,012, \quad 0,006, \quad 0,003 \text{ mm/kg.}$$

A *Goodbrand*-féle gépnél:

$$r = 37,5 \text{ mm}$$

$$A = 760 \text{ kg.}$$

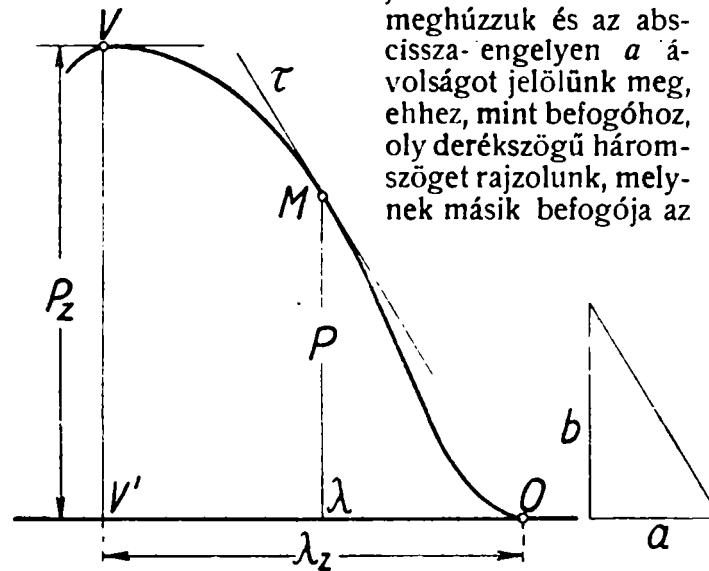
A számítás alapjául vegyünk két tipikus szövetet, nevezetesen egyik esetben *gyapjú*-, a másik esetben pedig *lenszövetet*. A gyapjúsövetnél az erő a nyúlás növekedésével lassan nő, a lenszövetnél pedig gyorsabban; a $\frac{dP}{d\lambda}$ differenciáhányados az első esetben lényegesen kisebb, mint a másodikban.

Legyen mindkét szövetnél a befogás hosszúsága:

$$l_0 = 160 \text{ mm,}$$

a szövetsáv szélessége szintén 160 mm.

A $\frac{dP}{d\lambda}$ differenciálhányados értéke a $P = \Phi(\lambda)$ függvényt ábrázoló szakító-diagrammból (3 ábra) határozható meg. Ha ugyanis a diagram M pontjához tartozó τ érintőt meghúzzuk és az abszcissa-origóval a távolságot jelölünk meg, ehhez, mint befogóhoz, oly derékszögű háromszöget rajzolunk, melynek másik befogója az



3. ábra. A $\frac{dP}{d\lambda}$ differenciál-hányados grafikus meghatározása.

ordinátatengellyel, átfogója pedig a τ érintővel párhuzamos, akkor a befogók a , illetőleg b értékével $\frac{dP}{d\lambda}$ így fejezhető ki:

$$\frac{dP}{d\lambda} = \frac{b}{a},$$

ahol a a nyúlás-, b pedig az erő léptékében olvasandó le.

Mivel az érintőt csak szemmérték szerint lehet meghúzni, a nyert értékek természetesen csak közelítőek, de hát annál nagyobb pontosságra, amilyen így elérhető, nincs szükség.

A például vett két szövet összetartozó P és $\frac{dP}{d\lambda}$ értékei az I. és II. táblázatban vannak összefoglalva.

I. táblázat.

Gyapjúsövet. (Zubbonyszövet.) 160×160 mm.

P kg	$\frac{dP}{d\lambda}$ kg pro ^{0,0}	$\frac{v}{c}$		Megjegyzés
		Rejtő-gép $\alpha = 0,012$	Goodbrand-gép	
16	6,64	0,95	0,83	
32	5,92	0,96	0,85	
48	4,73	0,97	0,87	
64	3,68	0,97	0,90	
80	2,45	0,98	0,93	
96	0	1,00	1,00	Szakadás kezdete.

A gyapjúsövetnek a *Rejtő*-féle gépen való elszakításánál az

$$\alpha = 0,012,$$

a lenszövet elszakításánál pedig az

$$\alpha = 0,003$$

állandóval bíró rugót használtuk.

Ha a (7), illetőleg a (15) képlet szerint számított $\frac{v}{c}$ az I. és II. táblázatokban feltüntetett $\frac{v}{c}$ értékeket szemügyre vesszük, látjuk, hogy rugós gépnálatakor az értékek a gyapjúsövetnél legfeljebb 5⁰ -kal, a lenszövetnél pedig 8⁰ -kal térnek el az egységtől.

A súlyemelő gépnél azonban — különösen lenszövet vizsgálatakor — a $\frac{v}{c}$ viszony igen erősen különbözik az egységtől, sőt 0,5 alá süllyed.

Minthogy a *Schopper*-féle gépek is igen elterjedtek, nem érdektelen ezek egyik típusát is vizsgálat tárgyává tennünk.

Legyen szó egy 100 kg mérőképességű gépről melynek állandói:

$$r = 104 \text{ mm,}$$

$$A = 125 \text{ kg.}$$

Tegyük fel, hogy e gépen ugyanazt a gyapjúszövetet szakítjuk el, amely az I. táblázatban alapul vettett. Legyen azonban a szövetsáv szélessége 90 mm*, a befogás hosszúsága pedig 200 mm.

II. táblázat.

Lenszövet. (Nyári egyenruhaszövet.) 160 × 160 mm.

P kg	$\frac{dP}{d\lambda}$ kg pro ^{0,0}	$\frac{v}{c}$		Megjegyzés
		Rejtő-gép $\alpha = 0,003$	Goodbrand-gép	
64	9,90	0,98	0,77	
128	19,8	0,96	0,62	
192	27,2	0,95	0,54	
256	36,7	0,94	0,46	
320	43,8	0,92	0,40	
384	24,6	0,96	0,53	
387	0	1,00	1,00	Szakadás kezdete.

Ekkor a megfelelő P és $\frac{dP}{d\lambda}$, valamint az ismert módon számított $\frac{v}{c}$ értékek a III. táblázatban vannak feltüntetve.

Ha a táblázat számértékeit az I. táblázatéival összehasonlítjuk, látjuk, hogy — ugyanolyan szövetet tételezve fel — a Schopper-féle gépnél a $\frac{v}{c}$ viszony jelentékenyen kisebb, mint a Goodbrand-féle gépnél. A különbség a például vett Schopper-gép kisebb mérőképességére és arra vezethető

* A német katonai szabványoknak megfelelő méret.

vissza, hogy ennél r jelentékenyen nagyobb, mint a *Goodbrand*-gépnél.

Az I., II. és III. táblázatokban szereplő számok csak a gyakorlatból vett fenti példákra érvényesek. Feladatuk csupán az, hogy segítségükkel meggyőződjünk arról, mily különbség van a sebességi viszonyok tekintetében a rugós és súlyemelő gépek között. Abszolút értékű számoknak nincsen, de mivel alapjuk a jelenlegi gyakorlat, aktuálisak, azért látszott indokoltnak közlésük.

III. táblázat.

Gyapjúsövet. (Zubbonyszövet.) 90×200 mm.

P kg	$\frac{dP}{d\lambda}$ kg pro ‰	$\frac{v}{c}$	Megjegyzés
		<i>Schopper</i> -gép	
9	3,74	0,39	
18	3,33	0,42	
27	2,66	0,47	
36	2,07	0,53	
45	1,38	0,62	
54	0	1,00	Szakadás kezdete.

Általános érvényű eredményül kimondható, hogy kis nyúlású rugóval felszerelt rugós gépeknél a v sebességgel arányos γ fajlagos nyúlás-sebesség gyakorlatilag csaknem állandónak tekinthető,* súlyemelő gépeknél azonban γ -nak lényeges ingadozásával kell számolnunk.

A sebesség befolyásának kimutatására szolgáló kísérleteknél γ -t lehetőleg állandósítanunk kell, miért is a fentiek szerint ily kísérletekhez súlyemelő gép használata nem célszerű.

A sebesség ingadozásán kívül súlyemelő gépnél a tömeghatásokkal is küzdenünk kell.

Ha a súlykar tömegét az S súlypontban (2. ábra)

* Spirálrugóval felszerelt gépekre ez nem vonatkozik, mert ezeknél a rugó megnyúlása nagy.

egyesítve képzeljük és ha e redukált tömeg értéke m , akkor a mozgó súlyemelőre a következő egyenlet érvényes:

$$P = G \cdot \frac{R}{r} \cdot \sin \varphi + m \cdot \frac{R^2}{r} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2}.$$

Ebből látjuk, hogy mozgás esetén a (8) egyenlet nem érvényes: a P értéke két részből tevődik össze, melyek közül az első a statikai egyensúlynak felel meg, a második pedig a mozgó rendszer inercia-erőiből származik.

Igaz ugyan, hogy ha a szakító kísérletet igen lassan végezzük, akkor

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} \cong 0,$$

és így a (8) egyenlet érvényes marad, azonban a sebesség befolyásának vizsgálatánál nem elégedhetünk meg kis sebességekkel és ekkor az

$$m \cdot \frac{R^2}{r} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$$

tag a P értékét lényegesen befolyásolhatja.

Világos, hogy ily bonyolódott előfeltételek mellett kísérleteket végezni nem lehet.

Rugós gépnél a tömeg a lehető legkisebbre van redukálva, ezenfelül oly rugó használatakor, amilyen a *Kraft*- és *Rejtő*-féle gépeknél van alkalmazva, az út is igen csekély, miként azt α -nak említett értékei mutatják. Ezért itt tömeghatásokkal nem kell bajlódnunk.

A fentebbi megfontolások alapján szerző a kísérleteket *Rejtő*-féle gépen végezte. A méréssel meghatározott c sebességből nem számította ki a fentiek szerint a v -t, hanem a

$$v \cong c,$$

illetőleg a

$$\gamma \cong \frac{c}{l_0} \cdot 100$$

közelítést használta, ami *Rejtő*-féle gép használatánál megengedhető.

II. A kísérleteknél követett szempontok.

1. Hogy a kísérletek a gyakorlatra nézve útmutatásul szolgáljanak, a sebességet elég tág határok között kellett változtatni.

Erre nézve az eddig kifejlődött gyakorlat volt mérvadó: a különböző intézetekben használt sebesség ugyanis percenként körülbelül 8 és 120^o között változik. A kísérleteknél a határokat tágabbra kellett venni, ennek megfelelően

1 és 500^o pro perc

választottak alsó és felső határok gyanánt.

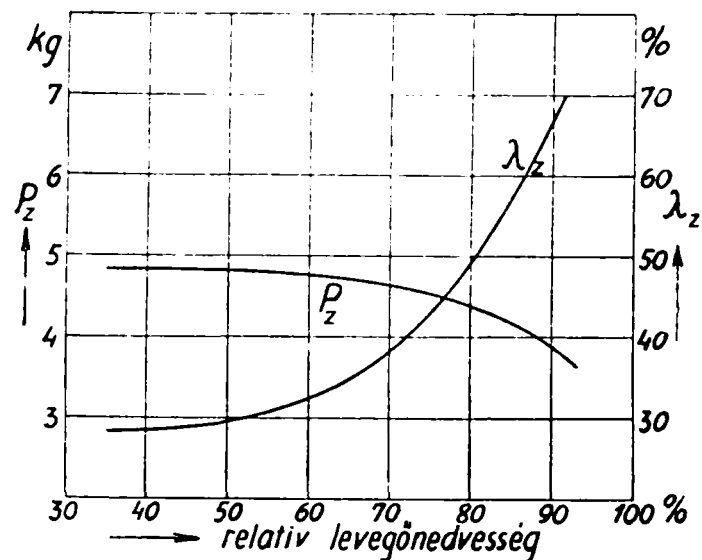
A 220^o pro perc-nél kisebb sebességeket azáltal értük el, hogy az *A* szíjtárcsát (1. ábra) — különböző áttételek közbeiktatásával — elektromótorral hajtattuk. A nagyobb sebességek létesítésére a *B* csavarkereket hajtó csavart leszereltük, a csavarkerékre egy 350 mm átmérőjű szíjtárcsát erősítettünk és ezt hajtottuk; a sebességet e tárcsa, illetőleg az *A* szíjtárcsa fordulatszámából számítottuk. A fordulatszám mérése nagyobb fordulatszámoknál tachometerrel, kisebbeknél számlálás által másodpercóra igénybevételével történt.

2. Tudvalevő, hogy a levegő relatív nedvességtartalma érezhetően befolyásolja a szövetek mechanikai tulajdonságainak megállapítására végzett kísérletek eredményét.* Ha tehát tisztán a sebesség befolyásáról akarunk képet kapni, a kísérleteket állandó relatív nedvességtartalommal és lehetőleg állandó hőmérséklettel bíró helyiségben kell végezni. A jelen kísérletek folyamán a levegő relatív nedvességtartalma nem volt ugyan pontosan be szabályozható, azonban ez csak oly határokon belül változott, amelyek között a szakítóerőre és

* *Willkomm*, Beiträge zur Frage der Luftbefeuchtung in Spinnereien und Webereien. Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1909. 8. füz.

a nyúlásra való befolyása *Willkomm* kísérletei szerint csekély (4. ábra).

Az egyes kísérletsorozatoknál észlelt közepes hőmérsékletek és relatív nedvességtartalmak a IV. táblázatban vannak összefoglalva; ugyanebből az ingadozások — az észlelt legnagyobb és legkisebb értékek közötti különbségek — szintén láthatók.



4. ábra. A levegő relatív nedvességtartalmának befolyása gyapjúelőfonat szakítóerejére és nyúlására (*Willkomm* szerint).

A relatív nedvességtartalom meghatározása *August*-féle psychrometerrel történt.

3. Megfontolás tárgyát kellett hogy képezze az a tény is, hogy a katonaposztó nem egyenletes anyag. Ha pl. 1 m hosszú és normális 136 cm szélességgel bíró szövetdarab különböző helyeiről veszünk ki próbasávokat, minden próbasáv elszakításánál a szakítóerőre, nyúlásra és tartóságra általában más-más értéket kapunk.

A kísérleti nehézségeket ez annyiban fokozza, hogy itt azoknak az aránylag kis változásoknak

meghatározásáról van szó, amelyeket a sebesség változása okoz. A kísérletek akkor volnának ideálisak, ha közvetlenül ezeket a változásokat tudnók elegendő-, pl. 1⁰ %-os pontossággal meghatározni. Ha a változás a szakítóerő valamely sebességhez tartozó értékének 10⁰ %-át tenné ki, akkor a fenti 1⁰ %-os pontosság a szakítóerő értékében csak 0,1⁰ %-os eltéréseket engedne meg.

IV. táblázat.

A hőmérséklet és a relatív nedvességtartalom értékei.

Kísérleti sorozat száma	Hőmérséklet t		Relatív nedvességtart. n	
	közepes C ⁰	ingadozás C ⁰	közepes % ₀	ingadozás ¹ % ₀
1	18,6	0,8	41,8	2,3
2 és 3	25,6	5,7	41,2	8,1
4	25,0	1,9	42,3	2,6
5	25,1	2,9	43,6	5,0
11	26,2	1,1	42,9	0,4
14	26,4	0,8	47,3	10,0

¹ Az észlelt legnagyobb és legkisebb relatív nedvességtartalom (n_1 , ill. n_2) különbsége: $n_1 - n_2$.

Ily ideális esetre szövetvizsgálatnál gondolni sem lehet, hanem meg kell elégednünk durvább közelítéssel.

Ha valamely jellemző tulajdonságra az egyes szakítókérdések az

$$a_1 a_2 a_3 \dots a_n$$

értékeket adják, akkor ezek számtani középértékét, az

$$a_k = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

értéket vehetjük mérvadónak.

Hogy a próbasávok megfelelően el legyenek osztva, azokat az 5. ábra szerint jelzett elosztásban vettük ki a szövetből. Az egyazon római

V. táblázat. A kísérletekhez használt szövetek gyártásának adatai.

Jel	A szövet megnevezése	Súly g/m ²	Fonalsűrűség pro 25 mm		A láncfonal metrikus finomsági száma	A láncfonal gyártása módja	A lánc anyaga
			lánc	vetülék			
A	Tábori szürke zubbony-nadrág- szövet	550	32	46	10	fésűs	Nyírott gyapjú ¹ U. a. } 50% ⁰ gyapjú 50% ⁰ műgyapjú
B	U. a.	575	34	42	20/2 cérna-	"	
C	Tábori szürke köpenyszövet	658	30	33	5,5	kártolt	

¹ Az A és B jelű szövet elemi száflainak közepes hossza kb. 6 cm volt.

számmal jelzett darabok ugyanannál a sebességnél szakítottak el.

Egy kísérletsorozaton belül minden sebességnél 10–12 kísérletet végeztünk, ami az egyes jellemző mennyiségekre elég jó átlag alapjául szolgált.

4. A szakítókérdés eredményét a próbadarab méretei is befolyásolják, nevezetesen elsősorban annak hossza.

A szövet ugyanis fonalakból áll, amelyeket közelítőleg csavarvonalakban fekvő elemi szálak alkotnak. Az elemi szálak végei szabadok, t. i. a végső keresztmetszetek feszültségmentesek; hogy a fonalnak mégis bizonyos szilárdsága van, annak az az oka, hogy az elemi szálakra az elcsúsztatás ellenében kötélurlódás hat.

Ha egy fonalat úgy fogunk be a szakító-gépbe, hogy a befogás hossza nagyobb az elemi szálak hosszánál, akkor csak a befogásnál levő néhány szál *egyik* vége van meg-

fogva, míg a többi szálvég szabad. Az alakváltozás folyamán az elemi szálak általában szabadon csúszhatnak egymáson; csak azok az elemi szálak foghatnak elszakadni, amelyekre ható surlódás nagyobb a szál szilárdságánál, a többiek pedig addig csúszhatnak egymáson, míg szét nem válnak.

V	IV	III	II	I	V	IV	III	II	I
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IV	III	II	I	V	IV	III	II	I	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
III	II	I	V	IV	III	II	I	V	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II	I	V	IV	III	II	I	V	IV	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	V	IV	III	II	I	V	IV	III	II
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. ábra. A próbasávok elosztása.

Ha a befogás hossza kisebb az elemi szálak hosszánál, akkor a mindkét végükön megfogott szálaknak okvetlenül el kell szakadniuk.

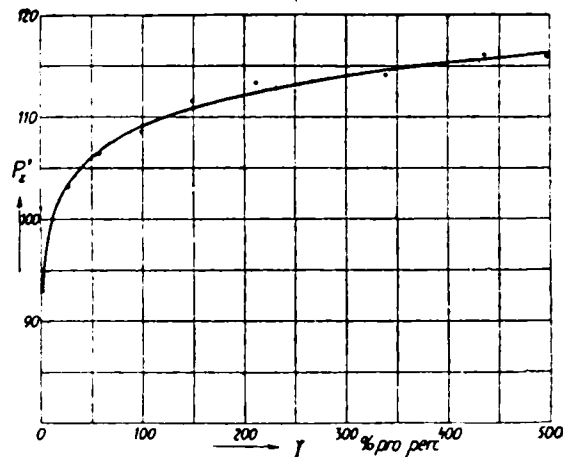
E második esetben tehát a kísérlet a szakítóerőre nagyobb értéket ad, mint az elsőben.* Kísérletek tényleg azt mutatták, hogy a lenfonal

* *Hartig*, Dingl. Pol. Journal, 1879. 192. 1.
Karmarsch-Fischer, Mechanische Technologie. Leipzig. 1888. 116. 1.

szakítóereje a befogás hosszának növekedtével csökken.*

Szövetek szakításánál több párhuzamosan egymáshoz közel fekvő fonalat egyszerre szakítunk el, ezért a fenti megfontolások itt is érvényesek.

A méretek megválasztásánál szerzőnek szem előtt kellett tartania, hogy az egy kísérlet-sorozat-hoz szükséges körülbelül 50 próbasávhoz ne legyen túlnagy területű szövetre szükség, nehogy a felhasznált szövet egyenlőtlenségi fokának növekedése az eredményeket károsan befolyásolja.



6. ábra. A fajlagos nyúlási sebességnek befolyása katonapostók szakítóerejére.

E megfontolással a befogás hosszát és a szélességet 100 mm-re választottuk.

Tekintve azt, hogy a kísérletekhez felhasznált egyik fésűs anyag elemi szálainak közepes hossza 6 cm volt, de a szálak egy részének hossza a 10 cm-t is meghaladta, a fenti befogás-hossz

* *Schneider*, Über die technologische Veränderung der Leinengarne durch den Bleichprozess. Leipz. Monatsschr. f. Text. 1909. 246. l.

mellett némely szálaknak mindkét vége be volt fogva. Ezért összehasonlításként oly szövet szakítása is szükségesnek látszott, amely a fenténél rövidebb elemi szálakból állt.

A kísérletekhez használt szövetek adatairól az V. táblázat nyújt felvilágosítást. Megjegyzendő, hogy a szakító-kísérleteket csak a lánccsík irányában végeztük.

A szakító-gép által felrajzolt diagramm alapján a szokásos eljárásnak megfelelőleg a szakító-erőt, a nyúlást és a tartóssági munkát határoztuk meg. A következőkben e jellemző mennyiségekre vonatkozó kísérleti eredményeket külön-külön öhajtjuk ismertetni.

III. A kísérleti eredmények.

1. A szakítóerő (P_z).

Tizenegy (11) különböző sebességnél, amelyek értéke a VII. táblázatból látható, összesen 307 kísérletet végeztünk 7 kísérletsorozatban az V. táblázatban felsorolt szöveteken. A kísérletek azt mutatták, hogy a sebesség a kurtaszálú kártolt és a hosszúszálú fésűs szövetek szakítóerejét egyformán befolyásolja, azért e kétféle szövetre kapott értékekből közös középértéket lehetett számítani. Itt jegyezzük meg, hogy e kétféle szövet között a nyúlás és a tartósság változása tekintetében sem mutatkozott észrevehető különbség.

A VI. táblázat egy kísérletsorozat részleteiről tájékoztat. A többi kísérletsorozat megfelelő részletes táblázatait a hely kímélése céljából nem közöljük.

Minden kísérletsorozat anyaga más-más szövetvégből való volt és így a szakítóerőknek közvetlenül a kísérletekből nyert nyers értékeit nem lehetett összehasonlítani. Hogy a sebesség befolyását láthassuk, úgy jártunk el, hogy az I. jelű sebességnél a 11,1% pro perc-nél (VII. táblázat) nyert szakítóerőt 100-nak vettük, a többi sebesség-

VI. táblázat.
Szakítóerő. 4. kísérlet sorozat.

C jelű kártolt szövet.							
Sebességi sorozat	Levegő hőmérsék- lete t_{C^0}	Relatív nedvesség $n_{0,0}$	Sebesség γ %/o pro perc	Szakítóerők P_z kg		Közepes szakító- erő kg	P_z'
I.	24,0	42,0	11,2	69,0	68,8	71,9	100,0
				71,4	73,6		
				72,6	70,4		
				73,6	74,0		
				71,2	74,4		
II.	24,6	42,0	28,0	71,6	75,0	74,0	102,9
				75,2	76,4		
				73,2	76,0		
				73,6	73,0		
				73,2	72,8		
III.	25,9	40,9	58,5	77,0	74,0	76,7	106,7
				78,4	77,6		
				75,8	76,8		
				77,8	77,8		
				75,8	75,8		
IV.	25,2	43,1	96,5	79,6	80,0	77,7	108,1
				78,0	80,4		
				78,4	79,6		
				75,8	72,6		
				76,4	76,0		
V.	25,4	42,1	151	82,2	78,6	80,5	112,0
				83,4	78,2		
				79,8	80,4		
				77,4	82,4		
				80,0	83,0		
VI.	25,0	43,5	210	77,8	79,6	80,6	112,1*
				80,2	79,0		
				79,8	86,2		
				82,8	82,0		
				78,0	—		

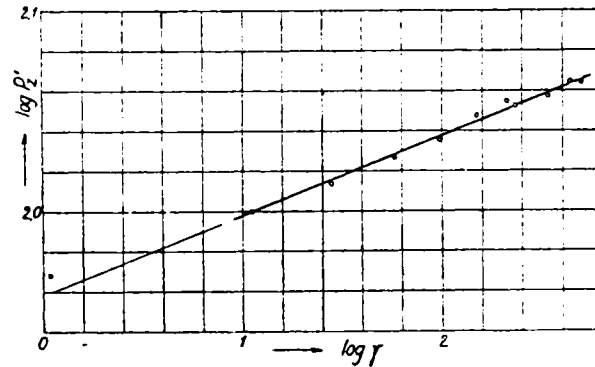
* Ez az érték túlkicsi, amit a többi kísérlet sorozat mutatott meg (l. a VII. táblázat megfelelő középértékét.)

nek megfelelő közepes $(P_z)_R$ értékeket pedig, ahol $R \equiv O \dots \dots IX$, arányosan átszámítottuk a

$$P'_z = \frac{(P_z)_R}{(P_z)_I} \cdot 100 \dots \dots (16)$$

képlet szerint.

A VII. táblázatban vannak a kísérletekből nyert középértékek összefoglalva, e táblázat értékeit diagrammba felvívve, a 6. ábrát kapjuk.



7. ábra. A fajlagos nyúlási sebességnek befolyása katonapoztók szakítóerejére.

A 7. ábrában a két koordináta-tengelyre a $\log \gamma$ és $\log P'_z$ értékeket vittük fel. Látjuk, hogy e logaritmikus koordináta-rendszerben a pontok közel egyenesben fekszenek; csak a legkisebb, $1,09''$ pro perc-nyi sebességnél mutatkozik némi eltérés e lineáris törvényszerűségtől, ami azonban a gyakorlat szempontjából lényegtelen dolog, mert ily kis sebességet nem szoktak alkalmazni.

Tehát, ha valamely katonapoztónál a γ és γ_0 fajlagos nyúlás-sebességekhez a P_z , illetőleg a $(P_z)_0$ szakítóerők tartoznak, akkor e mennyiségek között a

$$\frac{\log P_z - \log (P_z)_0}{\log \gamma - \log \gamma_0} = n, \dots \dots (17)$$

vagy a

$$\frac{P_z}{(P_z)_0} = \left(\frac{\gamma}{\gamma_0}\right)^n \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

összefüggés érvényes, ahol n kísérleti érték állandó.

Tehát a 6. ábrában jelzett görbe általános parabolának felel meg.* A kísérletek szerint (7. ábra):

$$n = 0,04 = \frac{1}{25},$$

ezért

$$\frac{P_z}{(P_z)_0} = \left(\frac{\gamma}{\gamma_0}\right)^{0,04} = \sqrt[25]{\frac{\gamma}{\gamma_0}}, \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

vagyis a szakítóerők úgy aránylanak egymáshoz, mint a fajlagos nyúlási sebességek 25-ik gyökei.

Ez összefüggés kapcsán ellenőrizhetjük, hogy a sebesség apró változásai mily változásokat okoznak a szakítóerő értékében. Tekintsük P_z -t és γ -t változónak, ekkor a (17) képlet differenciálása után ezt az összefüggést kapjuk:

$$\frac{dP_z}{P_z} = n \cdot \frac{d\gamma}{\gamma}, \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

vagyis a szakítóerő fajlagos változása arányos a sebesség fajlagos változásával.

Ez egyenlet közelítőleg elég kicsiny véges változásokra is érvényes, tehát:

$$\frac{\Delta P_z}{P_z} = n \cdot \frac{\Delta \gamma}{\gamma} \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

Ha a szakítógépet motorról hajtjuk, úgy v és ezzel γ ingadozása tudvalevőleg csak egynehány

* Megemlítésre méltó, hogy *Rosenhain* és *Humfrey* izzó vassal végzett kísérletei ugyanilyen törvényszerűségekre vezet ek. *Ludvik*-nak szakítógépen ónnal végzett kísérletei is a változásnak csaknem ilyen törvényére engednek következtetni; hogy a nevezett mégis más összefüggést ad meg, annak oka az lehet, hogy ő a szakítógépen és az állandó súly-terheléssel végzett kísérleteket egyformán bírálja el. Azonkívül e kísérletező igen kis sebességekkel dolgozott.

százalékot tesz ki. Tegyük fel azt a szélső esetet, hogy ez az ingadozás 10^0 , vagyis

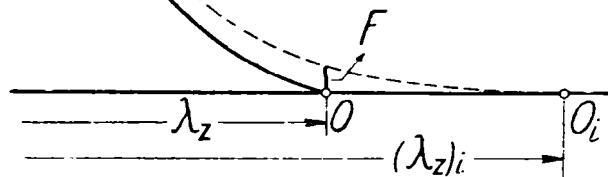
$$\frac{\Delta \gamma}{\gamma} = 0,1.$$

Ekkor

$$\frac{\Delta P_z}{P_z} = 0,04 \cdot 0,1 = 0,004,$$

vagyis 10^{-4} -os sebességváltozásnál a szakítóerő csak $0,4\%$ -kal változik, amely eredmény pedig a kísérleti hiba-határ alatt marad. Ezért ily kis sebesség-ingadozásokra nem kell tekintettel lennünk.

A (19.) képlet csak a kísérleteknél előforduló sebesség határai között-, és pedig



8. ábra. A diagramm kezdetének eltolódása.

jó megközelítéssel 10 és 500% pro perc között érvényes és nem alkalmazható a $\gamma = 0$ illetőleg a $\gamma = \infty$ esetekre, amelyek közül az első feltétel igen kis sebességgel-, az utóbbi pedig lökészerűen végzett kísérlet által volna megközelíthető.

Ludwik szerint fémeknél $\gamma = 0$ esetén a szakítóerő nem lehet egyenlő zérussal, hanem annak egy bizonyos véges értéke van, vagyis $\lim P_z > 0$. A 7. ábrának a legkisebb sebességhez tartozó pontja, amely az egyenes fölött jelenik meg, arra látszik mutatni, hogy e dolog szöveteknél is így van.

VII. táblázat. A kísérleti eredmények.

Sebességi sorozat	0	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Vla.	VII.	VIII.	IX.
Sebesség γ % pro perc ¹	1,09	11,1	27,6	58,0	98,6	149	211	232	339	435	496
P_z'	93	100	103,2	106,2	108,8	111,4	113,6	112,8	114,1	116,1	115,9
λ_z'	30,1	30,0	30,1	30,8	30,7	30,6	29,6	30,4	30,4	30,7	30,5
F_z'	90,9	100	103,3	108,6	110,0	110,0	108,8	114,4	115,1	119,0	117,4
η_z'	0,59	0,60	0,60	0,60	0,59	0,58	0,58	0,60	0,60	0,60	0,60

¹ Több kísérlet sorozatnak megfelelő középérték.

2. A nyúlás (λ_2).

A szövetek szakadása-
kor mutatkozó nyúlásnak
meghatározásánál elkö-
vethető kísérleti hibák na-
gyobbak, mint a mekko-
rák a szakítóerőnél elő-
szoktak fordulni.

A zavaró befolyások
röviden a következők:

a) Az alakváltozás meg-
indulásakor az erő a
gyapjú-szöveteknél igen
lassan nő a nyúlással, t. i.
a szakítódiagramm az O
pontban (1. ábra) a nyúlás
tengelyét, az ú. n. zérus-
vonalat csaknem érintő-
legesen hagyja el. Mivel
így a feszültségmentes
szövet a legkisebb erő
hatására érezhetően meg-
nyúlik, befogni sem tud-
juk a próbasávot úgy,
hogy az alakváltozás kez-
detén a befogás hossza
pontosan a szándékolt
 l_0 -sal, pl. 100 mm-rel le-
gyen egyenlő. Már emiatt
1–2%-nyi az elkövethető
hiba; nagyságát a kísér-
letező egyénisége befo-
lyásolja.

b) A szakító-diagramm-
ban az O kezdőpontot,
amelyben az erő emel-
kedni kezd, csak szem-
mérték szerint jelölhetjük
meg. Ez eljárás szintén
hiba okozója lehet.

A diagramm kezdetének meghatározásában rejlő hiba szorosan összefügg a gép írókészülékének érzékenységevel is. Az írónak ugyanis azonnal emelkednie kellene, amint a próbasávra ható erő zérus értékét elhagyva nőni kezd. Ámde ez az ideális eset a fellépő surlódások miatt nem érhető el: az írón rendszeren csak akkor hagyja el a zérusvonalat, ha ideálisan néhány tized mm-rel már felette kellene lennie. Ez a szakadáskor mutatkozó nyúlás értékét — az erőnek az úttal való lassú növekedése miatt — lényegesen befolyásolhatja, miként ezt a 8. ábra jelzi. Ebben O_i volna a diagramm kezdete, ha surlódások nem jelentkeznének; a surlódások miatt, melyek nagysága az ábrán F -el van jelölve, az írón csak az O pontban kezd emelkedni. Az ábra alapján nem nehéz megítélni, hogy kis F érték mellett is a nyúlásban, illetőleg az útban mutatkozó különbség jelentékeny lehet.

Itt tekintetbe kell venni, hogy ezt a hibát az írószerkezetbe kerülő maszat és a gép esetleges rezgései befolyásolják; a bejutott maszat a surlódást, tehát a hibát is növeli, a rezgések viszont a surlódásra és a hibára csökkentőleg hatnak. Előfordult az az eset, hogy soká nem tisztított írókészülék valamely szövetre 28^0 helyett csak 20^0 nyúlást mutatott.*

c) A szakadás kezdetének megfelelő V pont is csak szemmérték szerint található meg; általában e pontot úgy kapjuk, hogy a diagrammhoz a zérusvonallal párhuzamos érintőt húzunk és ennek érintő-pontját keressük. Aránylag könnyű a dolgunk, ha a diagramm az érintés-pont környezetében kis görbületi sugárral bír. Előfordul azonban, hogy a diagramm a szakadás kezdete előtt vagy után hosszabb darabon majdnem párhuzamos a zérusvonallal; ekkor az érintés-pont megjelölése bizonytalan. A zérusvonallal párhuzamos darabot

* Szerző régebbi vizsgálatai szerint.

a gép írószerkezetének hibájából is kaphatunk, ha t. i. ennek holt játéka van: ebben az esetben az erő csökkenésének kezdetekor az írón mozgása nem válik azonnal ellenkező értelművé, hanem csak azután, ha a holtjátéknak megfelelő mozgások végbementek.

Részben a fenti kísérleti hibák miatt, részben pedig azért, mert a relatív nedvességtartalom változása a nyúlást erősebben befolyásolja, mint a szakítóerőt, a nyúlás értékei valamivel tágabb határok között ingadoztak, mint a szakítóerők.

A kísérletek alapján nyert közepes nyúlások értékei a VII. táblázatban vannak összefoglalva. E számértékeket hasonlóan redukáltuk, mint a szakítóerőket, a különbség csak az, hogy az *I.* sebességnél nyert nyúlást nem 100-nak, hanem 30-nak vettük.

Az egyes sebességeknél a nyúlás hol kisebb, hol meg nagyobb az összehasonlítás alapjául vett 30-nál. A legnagyobb érték 30,8, a legkisebb pedig 29,6. Ezeket az eltéréseket az anyag egyenlőtlenségének és kísérleti hibáknak kell betudnunk.

Tehát a nyúlás a kísérleteknél előforduló sebességi határok között a fajlagos nyúlási sebességtől függetlennek tekinthető.

3. A tartóssági munka (*T*).

A tartóssági munka a szakítódiagramm területével lévén arányos, értékét a szakítóerőn kívül a nyúlás, valamint a diagramm alakja is befolyásolja. A nyúlásnál mutatkozó hibaforrások részben a tartósságnál is jelentkeznek. A *b)* alatti hibaforrásnak a tartósságra gyakorolt befolyása azonban csekély, mert az ebből eredő területkülönbség kicsiny.

Az egyes sebességeknek megfelelő redukált *T* értékeket a VII. táblázat foglalja magában. Mint látjuk, a tartósság olyanféle növekedést mutat, mint a szakítóerő. Ennek megmagyarázása végett a diagramm alakját is tanulmányozni kellett.

Hogy a sebesség mennyire befolyásolja a diagram alakját, arról a teljességi fok változása nyújt felvilágosítást.* Ha az I. sebességnél nyert teljességi fokot 0,60-nak vettük, akkor a többi sebességeknél a VII. táblázatban foglalt értékeket kaptuk.

Az eredményből látjuk, hogy a teljességi fok értékében csak csekély ingadozások mutatkoznak, azok különböző hibákból eredhetnek; ** mondhatjuk, hogy a teljességi fok a sebességtől független.***

A tartóssági munka, mint arról könnyű meggyőződni, a következőképp is kifejezhető:

$$T = \frac{\gamma_1}{10} \cdot P_{z, 100} \cdot \lambda_z, \quad (22)$$

ahol γ_1 a teljességi fok, $P_{z, 100}$ a 100 mm szélességre vonatkoztatott szakítóerő és λ_z a százalékokban kifejezett szakadási nyúlás.

Ha γ_1 és λ_z állandó, mint fentebb találtuk, akkor

$$T = k \cdot P_{z, 100}, \quad (23)$$

ahol k a sebességtől független állandó.

Ekkor tehát T époly alakú függvénye a sebességnek, mint P_z .

* Fonó-Szövő-Ipar III. 1916. 11. sz. 1. l.

** Az V. és VI. sebességnél a gép kissé rezgett.

*** A szakítódiagrammok részletes vizsgálata azt mutatta, hogy ha az $O V'$ távolságot (3. ábra) a különböző sebességgel felvett diagrammokon azonos számú részekre osztjuk, akkor a megfelelő osztáspontokban emelt ordináták — erők — viszonya állandó. Vagyis, ha bizonyos γ sebességnél a diagramm alakja a

$$P = \Phi(\lambda)$$

függvény által van adva, akkor valamely más γ_1 sebességnél az erő

$$P = m \cdot \Phi(\lambda)$$

alakban fejezhető ki, ahol m állandó.

IV. A gyakorlatra nézve levonható következtetések

Mint fentebb láttuk, a fajlagos nyúlás sebessége számbavehetően befolyásolja a katonaposztók jellemző adatai közül a szakítóerőt és a tartósságot. A sebesség befolyása mind a két tulajdonságra azonos jellegű, sőt számértékekben is majdnem ugyanaz, azért elég a szakítóerő változásának kapcsán a gyakorlatban szokásos szakítási módokat szemügyre vennünk.

Tudományos szempontból az volna helyes dolog, ha kis sebességgel szakítanánk. Tudományos laboratóriumokban ezt az eljárást követik is. Fémek szakításánál a szokásos sebesség percenként 1—4‰.

Szöveteket műgyetemünkön percenként körülbelül 11‰ nyúlássebességgel szakítanak.

Amde tömeges szövetátvételeknél, így elsősorban katonai intézetekben, ennek az eljárásnak követése nehézségekbe ütközik, mert ily kis sebességnél egy géppel nem lehetne annyi szövet-sávot elszakítani, amennyire szükség van. Ezért ily helyeken mótóros hajtású gép használatakor a fajlagos nyúlási sebességet a fenténél lényegesen nagyobbra veszik.

A legtöbb helyen még kézi hajtású géppel dolgoznak, ilyenkor a sebesség ingadozó nagysága teljesen ellenőrizhetetlen.*) Ezért a kézi hajtású gépeket mindenütt mótóros hajtásúakkal kellene kicserélni.

Különböző helyen, különböző sebességgel végzett szakítókéísérletek összehasonlításánál nem hagyható figyelmen kívül a sebesség befolyása.

Ha a sebesség egy esetben percenként 10, a másikban 100‰ volna, akkor a második esetben a szakítóerőre — a 6. ábra, illetőleg a (19.) képlet szerint — mintegy 9‰-kal nagyobb értéket nyerünk az első esetben mutatkozóznál.

* Kézi hajtás esetén az ingadozó sebesség hullámos diagrammot eredményez.

Előfordulhat tehát, hogy egy bizonyos szövetet például a műgyetemen elszakítva, itt 95 kg szakítóerőt kapunk, míg ugyanazt a szövetet más helyen például 100% pro perc sebességgel szakítva, 104 kg szakítóerő adódik. Ha az előírás szerint a megkívánt legkisebb szakítóerő 100 kg, akkor az egyik helyen végzett vizsgálat szerint a szövet nem felel meg, a másik vizsgálat szerint pedig valamivel jobb a megkövetelt minimumnál.

A $P_z = f(\gamma)$ összefüggést folytonosan emelkedő görbe ábrázolja (6. ábra). E görbének a kísérleteknél használt sebességi határokon belül nincs se maximuma, se minimuma, se pedig oly része, amelyen belül a szakítóerő csaknem állandó maradna. Nem tudunk tehát oly kritériumot találni, amely a „helyes“ sebességet a vizsgálat technikája szempontjából megadná. Így a sebesség választása többé-kevésbé önkényes marad: egyik helyen az a vezető szempont, hogy a használatban előfordulható lassú igénybevételt utánozzák és a tömeghatásokat lehetőleg csökkentsék, máshol meg az idő sűrűtése miatt meglehetősen gyorsan végezzük el a kísérletet. Ily ellenkező szempontokat összeegyeztetni nehéz.

E nehézség dacára is kívánatos volna a sebesség befolyásának kérdését a vizsgálatból teljesen kikapcsolni, ez pedig azáltal lehetséges, ha a fajlagos nyúlás-sebességet állandósítjuk, t. i. egy bizonyos érték betartását kötelezővé tesszük.

Addig, míg ez meg nem történik, csak úgy vehetjük elejét a sebesség befolyására visszavezethető differenciák-okozta vitáknak és perlekedésnek, ha a kísérletek eredményének közlésekor a fajlagos nyúlás-sebesség értékét szintén megadjuk.

Hogy különböző sebességgel végzett kísérletek eredményeinek összehasonlítása lehetséges legyen, ajánlatos volna azokat egységes alapra átszámítani és alapsebesség gyanánt a műgyetemen használt sebességnek megfelelő 10⁰ % pro perc értéket fel-

venni. E célra a (19.) képlet használható, de az természetesen csak gyapjúsővetekre alkalmazható.

* * *

Végül hálás köszönetet mondok *Rejtő* műegyetemi tanár úrnak azért, hogy a kísérleteknek a vezetése alatt álló laboratóriumban való végzését megengedte, a szükséges eszközöket rendelkezésemre bocsátotta, főleg pedig azért, hogy mindig becses tanácsaival támogatott.

MEGJEGYZÉSEK

HAJTÓSZÍJANYAGOK VIZSGÁLATÁHOZ.

ÍRTA

ÉS A MŰSZAKI DOKTORI CÍM ELNYERÉSE CÉLJÁBÓL A M. KIR.
JÓZSEF-MŰEGYETEM GÉPÉSZMÉRNÖKI SZAKOSZTALYÁHOZ
BENYÚJTOTTA

MIKLÓSI KORNÉL

OKLEVELES GÉPÉSZMÉRNÖK
MŰEGYETEMI ADJUNKTUS



BUDAPEST

PATRIÁR IRODALMI VALLALAT ÉS NYOMDAI RÉSZVÉNYTÁRSASÁG NYOMASA

1912

1. Bevezetés.

Ma, midőn mind nagyobb és nagyobb lesz azoknak az anyagoknak a száma, amelyeket mint hajtószíjanyagnak alkalmasakat forgalomba hoznak, kívánatos volna ezek vizsgálatát oly fokra fejleszteni, hogy egyszerű eszközökkel megbízható felvilágosítást lehessen adni arra nézve, hogy mily mértékben alkalmas valamely kérdéses anyag hajtószíjanyagnak, vagyis hogy mennyire *gazdaságosan* és *üzembiztosan* működik az illető anyagból készült hajtósíj.

A feladat megoldására ismerni kell mindenekelőtt az anyagnak azokat a fizikai tulajdonságait, amelyek a fentebb említett két tényezőt: az ökonómiát és üzembiztonságot befolyásolják; tudni kell továbbá, hogy pl. bizonyos hatások elérésére ezeknek a tulajdonságoknak mily mértéke kívánatik meg, és csak azután lehet a tulajdonképeni anyagvizsgálathoz: a megkívánt tulajdonságok mértékének alkalmas kísérletekkel való meghatározásához fogni. Röviden szólva: ismerni kell elsősorban a hajtósíjak mechanikáját.

A síjhajtás kérdése azonban még mindig olyan probléma, amelyben egyes, bár úgyszólván mesterségesen fenntartott, homályos pontok felderítésre várnak, és éppen ez a körülmény rendkívül megnehezíti az anyagvizsgáló feladatát. A probléma megoldásán már számosan fáradoztak, egyesek tisztán elméleti, mások kísérleti úton, viszont mások tisztán a gyakorlati tapasztalatok alapján (Gehrckens). A kísérleti módszer — eltekintve Morin tüzérkapitány-nak 1834-ben a surlódási tényező megállapítására végzett kísérleteitől — csak a legújabb időben talált művelőkre, bár természetesen látszik, hogy a kérdés teljes tisztázása csak a kísérleti módszerek felhasználásával lesz elérhető. Emellett azonban figye-

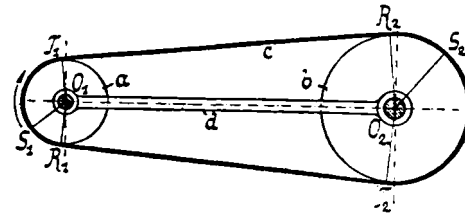
lemre kell méltatni a fizika, illetőleg mechanika törvényeinek alkalmazásából nyert elméleti eredményeket, részint azért, mert ezek vezérfonalul szolgálhatnak a kísérleti módszerek megállapítására, részint pedig, mert az elmélettel meg nem egyező kísérleti eredmények esetén, a kísérleti elrendezés, vagy mód esetleges hibáira vezetnek rá. Véleményem szerint csak ilyen — elméleti meggondolással párosult — kísérletezéstől lehet teljes eredményt várni.

Szerény dolgozatommal azért mertem a nyilvánosság elé lépni, mert alkalmam volt több hajtószijanyag vizsgálatában, mint a kísérletek végzője közreműködni és a kísérletek folyamán szerzett tapasztalataim, valamint a szíjhajtás irodalmának tanulmányozása és egyéni megfontolásaim alapján arra a meggyőződésre jutottam, hogy a kérdésben fennálló bizonytalanság jórészt tévtanok szüleménye. Elmélet és valóság között a szíjhajtásnál sincs ellentmondás, amint általában egy téren sincs, ha az elmélet nem sántít és a kísérletileg nyert eredmények helyesek.

A dolgozatomban foglalt kísérletek a szíjhajtás hatásfokának megállapítására irányultak, azért elsősorban a hatásfok kérdését óhajtom tárgyalni. Ami az üzembiztonságot illeti, azzal csak általánosságban fogok foglalkozni; nevezetesen azokat a szempontokat fogom megjelölni, amelyek arra nézve mértékadóak. A tárgyalás sorrendje annyiban nem helyes, mert esetleg azt a látszatot keltheti, hogy az ökonómia szempontját felébe helyezem az üzembiztonságnak, holott természetes, hogy ha valamely hajtószij nem üzembiztos, akkor — hasznavehetetlen lévén — tárgytalanná válik ránézve a hatásfok kérdése.

2. Hajtósíjak hatásfoka.

A két, megfelelően az O_1 , illetve O_2 tengelyre (1. ábra) ékelt tárcsából (a , b), az ezeket körülfogó, megfeszített rugalmas szalagból (c) és a két tengely ágyazásául szolgáló merev összekötő részből (d), tehát 4 elemből álló kinematikai lánc az, amelytől szíjhajtások nevezünk.¹⁾ Grashof szerint²⁾ ez a kinematikai lánc azáltal válik mechanizmussá, hogy egyik tagját, jelen esetben d -t, elmozdíthatatlanná tesszük; géppé pedig az így keletkezett mechanizmus



1. ábra.

akkor lesz, ha bizonyos mechanikai munka átvitelére szolgál. A bemutatott gép célja nevezetesen az, hogy mechanikai munkát az egyik (O_1) tengelyről a másik (O_2) tengelyre vigyen át. Alkalmazása akár azáltal válik indokolttá, hogy az O_2 tengelyre a munkavégzés céljából gyakorlandó nyomatékot, helyi viszonyok folytán, nem tudjuk közvetlenül e tengelyre alkalmazni, akár pedig mert a munkát más módon óhajtjuk két faktorára: a nyomatékra és szögsebességre bontani, mint ahogy az az O_1 tengelyen rendelkezésünkre áll; például gyorsan forgó kis nyomatékot kifejtő elektromótorral akarunk lassan forgó, nagy nyomatékot igényelő munkagépet hajtani.

¹⁾ Reuleaux, Theoret. Kinematik. 1875.

²⁾ Grashof, Theoret. Maschinenlehre II. 1883.

Az O_1 , illetve O_2 tengelyre ható nyomatékkal a szíj és a megfelelő szíjtárcsa között fellépő surlódás nyomatéka, illetőleg a két szíjszárban uralkodó — az említett surlódás miatt különböző — feszítőerők nyomatékainak algebrai összege tart egyensúlyt.

A mechanikai munka említett átvitele azonban nem történik veszteségek nélkül, épp úgy, mint ahogy nem megy át veszteségek nélkül valamely elektromotor tengelyére az a munka, amelyet elektromos munka alakjában a kapcsolaihoz vezetünk. Közbevetőleg megjegyzem, hogy a felhozott analógia annyiban nem egészen önkényes, mert látni fogjuk, hogy a szíjhajtásnál fellépő veszteségek hasonló jelleggel bírnak, mint egy elektromotoréi (állandó és változó veszteségek).

Az előálló veszteségek lényegének megértésére mindenekelőtt figyelembe kell venni azt a körülményt, hogy a hajtó szíj anyaga rugalmas, tehát erők behatása alatt alakváltozást szenved. A hatásfok kérdésének tárgyalása folyamán látni fogjuk, hogy az anyag rugalmasságának mértéke a hatásfok szempontjából elsőrangú fontossággal bír.

Mivel munkaátvitel esetén a szíj egyik — húzó — szárában nagyobb feszítő erő (F_1) uralkodik, mint a másikban — a húzottban — (F_2), azért a szíj százalékos nyúlása is nagyobb a húzó szárban és kisebb a húzottban. Így egy végtelen kis hosszúságú szíjjelemet véve tekintetbe, látjuk, hogy ez az egyik szíjtárcsán való áthaladásnál megnyúlni, a másikon való áthaladásnál pedig meg rövidülni kénytelen. A figyelembe vett elem hosszúságának e folytonos változása azt vonja maga után, hogy a szíjnak nem minden pontja bír ugyanazzal a sebességgel, hanem a sebesség pontról-pontra változik. Tegyük fel ugyanis, hogy a szíj üzeme stacioner; ekkor, állandó vastagsággal és szélességgel bíró szíjat tételezve fel, ennek fenntartására szükséges, hogy bármely helyen az időegységben ugyanaz a tömeg haladjon keresztül. Ha valamely helyen a sebesség v és a százalékos nyúlás λ , akkor m_0 lévén a feszültségmentes szíj hosszúságegységenkénti tömege,

$$\text{írható} \quad m_0 \frac{v}{1 + \lambda} = \text{állandó},$$

$$\text{vagy} \quad \frac{v}{1 + \lambda} = C.$$

A sebesség tehát a százalékos nyúlással változik.

A szíjsebesség e változásának következménye a két szíjtárcsa különböző kerületi sebessége.

Az előálló sebességkülönbség nagyságának megállapítása végezt el kell dönten, hogy a szíj mely pontjainak a sebessége egyezik meg a szíjtárcsák kerületi sebességével. Erre nézve Grashof-nál¹⁾ a következő felfogást találjuk:

A hajtó szíjtárcsán a szíj százalékos nyúlásának változása (csökkenése) nem az egész $R_1 O_1 T_1 \sphericalangle = \alpha$ szögnek (1. ábra) megfelelő ívben történik, hanem ennél kisebb darabon ($S_1 O_1 T_1 \sphericalangle$).

Mivel ugyanis a szíj a tárcsához képest relative mozog, a surlódás teljes értékében fellép és így $S_1 O_1 T_1 \sphericalangle = \alpha'$ -t a

$$\frac{F_1 - m v^2}{F_2 - m v^2} = e^{f \alpha'}$$

képletből, ahol m a szíj közepes folyóméterenkénti tömege, v a közepes sebessége, f pedig a surlódási tényező, meghatározva, az α -nál okvetlenül kisebbre adódik, mert ellenkező esetben az erőátvitel a szíj megcsúszása következtében megszűnnék. Így az $R_1 S_1$ ív mentén a szíj és a szíjtárcsa kerülete egyforma sebességgel mozog. A hajtó szíjtárcsa kerületi sebessége (u_1) tehát a szíj húzó szárának a sebességével (v_1) egyenlő; ha ez utóbbinak a százalékos nyúlása λ_1 , akkor a keresett kerületi sebesség értéke

$$u_1 = v_1 = C(1 + \lambda_1).$$

A hajtott szíjtárcsára hasonlóan azt találjuk, hogy kerületi sebessége a húzott szár sebességével egyenlő:

$$u_2 = v_2 = C(1 + \lambda_2).$$

A két kerületi sebesség különbsége, vagyis a rugalmas alakváltozásból eredő sebességvesztés:

$$u_1 - u_2 = v_1 - v_2 = C(\lambda_1 - \lambda_2).$$

Grashof és Bach ezt a hajtott szíjtárcsa kerületi sebességére vonatkoztatják; az így kapott relatív sebességvesztés értéke

$$\psi = \frac{u_1 - u_2}{u_2} = \frac{v_1 - v_2}{v_2} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{1 + \lambda_2}.$$

Az előbbieken hallgatagon feltettük, hogy a szíj vastagsága a szíjtárcsa átmérőjéhez képest igen kicsiny. A valóságban ez nem

¹⁾ Grashof, Theoret. Maschinenlehre II. 1883.

mindíg következik be, azonban a számítás nehézségeire való tekintettel mégis eltekintünk a vastagság figyelembevételétől, annyival is inkább, mert az ebből eredő különbség a kísérletileg meghatározható $\frac{u_1 - u_2}{u_2}$ és a $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{1 + \lambda_2}$ értékek között nem lehet nagy.

A különbség *Bach*¹⁾ szerint onnan ered, hogy a szíj és a szíjtárcsa között fellépő surlódás, mint excentrikusan — nem a keresztmetszet súlypontjában — működő erő az egyes rétegek különböző mértékű megnyúlását idézi elő. A későbbiekben a szíj vastagságát csak ott fogom figyelembe venni, ahol a húzó és húzott szárban fellépő feszítő erők irányvonalai helyének meghatározásáról lesz szó. Erre a kísérleteknél alkalmazott, aránylag kis szíjtárcsaátmérők készletet.

Ha a sebességvesztés a hajtó szíjtárcsa kerületi sebességére vonatkoztatjuk, akkor a relatív sebességvesztés kifejezése lesz:

$$\varphi = \frac{u_1 - u_2}{u_1} = \frac{v_1 - v_2}{v_1'} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{1 + \lambda_1}.$$

↳ Tekintettel arra, hogy ennek a használata a hatások kifejezését egyszerűbben kezelhetővé teszi, a következőkben ezt fogom tekinteni a relatív sebességvesztés: *a látszólagos csúszás* mértékéül. φ -ből különben ψ mindig kiszámítható, mert érvényes

$$1 - \varphi = \frac{1}{1 + \psi} = 1 - \psi + \psi^2 - \dots$$

összefüggés, amely mutatja, hogy kis φ (és ψ) értékeknél $\varphi \cong \psi$.

Az eddigi fejtegetésekből kitűnik, hogy a beálló látszólagos csúszás annál nagyobb, minél nagyobb különbség van a húzó és húzott szíjszár nyúlása között.

A szíjnak feszültségmentes állapotban ds_0 hosszúságú eleme kénytelen a ráható változó intenzitású feszültségek hatása alatt hosszát $ds_0(1 + \lambda_1)$ és $ds_0(1 + \lambda_2)$ értékek között periodikusan változtatni. Egyesek (Gehrckens, Bach) szerint ez a periodikus alakváltozás csak akkor áll elő teljes mértékben, ha erre

¹⁾ C. Bach, Maschinenelemente. 1903.

elegendő idő áll rendelkezésre; ha ellenben ez a feltétel nincsen betöltve, ami nagy szíjsebességnél következhetik be, akkor a húzó és húzott szíjszár nyúlása között nem lesz akkora különbség, mint amekkora az azokban uralkodó feszültségeknek az anyag rugalmas diagrammja szerint megfelel: így a szíj anyaga annál közelebb jut a merev anyag fogalmához, minél nagyobb sebességgel járattuk (Kammerer¹⁾); ezt Bach²⁾ úgy is kifejezi, hogy a szíjanyag rugalmassági modulusa a szíjsebességgel nő.

Ez a jelenség azonban csak képzelt; azoknak, akik következtéseikben felhasználták, egyéb szolgálatot nem tett, mint hogy zavaros magyarázatokra segített. Hogy a jelenséggel tényleg nem kell számolnunk, azt bizonyítják elsősorban Kammerer kísérletei, amelyekből kitűnik, hogy a látszólagos csúszás nagysága a sebességtől független, tehát hogy a szíj említett periodikus alakváltozása — legalább a gyakorlatban előforduló sebességi határok között — mindig bekövetkezik. Megemlítést érdemel, hogy Kammerer maga, figyelmen kívül hagyva kísérleteinek ezen eredményét, magyarázatként szintén felhasználja az említett, képzelt jelenséget, hogy: „nagy sebességnél a szíjnak nincsen ideje megnyúlni“.

Nagyban hozzájárulnak ennek a kérdésnek a tisztázásához azok az elmés kísérletek, amelyeket legújabbban *Skutsch* végzett,³⁾ és amelyek dolgozatom megírása közben jutottak tudomásomra. A kísérletek elve, hogy l hosszúságú, K keresztmetszetű, m tömegű szíjra M tömeget akasztva, azt longitudinális rezgésbe hozzuk; ha ennek megfigyelt lengésideje T , akkor a szíjanyag rugalmassági modulusa

$$E = \frac{M + \frac{m}{3}}{T^2} 4\pi^2 \cdot \frac{l}{K}$$

képletből számítható. Különböző T -t más és más M -nek az alkalmazásával érünk el. A rugalmassági modulus nyert értékeit, külön-

1) Kammerer, Mitteilungen über Forsch. arbeiten. 1908.

2) Bach, Maschinenelemente. 1903.

3) Zeitschr. d. Vereines deutscher Ing. 1911. 28. sz.

bőző lengési időnek (T) és igénybevételnek (σ) megfelelően, az alábbi táblázat mutatja:

$T \text{ sec}$	0.25 ~ 0.355	0.6	1	2	3	3.75 ~ 4.8
$\sigma = 0.08 \text{ kg/mm}^2$..	1742	1684	1762	1678	1829	1831
$\sigma = 0.16$..	2291	3314	2384	2405	2281	2403
$\sigma = 0.34$..	3178	3051	3148	3268	3042	3062
$\sigma = 0.30$..	3343	—	—	—	—	3182

Mint látjuk, a rugalmassági modulus nagymértékben nő az igénybevétellel, ellenben a lengésidőtől független. Meghatározhatjuk ennél fogva közönséges húzóigénybevétel által is. Skutsch fenti kísérleti eredményei közvetlenül Bach-nak azt a nézetét cáfolják meg, hogy a szíjanyag rugalmassági modulusa a sebességgel nő.

Egy szíjjelem sebességének periodikus változásával járó tömeghatások nagysága számszerűleg is megítélhető a szíj mozgásegyenletei alapján. Induljunk ki az általános esetből, hogy a teendő egyszerűsítések megengedhetőségéről közvetlen meggyőződést szerezzünk.

A szíj valamely eleme a ráható erők befolyása alatt görbe pályán mozog; a mozgás lehet térbeli is (pl. félig keresztezett hajtás), de egyszerűség okáért csak a síkmozgás esetét fogom tárgyalni (nyitott hajtás). Legyen a szíj valamely elemében bizonyos pillanatban a feszítő erő, vagyis a keresztmetszetben működő húzófeszültségekből eredő erő F , az elemre ható külső erők eredője pedig dR . Válasszunk a mozgás vizsgálatára olyan koordináta-rendszert, melynek x, y tengelyei megfelelően párhuzamosak a pálya mindenkori érintőjével, illetőleg normálisával. A pálya két koordinátája az időn (t) kívül attól is függ, hogy melyik szíjjelem mozgását vizsgáljuk, tehát írható

$$\begin{aligned}x &= f_1(s, t), \\y &= f_2(s, t),\end{aligned}$$

ha t . i. s a szíjnak egy bizonyos kezdőponttól a mozgás irányában számított ívhosszát jelenti. A szíj középvonalának érintője, illetőleg — végtelen vékony szíjat téve fel — a vizsgált elemben

fellépő feszítő erő a két koordinátatengelylyel oly szögeket zár be, melynek cosinusai megfelelően:

$$\frac{\partial x}{\partial s}, \frac{\partial y}{\partial s}.$$

Tehát a feszítő erő vetületei a koordinátatengelyekre

$$F_x = F \cdot \frac{\partial x}{\partial s}, F_y = F \cdot \frac{\partial y}{\partial s}.$$

Ha $F_x = \varphi(s, t)$

a vizsgált elem egyik keresztmetszetében működő feszítő erő vetülete, akkor a másik keresztmetszetben

$$F_x' = \varphi(s + ds, t).$$

Taylor-sorba fejtvé

$$\begin{aligned} F_x' &= \varphi(s, t) + \frac{\partial \varphi(s, t)}{\partial s} \cdot ds + \dots \\ &= F_x + \frac{\partial F_x}{\partial s} \cdot ds + \dots \end{aligned}$$

A két vetület különbsége

$$F_x' - F_x = \frac{\partial F_x}{\partial s} \cdot ds = \frac{\partial}{\partial s} \left(F \cdot \frac{\partial x}{\partial s} \right) ds = \left(\frac{\partial F}{\partial s} \cdot \frac{\partial x}{\partial s} + F \cdot \frac{\partial^2 x}{\partial s^2} \right) ds.$$

Analóg kifejezést kapunk a másik koordinátatengelyre vonatkozólag.

Ha a külső erőnek (dR) a koordinátatengelyekkel képezett szögei λ, μ , akkor a megfelelő vetületei

$$dR \cdot \cos \lambda, \quad dR \cdot \cos \mu.$$

Ha, dm_1 a ds hosszúságú szíjelem tömege lévén, $m = \frac{dm_1}{ds}$; ha továbbá ρ az illető szíjelem pályájának görbületi sugara és v a sebesség, a mozgásegyenletek lesznek:

$$\begin{aligned} m \frac{dv}{dt} &= \frac{\partial F}{\partial s} \cdot \frac{\partial x}{\partial s} + F \cdot \frac{\partial^2 x}{\partial s^2} + \frac{dR}{ds} \cdot \cos \lambda. \\ \frac{m v^2}{\rho} &= \frac{\partial F}{\partial s} \cdot \frac{\partial y}{\partial s} + F \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial s^2} + \frac{dR}{ds} \cdot \cos \mu. \end{aligned}$$

A szíjelemek mozgása rendes esetben olyan, hogy minden szíjelem az előtte levőnek a nyomába lép, vagyis a szíj állandóan megmaradó alakja egyszersmind valamely szíjelem pályájának az

alakja is (a szíj nem végez hullámmozgásokat). Ebben az esetben azonban s összeesik x -el, és így

$$\frac{\partial x}{\partial s} = \frac{\partial x}{\partial x} = 1, \quad \frac{\partial^2 x}{\partial s^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial x}{\partial x} \right) = 0;$$

$$\frac{\partial y}{\partial s} = \frac{\partial y}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^2 y}{\partial s^2} = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{\rho} \quad (\text{mert } \frac{\partial y}{\partial x} = 0).$$

Tehát a mozgásegyenletek lesznek:

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{\partial F}{\partial s} + \frac{dR}{ds} \cdot \cos \lambda,$$

$$m \frac{v^2}{\rho} = \frac{F}{\rho} + \frac{dR}{ds} \cdot \sin \lambda.$$

Ezekben az egyenletekben m szigorúan véve változó, mert, a hosszegységre eső tömeget jelentvén, értéke annál kisebb, minél nagyobb százalékos nyúlással bír a figyelembe vett elem:

$$m = \frac{m_0}{1 + \lambda}.$$

De mint a megelőzőkben láttuk,

$$\frac{1}{1 + \lambda} = \frac{C}{v}.$$

Ha $\lambda = 0, v = C = v_0$; ezt helyettesítve:

$$m = \frac{m_0 v_0}{v}.$$

Figyelembe véve, hogy $v = \frac{ds}{dt}$ és stacionér állapotot téve fel, amikor F csak a helynek és nem egyszersmind az időnek is a függvénye (bizonyos helyen az időtől függetlenül mindig ugyanolyan értékű), tehát $\frac{\partial F}{\partial s} = \frac{dF}{ds}$, a következő egyenleteket kapjuk:

$$m_0 v_0 \frac{dv}{ds} = \frac{dF}{ds} + \frac{dR_t}{ds},$$

$$m_0 v_0 \frac{v}{\rho} = \frac{F}{\rho} + \frac{dR_n}{ds};$$

ha t. i. $dR \cdot \cos \lambda = dR_t$, $dR \cdot \cos \mu = dR_n$.

Az első egyenletből

$$dF = m_0 v_0 dv - dR_t;$$

tehát két A, B pontban működő feszítő erők közötti különbség értéke:

$$F_B - F_A = m_0 v_0 (v_B - v_A) - \int_{AB} dR_t.$$

E kifejezés mutatja, hogy a feszítő erő változása két részből áll. Az egyik rész,

$$\int_{AB} dR_t$$

a felvett két pont között a szíjra működő külső erők tangenciális vetületeinek algebrai összege. Ilyen külső erő elsősorban a szíjtárcsa és szíj között fellépő surlódás, mely a hajtó tárcsán $+$, a hajtotton pedig $-$ előjellel veendő figyelembe, amint az fenti levezetésből, ahol az erők pozitív értelmét a sebesség pozitív értelmével összeesőnek vettük fel, kitűnik. Tangenciális irányban ható erő ezenkívül a levegőellenállás.

Legyenek A, B megfelelően azok a pontok, amelyekben a szíj sebessége legnagyobb, illetőleg legkisebb, tehát ahol a szíj a hajtó, illetőleg hajtott szíjtárcsára felfut és P legyen az átvitt kerületi erő, akkor a levegőellenállás elhanyagolásával:

$$\int_{AB} dR_t = P.$$

A feszítő erő változásának ez a része dinamikai hatásoktól független: csak az átvindó kerületi erőből függ.

A tömeghatásokból eredő tag:

$$J = m_0 v_0 (v_1 - v_2),$$

$$\text{illetőleg } J = m_0 v_0 v_1 \varphi \approx m_0 v^2 \varphi,$$

ha v a középsebesség.

Egy számpélda könnyen meggyőz arról, hogy ez az érték az átvindó erőhöz képest — a gyakorlatban előforduló viszonyokat feltételezve — elenyészően csekély. Ha ugyanis bőrszíjat veszünk fel, melynek vastagsága 4 mm és fajsúlya 0.9 kg/dm^3 , tehát folyóméterenkénti súlya 1 cm szélességre $= 0.036 \text{ kg}$, akkor

$$m_0 = 0.00367.$$

Legyen a közepes szíjsebesség 30 m/sec ; ami φ értékét illeti, látni fogjuk, hogy ez nem igen tesz ki többet 2% -nál, ezt felvéve (ha b a szíj szélessége):

$$\frac{J}{b} = j = 0.00367 \cdot 30^2 \cdot 0.02 = 0.066 \text{ kg/cm}.$$

Ha a szíj által átvitt kerületi erő pl. 10 kg/cm , akkor a tömeghatásokból eredő erőtöbblet a hasznosan átvitt erőnek nem egészen egy százaléka. Ez világosan mutatja, hogy a tömeghatásoknak a szíjban fellépő feszítő erőkre gyakorlatilag elhanyagolható befolyása van. Tévedésen alapszik tehát Gehrckens-nek az a felfogása,¹⁾ hogy a szíj két szárában uralkodó feszítő erőknek nagy sebességnél észlelhető igen nagy különbsége dinamikai okokkal van összefüggésben.

A tömeghatásokat figyelmen kívül hagyva, az erők közötti összefüggést a

$$dF = -dR_c$$

és

$$F = mv^2 - \rho \cdot \frac{dR_n}{ds}$$

egyenletek szolgáltatják.

Megjegyzem, hogy $dR_c = f dR_n$ esetén $\frac{ds}{\rho} = d\varphi$ jelöléssel

$$\frac{dF}{F - mv^2} = f d\varphi.$$

Integrálva kapjuk:

$$\frac{F_1 - mv^2}{F_2 - mv^2} = e^{f\alpha'}$$

mint azt már az előzőekben jeleztük.

A szíj tengelynyomása az $F_1 - mv^2$ és $F_2 - mv^2$ erők eredője.

*

Mielőtt a látszólagos csúszásnak a hatásfokra való befolyását vizsgálónok, tekintsük közelebbről a veszteségeket okozó többi tényezőket.

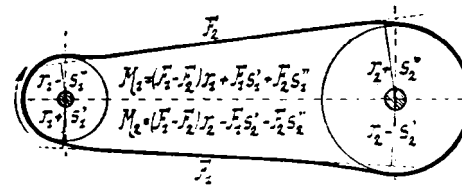
Ilyen például a szíjanyag merevsége, amelynek lényege abban áll, hogy a szíj az egyenesből nem megy át hirtelen a szíjtárcsának megfelelő körbe, hanem görbületi sugarát fokozatosan változtatja \sim és a szíjtárcsának megfelelő r között és viszont. Ez azután, mint a 2. ábra mutatja, azt eredményezi, hogy a hajtott tengelyre nézve a húzó szárban fellépő F_1 feszítő erőnek a karja csökken, míg a húzott szárban fellépő F_2 -é nő; mivel a hajtott tengelyre ez fordított értelemben áll elő, az eredmény munkaveszteség.

¹⁾ Gehrckens, Leistung von Treibriemen. Z. d. V. d. J. 1893.

A merevség oka belső surlódás;¹⁾ azért nagy veszteséget főleg csak köteleknél okoz, amelyeknek egyes fonalelemei a meghajtásnál egymáson surlódnak; szíjaknál a merevség — miként azt Kammerer megjegyzi²⁾ — csak alárendelt szereppel bír és így elég nagy szíjtárcsaátmérőnél figyelmen kívül hagyható. Közbevetőleg megjegyzem, hogy a „merevségből“ eredő veszteséget növelik olyan szerek, amelyek a szíj és szíjtárcsa közötti tapadást szükségtelenül fokozzák.

Grashof³⁾ a hajtószíjak hatásfokának számításánál csak az előbbiekben említett két tényezőt: a látszólagos csúszást és a merevséget vette figyelembe. Ezek mellett azonban mindenesetre számbaveendő egy harmadik tényező: a levegőellenállás.

A levegőellenállás elsősorban a szíjsebesség függvénye; nagyságának a meghatározására irányuló megbízható kísérleteket még nem végeztek. Kammerer, kísérletei folyamán, kapott ugyan bizonyos határértékeket, de ezek nem mondhatók megbízhatóknak, mert a használt kísérletrendezés nem volt alkalmas olyan — aránylag csekély — vesz-



2. ábra.

teségek mérésére, mint a levegőellenállás. Jobb adatok hiányában azonban a Kammerer által megadott értékeket fogom a hatásfok megítélésénél figyelembe venni. Szerinte a levegőellenállás 1 cm szélességre 13—60 *m/sec* sebességhatárok között:

$$0,07 \sim 0,24 \text{ kg}.$$

Ezek után keressünk a hajtószíjak hatásfokára oly kifejezést, a melyben a fenti tényezők külön figyelembe vehetők.

Ha a hajtó tengely fordulatszáma n_1 , e tengely által a hajtó szíjtárcsának átadott nyomaték M_1 , akkor a bevezetett munka lóerőkben

$$N_1 = \frac{1}{75} \cdot M_1 \cdot \frac{2\pi n_1}{60}.$$

¹⁾ Weisbach, Ingenieur u. Maschinen-Mechanik I. 1875.

²⁾ Mitteilungen über Forsch. arb. 1908.

³⁾ Theoret. Masch. lehre II. 1883.

A hajtott tengely fordulatszáma n_2 , a hajtott szíjtárcsára ható nyomaték M_2 lévén, az elvezetett munka

$$N_2 = \frac{1}{75} \cdot M_2 \cdot \frac{2\pi n_2}{60}.$$

Tehát a szíj hatásfoka

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{n_2}{n_1}.$$

M_1 , valamint M_2 oly erők (feszítő erők a fel- és lefutási helyeken és a tárcsát körülfogó szíjdarab levegőellenállása) nyomatéka, amelyek irányvonala a szíj középvonalával nagyjából összeesik; ha ennek távolsága a két tengelytől $\left(\frac{d_1}{2}\right)$, illetőleg $\left(\frac{d_2}{2}\right)$, akkor a két szíjtárcsára ható, az előbbi távolságokban koncentrálna képzelt erők nagysága:

$$P_1 = \frac{M_1}{\left(\frac{d_1}{2}\right)},$$

illetőleg

$$P_2 = \frac{M_2}{\left(\frac{d_2}{2}\right)}.$$

Ha ezenkívül

$$\frac{d_1 \pi n_1}{60} = u_1'$$

és

$$\frac{d_2 \pi n_2}{60} = u_2',$$

úgy írható

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{u_2'}{u_1'} = \left(1 - \frac{P_1 - P_2}{P_1}\right) \left(1 - \frac{u_1' - u_2'}{u_1'}\right).$$

E kifejezésben előforduló $\frac{u_1' - u_2'}{u_1'}$ helyett φ írható.

A P_1 és P_2 közötti különbséget elsősorban a levegőellenállás és kismértékben a merevség okozza. Tegyük fel, hogy a szíjtárcsák átmérője akkora, hogy a merevséget el lehet hanyagolni és legyen a levegőellenállás S (kg), akkor

$$P_1 - P_2 = S.$$

A P_1 (kerületi) erőt és a levegőellenállást a szíj szélességének (b) egységére vonatkoztatva és

$$\frac{P_1}{b} = p, \frac{S}{b} = s$$

jelölést behozva, lesz

$$\eta = \left(1 - \frac{s}{p}\right) (1 - \varphi).$$

Ennek a kifejezésnek egyik tényezője: $1 - \frac{s}{p}$ az anyagtól legfeljebb csak igen kismértékben függ; nagyságára főleg csak a szíjsebesség gyakorol befolyást.

A második tényező a szíjanyag rugalmas alakváltozásaitól függ és így értéke minden anyagnál más és más.

A hatásfok nyert kifejezéséből kiindulva, annak meghatározására úgyszólván önként kínálkozik az a mód, hogy két kísérletet végezve, az egyik segélyével csak a levegőellenállást — és kis szíjtárcsaátmérőnél esetleg a merevséget —, egy második kísérlet által pedig a látszólagos csúszást határozzuk meg.

Természetes, hogy a kétféle kísérlethez két külön, megfelelően összeállított kísérleti berendezés szükséges, mert a levegőellenállás (és a merevség) nagyságának a megállapítására nem alkalmasak azok az aránylag nagymennyiségű mechanikai munkát termelő, illetőleg fogyasztó gépek, amelyeket a látszólagos csúszás méréséhez, amikor is a szíj által átviendő kerületi erőnek nagyok kell lenni, felhasználunk.

Az egyes veszteségek ily elkülönített megállapítása azonban azzal az előnnyel jár, hogy tisztább képet nyerünk azoknak a hatásfokra való befolyásáról.

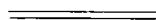
Azonkívül két, megfelelő kísérleti berendezést használva s -t és φ -t és ezzel együtt a hatásfokot pontosan kapjuk meg: sokkal megbízhatóbb értéket nyerünk, mintha a bevezetett (N_1) és elvezetett (N_2) munkát mérve, a hatásfokot az $\eta = \frac{N_2}{N_1}$ képletből számítanók ki, mert ez utóbbi esetben az N_1 , illetőleg N_2 mérésében elkövetett, egyéb körülmények között csekélynek mondható hiba az $N_1 - N_2$ veszteséget és ezzel együtt a hatásfok értékét lényegesen befolyásolja.

Ezenkívül figyelembe veendő, hogy a levegőellenállás az anyagtól a legnagyobb valószínűség szerint független lévén, elegendő egyszer és mindenkorra megbízható kísérletek által meghatározni.

Bemutatandó kísérleteim csak a látszólagos csúszás meghatározására irányultak. A levegőellenállásra — megfelelő berendezés hiányában — oly értéket vettem fel, amely a Kammerer általi megadott határok között van.

Mint az előzőkből látható, a hatásfokra befolyással bíró veszteségek közül kihagytam azt a csapágyakban keletkező többlet surlódási munkát, mely a szíj tengelynyomásának a következménye, ámbár világos, hogy ez is a szíj rovására irandó. Tekintetbe venni ezt a veszteséget azért nem lehet, mert nagysága az elrendezéstől függ (függ például attól, hogy a szíj tengelynyomásán kívül milyen és mekkora más erők hatnak a tengelyre); de bizonyos megadott elrendezésnél is nehézséget okoz, hogy a csapsurlódás a csapnyomásnak, jól kent csapágyaknál, csak kísérletileg meghatározható, nem lineáris függvénye.

Figyelmen kívül hagytam analóg okból a szíjtárcsák levegőellenállásából származó munkavesztést is.



3. Hajtósíjak üzembiztonsága.

Az üzembiztonság kissé tág és határozatlan fogalom lévén, mindenekelőtt meg kell állapodnunk, hogy mit értsünk rajta.

Ha valamely hajtósíjat nem feszítünk meg annyira, amennyire azt az átvendő kerületi erő megkívánja, akkor a szíj a tárcsákon megcsúszik: felmondja a szolgálatot. Ez persze még nem minősíthető üzemzavarnak; ilyenről csak akkor beszélhetünk, ha az említett jelenség üzem közben áll be, még pedig azért, mert valamely oknál fogva a szíjban uralkodó feszültségek a kelleténél kisebbek lesznek. Az ok lehet a hőmérsékleti, nedvességi viszonyokban stb.; ezektől függetlenül előállhat a feszültségek csökkenése akkor, ha a szíj üzem közben maradó alakváltozást szenved. Ez utóbbi jelenséggel bővebben kívánok foglalkozni.

Az a jelenség, hogy állandó erőhatárig ismételten igénybevett anyagok idővel mind nagyobb és nagyobb maradó alakváltozást szenvednek, még pedig akkor is, ha az igénybevétel felső határa a rugalmassági határon alul van, ma már általánosan ismeretes; a tűnemény kísérleti vizsgálatával és elméleti indokolásával behatóan Rejtő tanár úr foglalkozott.¹⁾ Erre vonatkozó kísérleteit főleg papirosokkal végezte és kimutatta, hogy ha P_m szakító erővel bíró papirost $P_1 < P_m$ erőhatárig ismételve igénybeveszünk, a papiros fokozatosan maradóan nyúlik és végre s_i maradó nyúlás után elszakad. $s_i > s_m$, t. i. az a megnyúlás, amelyet a papiros folytonosan növekedő erővel való igénybevétel esetén szenvedne. A kísérletek szerint az elszakításra szükséges

¹⁾ Rejtő. A papiros tartósságának megállapítása. 1907.

isméltések száma, ha m az anyag szívóssági munkája és ε egy állandó

$$J = m^\varepsilon \left(\frac{P_m}{P_i} - 1 \right),$$

ahonnan látszik, hogy J növekedő P_i -vel rohamosan csökken.

A jelenség oka az, hogy az egyszeri igénybevételnél fellépő kismértékű labilis maradó alakváltozások, nem lévén idejük eltűnni, idővel összeadódnak és stabilis maradó alakváltozássá lesznek.¹⁾

Rejtő tanár úr elméleti fejtegetéseiből következik, hogy ez a jelenség nemcsak papirosoknál, hanem minden anyagnál előáll és így kétségtelen, hogy hajtószíjanyagoknál (bőr, kaucsuk, balata stb.) is számolni kell vele.

Csak szívós (képlékenységgel nem bíró) anyagoknál az ismételt igénybevétel addig folytatható, míg az anyag szívóssága kimerítve nincs. A fentemlített hajtószíjanyagoknál ez esettel van dolgunk.

Hajtószíjak igénybevétele legkisebb a húzott szíjszárban és legnagyobb azon a helyen, ahol a szíj a hajtószíjtárcsára felfut, illetőleg a hajtóttról lefut: ez utóbbi helyen ugyanis a tárcsára való hajlításból származó feszültség is tekintetbe veendő. Így a szíj egy térfogatelemére folyton ingadozó nagyságú belső erők hatva, azt lassanként maradónan deformálják, minek következtében előállhat az üzemzavar.

Az előálló deformáció mértékére befolyást gyakorol elsősorban a feszültségek nagysága; azonkívül az, hogy a szíj üzeme folytonos-e, vagy pedig nagyobb szünetek fordulnak elő; figyelembe jön, hogy a szíjat munkaszünetek alkalmával leveszik-e a szíjtárcsákról.

Világos, hogy valamely anyag üzembiztonság szempontjából annál jobban megfelel, minél több, bizonyos két erőhatár között végzett, ismételt igénybevétel szükséges bizonyos százalékos maradó nyúlás előidézésére.

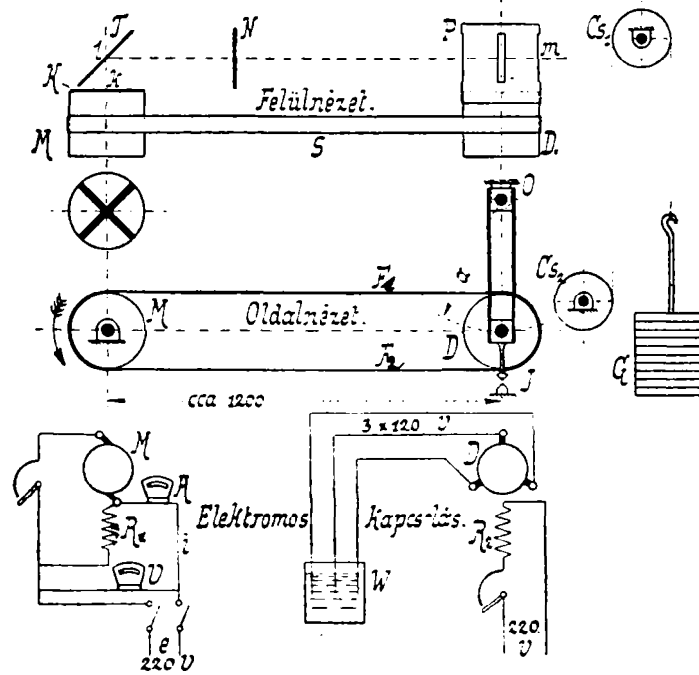
Az ismételt igénybevételek folytán előálló szakadás hajtószíjanyagoknál csak másodsorban jön tekintetbe, mert tapasztalat szerint, a használatos anyagoknál, ez csak igen hosszú idő után következik be.

Ezekután áttérek a látszólagos csúszás mérésére használt kísérleti berendezés ismertetésére.

¹⁾ *Rejtő*, A fémek kimerülése. Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye 1910.

4. Kísérleti berendezés.

Olyan berendezésre volt szükség, amelynél az átvitt kerületi erőt és a szíj tengelynyomását változtatni lehet. Hogy az átvitt munkát kényelmesen lehessen mérni, elektromos gépeket használ-



3. ábra.

tam: egyenáramú shunt-mórt forgóáramú generátorral kapcsoltam a szíj által össze.

A kísérleti berendezést a 3. ábra mutatja, melyen az elektromos kapcsolás is fel van tüntetve.

A motort (M) a 220 volt feszültségű városi hálózathoz tápláltam; a generátor (D) áramát pedig vízreosztátba vezettem. A motor feszítő síneken nyugodott, úgy hogy eltolható és tetszés szerinti helyen rögzíthető volt. A generátor az O tengelyre volt függesztve; e körül a sugarú körben lenghetett. A szíj feszítését G súlyllyal eszközöltem, mely drótkötélre volt függesztve; a drótkötél Cs_1 , Cs_2 csigákon átvezetve a generátorhoz volt kötve; a Cs_2 csiga helyzete olyan volt, hogy a drótkötél a generátorra a hajtó és hajtótengelyt merőlegesen metsző, a használt elrendezésnél vízszintes erőt fejtessen ki.

Az átvitt kerületi erőt a vízreosztát, a szíj tengelynyomását pedig a G súly segítségével lehetett változtatni. Az összefüggést a G súly és a tengelynyomás között a következőképen állapíthatjuk meg, tekintettel a két szíjtárcsa igen közel egyforma átmérőjére:

Legyen

$$F_1 - m v^2 = F_1', \quad F_2 - m v^2 = F_2'.$$

A generátor egyensúlyának a feltétele

$$F_2' \left(a + \frac{d}{2} \right) + F_1' \left(a - \frac{d}{2} \right) - G a = 0,$$

ha t. i. $\frac{d}{2}$ az F_1' és F_2' erők irányvonalainak a generátor forgástengelyétől való távolsága. A feltétel így is írható

$$(F_1' + F_2') a + (F_2' - F_1') \frac{d}{2} - G a = 0.$$

De $F_1' + F_2' = Q$
nem egyéb, mint a tengelynyomás.

Ezt figyelembe véve, $F_1' - F_2' = P$ jelöléssel, a tengelynyomásra

$$Q = G + P \frac{d}{2a}$$

kifejezést kapjuk.

Ha $\frac{d}{2}$ alatt a szíj középvonalának a forgástengelytől való távolságát értjük, úgy — mivel a használt kísérleti berendezésnél a szíjtárcsák átmérője 228 mm és $a = 400$ mm volt — 4 mm vastag szíjat felvéve, lesz: $\frac{d}{2a} = \frac{116}{400} = 0.29$; tehát

$$Q = G + 0.29 P.$$

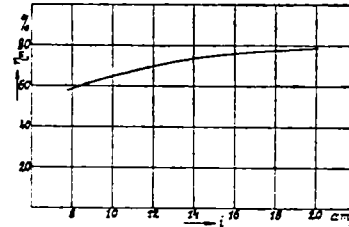
P helyébe a hajtó tárcsára működő, kísérletileg meghatározandó, kerületi erő (P_1) írható.

$$\text{Ekkor} \quad Q = G + 0,29 P_1.$$

Hogy Q -ra pontos értéket lehessen kapni, a Cs_1 , Cs_2 csigák golyós csapágyakkal voltak ellátva és így igen könnyen forogtak; az O tengelynek is golyós csapágái voltak.

Egyedüli aggodalmat még a drótkötél merevségéből eredő hiba lehetősége okozhatott, de ezt eloszlatta az, hogy üzem közben a generátor, és a G súly is, kis rezgéseket vitt véghez, amelyek a merevségből eredő veszteséget igen kis értékre redukálták.

Természetes, hogy a tengelynyomásnak fenti képletből való meghatározása csak akkor engedhető meg, ha a generátor súlypontja az O tengelyen átfektetett függőleges síkban van, mert ha ez nem volna így, akkor a tengelynyomás meghatározására szolgáló nyomatéki egyenletbe a generátor súlya és annak ismeretlen karja is bekerülne. Ezért a generátorra J mutatót erősítettem, amely a generátor súlypontjának említett helyzetében egy fix jelző ponttal összeesett.



4. ábra.

A kerületi erő meghatározására a motor kapcsain mértem a feszültséget (e), azonkívül a motorba folyó összes áramot (i); a mérés precíziós műszerekkel történt.

A motorba vezetett elektromos effektus:

$$W_1 = e i \text{ watt}$$

így ismeretes volt.

A szíjnak átadott mechanikai munka számításához szükségem volt a motor hatásfokának az ismeretére. Ennek a meghatározását — mivel megfelelő műszereim hiányoztak — a Ganz-féle villamossági r. t. próbatermében szívességéből végezték. A mérések eredményeképp kapott hatásfokokat a bevezetett összes áram függvényében 8 és 20 ampère között a 4. ábra tünteti fel. Ha az i áramhoz tartozó hatásfok η_m , akkor a kerületi erő

$$P_1 = \frac{\eta_m \cdot e i}{9,81 \cdot u_1'}$$

Helyettesítve
$$u_1' = \frac{d \pi n_1}{60}$$

értéket, lesz ($d = 0,232 \text{ m}$):

$$P_1 = 8,4 \cdot \frac{\gamma_m \cdot e \cdot i}{n_1}.$$

Az itt szereplő fordulatszám (n_1) mérésére centrifugális tachométert használtam.

A látszólagos csúszás meghatározása végett a

$$\varphi = \frac{u_1' - u_2'}{u_1'}$$

egyenletből indulunk ki, amely igen vékony szíj esetén — amikor is $u_1' = u_1$, $u_2' = u_2$ — az eredeti meghatározási egyenlettel megegyezik. A használt kísérleti berendezésnél a két szíjtárcsa átmérője igen közel azonos volt; mivel azonban a bemutatandó kísérleti módnál az átmérőknek aránylag kis — pár tized mm -nyi — eltérése érezhető befolyást gyakorol a látszólagos csúszás nyert értékeire, azért az átmérőket kezdettől fogva különbözőeknek tekintjük

írható (mivel $\frac{d_2}{d_1} \cong 1$):

$$\varphi = \frac{d_1 n_1 - d_2 n_2}{d_1 n_1} = \left(1 - \frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

vagy:
$$\varphi = \varphi_0 + \varphi_x,$$

ha t. i.
$$\varphi_0 = 1 - \frac{d_2}{d_1} \text{ és } \varphi_x = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

φ_0 , mint látható, csak az átmérőktől függ, tehát bizonyos elrendezésnél állandó, míg φ_x a kerületi erővel változik.

φ_x meghatározásához a fordulatszámok ismerete szükséges. Lehet úgy eljárni, hogy külön mérjük a motor fordulatszámát (n_1) és külön a generátorét (n_2) és pedig fordulatszámológó segítségével amelyeket egy bizonyos pillanatban kapcsolunk össze a motor illetve a generátor tengelyével és hosszabb idő után ugyanabban a pillanatban kapcsoljuk ki. Ha $t \text{ sec}$ alatt a motor T_1 , a generátor T_2 fordulatot tett, akkor

$$\varphi_x = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Hogy ez az eljárás elegendő pontosságot adjon, ahhoz okvetlenül szükséges, hogy a két fordulatszámológót egyszerre kapcsoljuk

be és ki, ami csak automatikusan működő, pl. mágneses bekapcsolókkal érhető el (Kammerer).

Azonban éppen e bekapcsoló szerkezet miatt az eljárás költséges, azért a mérésnek egy másik módját választottam, amelynek segítségével a $T_1 - T_2 = \Delta T$ különbség közvetlenül meghatározható. A módszer elve ugyanaz, mint amelyet indukciós elektromotorok „slöpp“-jének a mérésénél alkalmaznak. Erre Herzog Antal, a Ganz-féle villamossági r. t. mérnöke hívta fel figyelmemet és így a kísérletek eredményességét jórészt neki köszönhetem. A használt berendezés lényege a következő:

A motor szíjtárcsájára (3. ábra) fekete kereszttel ellátott, kör alakú fehér papiroslap (K) volt erősítve, a generátoréra pedig négy, egymással szemben levő, hosszúkás kivágással ellátott fekete papirohenger (P); ezek között egy tükör (T) volt felállítva. Ha a tükröt úgy igazítjuk be, hogy az a K papiroslapról jövő fény sugarakat (kl) az lm irányba térítse, akkor az m pontban lévő megfigyelő a fekete keresztet a tükörben látni fogja. Ha a szíjtárcsák forognak, akkor a kereszt a tükörben áll, illetve forog aszerint, amint a szíjtárcsák egyenlő, vagy különböző fordulatszámokkal bírnak. Ha a kereszt t sec alatt ΔT fordulatot tesz, akkor

$$\varphi_x = \frac{60 \cdot \Delta T}{t \cdot n_1}.$$

Hogy ΔT -t és a hozzátartozó t -t megbízhatóan lehessen meghatározni, a tükör és a megfigyelő között kör alakú nyílással ellátott papiroslapot (N) helyeztem el, amelyen egy jel volt a negyedfordulatok számának pontos megállapítása végett; a negyedfordulatok számlálása akkor kezdődött, amikor a kereszt egyik szára a fix jellel összeesett és hasonló pillanatban fejeződött be. Az idő mérése másodpercszámlálóval történt; ennek megindítását és megállítását ugyanaz végezte, aki a kereszt forgását figyelte, úgy hogy t mérése is elég pontos volt.

Ilyen módon, φ_x -et ismerve, még φ_0 meghatározása volt hátra; erre nézve a következőket jegyzem meg:

Üresjáráskor, amikor a hasznos kerületi erő $= 0$, a szíj saját veszteségeinek figyelmen kívül való hagyásával, $\varphi = 0$, tehát

$$\varphi_0 + \varphi_{x\bar{u}} = 0,$$

ahonnan

$$\varphi_0 = -\varphi_{x\bar{u}}.$$

Nehézséget okoz azonban, hogy a leírt berendezésnél üresjárást nem lehet előállítani, mert a szíj mindig kénytelen a generátor levegő- és csapágysurlódásának legyőzésére szükséges erőt átvinni. Ezért $\varphi_{x\bar{u}}$ -t a következőképp határoztam meg:

Megállapítottam a generátor említett veszteségeinek legyőzésére szükséges kerületi erőt (P') és az ennek megfelelő $\varphi_x = \varphi_x'$ -et. P'' erővel terhelve a szíjat, $\varphi_x = \varphi_x''$. Ha a szíj a két esetben egyformán van megfeszítve,¹⁾ a kísérleti eredmények tanúsága szerint, ha P'' nem túlságos nagy, a $\varphi_x = f(P)$ függvény 0 és P'' között lineárisnak vehető²⁾ és így

$$\frac{\varphi_x'' - \varphi_{x\bar{u}}}{\varphi_x' - \varphi_{x\bar{u}}} = \frac{P''}{P'}$$

ahonnan
$$\varphi_{x\bar{u}} = \frac{\varphi_x' P'' - \varphi_x'' P'}{P'' - P'}$$

Igy eljárva $\varphi_{x\bar{u}}$ -t s ezzel φ_0 -t ismerjük. φ_0 fenti meghatározási módja elég pontos; igen nagy pontosságra úgy sincs szükség, mert φ_0 minden anyagnál ugyanaz lévén, az egyes anyagokra nyert látszólagos csúszásokat egyformán befolyásolja.

•

A kísérleteket úgy végeztem, hogy a szíjat egy bizonyos súllyal megfeszítve, a kerületi erőt változtattam és minden egyes kerületi erőnek megfelelő φ -t az előzők szerint megállapítottam. A kísérleti eredmények táblázatos és grafikai feltüntetésénél a kerületi erőt és a tengelynyomást a szíj szélességének egységére (cm) vonatkoztattam; a megfelelő fajlagos értékek

$$p = \frac{P_1}{b}, \quad q = \frac{Q}{2b}$$

Ami az erőknek a szélességegységre való vonatkoztatását illeti, az a gyakorlatban általában szokásos és pedig bőrszíjaknál kétségtelenül jogosan.³⁾

1) Ugyanazon G súllyal.

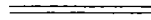
2) 5—8. ábra.

3) Gehrckens, Leistung von Treibriemen. Z. D. V. d. J. 1893.

Kísérleteimnél a bőryanagon kívül kétféleképen preparált balatát is használtam. Ennél azonban az erőknék a szélességre való vonatkoztatása nem lévén indokolva, úgy jártam el, hogy ha az illető szíj szélessége b_1 , vastagsága δ_1 *cm*-ben, akkor az erőket a

$$b = \frac{b_1 \delta_1}{0.4}$$

képzelt szélességre: a vizsgált szíjjal azonos keresztmetszetű, 0.4 *cm* vastag szíj szélességére vonatkoztattam, ami nyilvánvalóan egyértelmű az erők keresztmetszetegységre való vonatkoztatásával.



5. Kísérleti eredmények.

A kísérleteket a következő anyagokkal végeztem:

1. TB -vel jelzendő tannincserzésű bőrszík. 25 mm széles (körülbelül 4 mm vastag).
2. CB -vel jelzendő chrómcserezésű bőrszík. 25 mm széles (körülbelül 4 mm vastag).
3. R -rel jelzendő balatapreparatum. $22\frac{1}{2}\text{ mm}$ széles, $3\frac{1}{4}\text{ mm}$ vastag.
4. ER -rel jelzendő balatapreparatum. $24\frac{1}{4}\text{ mm}$ széles, $3\frac{1}{2}\text{ mm}$ vastag.

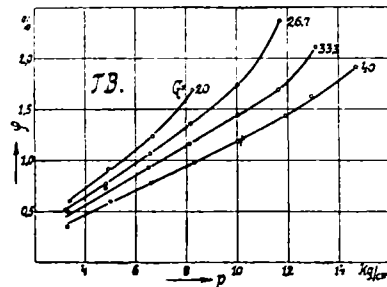
ζ_0 meghatározására a következő kísérleteket végeztem:

25 mm széles bőrszíjat használva a mótör és generátor összekapcsolására, ez utóbbit üresen (gerjesztés nélkül) járatam; ekkor a mótör $e = 224\frac{1}{8}\text{ volt}$ feszültségnél $i = 3\frac{6}{8}\text{ amp}$ összes áramot vett fel, úgy hogy $ei = 816\text{ watt}$ volt a mótörbe vezetett elektromos effektus. Ebből le kell vonni a mótör veszteségeit, hogy megkapjuk a szík által átvitt teljesítményt. Erre nézve, minthogy a hatásfokgörbéből a hatásfok ilyen kis áramnál nem volt leolvasható, a következőkép jártam el:

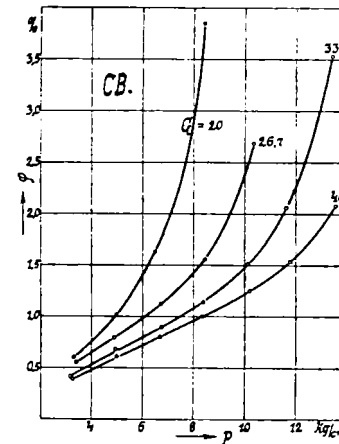
A mótör állandó veszteségei (surlódás, vasveszteségek és rézveszteség a mágnesbevonatban) kísérlet szerint 642 watt -ot tettek ki; az armatura ellenállása $0\frac{4}{16}\ \Omega$ volt, a mágnesbevonatban az áram $0\frac{9}{8}\text{ ampère}$. Így a veszteségek összege az adott esetben: $642 + (3\frac{6}{8} - 0\frac{9}{8})^2 \cdot 0\frac{4}{16} = 645\text{ watt}$; vagyis a szíjnak átadott effektus $816 - 645 = 171\text{ watt}$. A fordulatszám $n_1 = 880$ lévén, a kerületi erő $P = 8\frac{1}{4} \cdot \frac{171}{880} = 1\frac{6}{8}\text{ kg}$. Ennél a kerületi erőnél a tükörben

figyelt kereszt negatívnak veendő értelemben 266 *sec* alatt 18 negyedfordulatot tett, tehát $\varphi_x' = -\frac{18.60}{4.266.880} \cdot 100 = -0.115\%$.

A mótort t rhelv a kövatk z^k eredményt nyertem: $e = 225$, $i = 6.93$, $n_1 = 870$; a hatásfokgörbéből, annak meghosszabbítása által



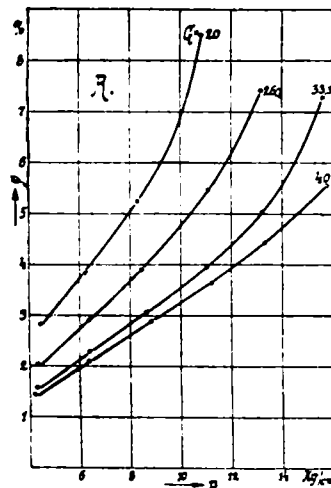
5. ábra.



6. ábra.

nyert hatásfok $\eta_m \approx 0.53$, és így $\eta_m \cdot e \cdot i = 1559$; tehát $P' = 8.4 \cdot \frac{1559}{870} = 7.97 \text{ kg}$. A kereszt pozitív értelemben 251 *sec* alatt 16 negyedfordulatot tett, tehát $\varphi_x'' = \frac{16.60}{4.251.870} \cdot 100 = 0.110\%$.

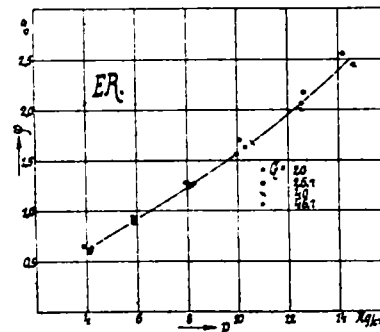
Tehát a jelzett közelítéssel élve



7. ábra.

$$\varphi_{x.ii} = \frac{-0.115 \cdot 7.97 - 0.110 \cdot 1.63}{7.97 - 1.63} \approx -0.17\% ;$$

$$\varphi_0 = 0.17\% .$$



8. ábra.

φ_x meghatározására jelzett módon végzett kísérletek adatai az I.—IV táblázatban vannak feltüntetve. Az összetartozó p , φ értékeket az 5.—8. ábrákban látható diagrammokba vittem fel. Első pillanatra feltűnik, hogy az ER anyagra vonatkozó diagrammban (8. ábra) az összes pontok közel egy görbébe esnek; ennek magyarázatára visszatérek. A diagrammokra nézve általában megjegyzem, hogy egyes pontok a jelzett görbékől kiesnek. Amennyiben a kihúzott folytonos görbe, amelynek megállapításánál figyelembe veendő volt, hogy az a koordináta-rendszer kezdőpontjából tartozik kiindulni, nem megy át mindenütt a kísérlet útján megállapított pontokon, az főképp arra vezethető vissza, hogy szíj nem futott mindig a

I. táblázat. Tannincserzésű bőr.

G kg	e volt	i amp	n_1 ford/perc	η_m	$\eta_m \cdot e \cdot i$ watt	P_1 kg	p kg/cm	$4 \cdot \Delta T$	t sec	φ_x %	φ %
20 ^o	223 ⁸	7 ⁰⁸	844	0 ⁵⁴⁰	849	8 ⁴⁵	3 ³⁸	28	115 ⁵	0 ⁴³	0 ⁶⁰
	222 ²	8 ⁹⁵	831	0 ⁶¹²	1217	12 ³¹	4 ⁹²	50	119 ⁶	0 ⁷⁵	0 ⁹²
	221 ⁰	11 ⁰⁷	826	0 ⁶⁷²	1644	16 ⁷²	6 ⁶⁹	75	127 ⁰	1 ⁰⁷	1 ²⁴
	220 ⁰	12 ⁸⁹	825	0 ⁷¹⁵	2028	20 ⁶⁵	8 ²⁶	105	125 ²	1 ⁵²	1 ⁶⁹
26 ⁷	219 ⁶	6 ⁸⁷	838	0 ⁵³⁵	807	8 ⁰⁹	3 ²⁴	24	125 ⁰	0 ³⁴	0 ⁵¹
	218 ⁴	8 ⁹³	831	0 ⁶¹²	1193	12 ⁰⁶	4 ⁸²	42	126 ⁵	0 ⁶⁰	0 ⁷⁷
	218 ⁰	11 ⁰¹	825	0 ⁶⁷²	1613	16 ⁴²	6 ⁵⁷	60	123 ⁰	0 ⁸⁹	1 ⁰⁶
	216 ²	12 ⁹³	820	0 ⁷¹⁵	1998	20 ⁴⁷	8 ¹⁹	45	69 ³	1 ¹⁹	1 ³⁶
	215 ⁴	15 ¹¹	814	0 ⁷⁴⁸	2435	25 ¹²	10 ⁰⁵	55	64 ⁵	1 ⁵⁷	1 ⁷⁴
	215 ⁰	17 ⁰¹	807	0 ⁷⁶⁸	2809	29 ²⁴	11 ⁷⁰	75	63 ⁵	2 ²⁰	2 ⁸⁷
33 ³	216 ⁰	7 ⁰³	835	0 ⁵⁴⁰	820	8 ²⁵	3 ⁸⁰	12	64 ⁵	0 ³³	0 ⁵⁰
	216 ⁰	8 ⁹⁷	831	0 ⁶¹²	1186	11 ⁹⁹	4 ⁸⁰	20	64 ⁴	0 ⁵⁶	0 ⁷³
	215 ⁸	10 ⁹⁹	825	0 ⁶⁷²	1594	16 ²³	6 ⁴⁹	27	64 ²	0 ⁷⁶	0 ⁹³
	215 ⁶	12 ⁸⁷	820	0 ⁷¹⁵	1984	20 ³³	8 ¹³	35	64 ⁸	0 ⁹⁹	1 ¹⁶
	215 ²	15 ⁰⁷	811	0 ⁷⁴⁸	2426	25 ¹²	10 ⁰⁵	45	65 ²	1 ²⁸	1 ⁴⁵
	215 ⁰	17 ⁰³	810	0 ⁷⁶⁸	2812	29 ¹⁶	11 ⁶⁶	55	66 ⁸	1 ⁵²	1 ⁶⁹
	215 ⁰	18 ⁷⁹	806	0 ⁷⁸⁰	3151	32 ⁸⁴	13 ¹⁴	65	62 ⁰	1 ⁹⁵	2 ¹²
40 ⁰	218 ⁸	6 ⁹¹	827	0 ⁵³⁵	809	8 ²³	3 ²⁹	14	139 ⁵	0 ¹⁸	0 ³⁵
	218 ⁶	9 ⁰⁵	818	0 ⁶¹⁵	1216	12 ⁴⁹	5 ⁰⁰	29	122 ⁶	0 ⁴³	0 ⁶⁰
	218 ⁰	10 ⁹⁹	817	0 ⁶⁷²	1610	16 ⁵⁶	6 ⁶²	40	120 ⁸	0 ⁶¹	0 ⁷⁸
	217 ⁶	12 ⁹⁵	813	0 ⁷¹⁵	2015	20 ⁸³	8 ³³	54	123 ³	0 ⁸¹	0 ⁹⁸
	216 ⁰	14 ⁸⁹	804	0 ⁷⁴⁵	2396	25 ⁰⁸	10 ⁰¹	67	122 ³	1 ⁰³	1 ¹⁹
	215 ⁸	17 ⁰⁵	796	0 ⁷⁶⁸	2823	29 ⁷⁹	11 ⁹²	83	122 ⁹	1 ²⁷	1 ⁴⁴
	215 ⁰	18 ⁸³	819	0 ⁷⁸⁰	3157	32 ³⁸	12 ⁹⁵	97	121 ⁵	1 ⁴⁶	1 ⁶³
	214 ¹	21 ⁰⁷	814	0 ⁷⁹⁰	3564	36 ⁷⁸	14 ⁷¹	115	121 ⁵	1 ⁷⁴	1 ⁹¹

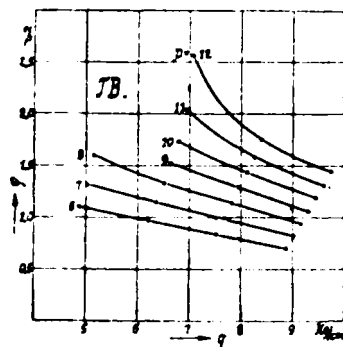
szíjtárcsák ugyanazon helyén, ami azért okoz eltérést, mert a tárcsák nem voltak hengerek.

A feltüntetett $\varphi = f(p)$ görbék állandó G súlynak felelnek meg, tehát valamely görbe egyes pontjaiban a tengelynyomás (q) más és más. Hogy ezt a kísérleti elrendezés természetéből folyó körülményt kiküszöböljük, a diagrammokat kétféleképpen lehet átalakítani: vagy úgy, hogy a $q = \text{const.}$, vagy pedig hogy a $p = \text{const.}$ vonalakat tüntessék fel. E két mód közül, mivel a $p = \text{const.}$ görbék érdekes következtetésekre adnak alkalmat, elsőnek az utóbbit választottam. Az eljárás, amelyet az átrajzolásnál követnünk kell, az, hogy a $G = \text{const.}$ diagrammok egy bizonyos p -hez tartozó pontjaiban a $q = \frac{G}{2b} + 0.145 \cdot p$ összefüggésből meghatározzuk a tengelynyomást

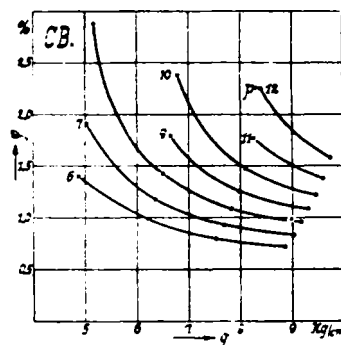
II. táblázat. Chromcserzésű bőr.

G kg	e volt	i amp	n_1 ford/perc	η_m	$\eta_m \cdot e_i$ watt	P_1 kg	p kg/cm	$A \cdot \Delta T$	t sec	φ_x 0/0	φ 0/0
20.0	217.6	6.91	816	0.535	805	8.29	3.32	30	127.0	0.43	0.60
	216.8	9.03	812	0.615	1204	12.46	4.98	57	125.5	0.84	1.01
	218.4	10.85	817	0.665	1576	16.20	6.48	100	125.6	1.46	1.63
	218.2	13.01	811	0.715	2030	21.03	8.41	250	125.7	3.68	3.85
26.7	221.0	7.09	835	0.540	846	8.51	3.40	26	122.7	0.38	0.55
	221.0	8.93	829	0.612	1208	12.24	4.90	43	125.2	0.62	0.79
	221.0	11.11	825	0.672	1650	16.89	6.72	64	122.9	0.95	1.12
	220.8	13.05	820	0.715	2060	21.10	8.44	94	124.0	1.39	1.56
	221.0	15.17	816	0.748	2508	25.62	10.33	176	128.7	2.51	2.68
33.3	218.2	6.75	816	0.525	773	7.95	3.18	16	124.8	0.24	0.41
	220.2	8.99	822	0.612	1212	12.38	4.95	39	145.8	0.49	0.66
	216.2	11.07	803	0.672	1608	16.82	6.73	47	122.0	0.72	0.89
	215.2	12.95	800	0.715	1993	20.92	8.37	64	123.5	0.97	1.14
	216.8	14.99	801	0.745	2421	25.38	10.15	87	121.2	1.34	1.51
	215.6	16.69	796	0.765	2752	29.04	11.62	113	112.6	1.69	2.06
	215.6	18.85	796	0.780	3170	33.45	13.38	220	123.3	3.36	3.53
	215.6	18.85	796	0.780	3170	33.45	13.38	220	123.3	3.36	3.53
40.0	224.0	6.51	835	0.530	808	8.13	3.25	16	130.5	0.22	0.39
	219.8	9.07	828	0.615	1226	12.44	4.98	30	123.2	0.44	0.61
	219.2	11.05	822	0.672	1628	16.64	6.66	45	129.6	0.63	0.80
	218.6	12.97	814	0.715	2027	20.92	8.37	56	124.3	0.83	1.00
	217.8	15.07	810	0.748	2455	25.46	10.16	72	123.0	1.08	1.25
	218.0	16.97	807	0.765	2830	29.46	11.78	92	124.5	1.37	1.54
	217.6	19.03	801	0.780	3230	33.57	13.55	126	123.6	1.91	2.08

és az így kapott értékeket a megfelelő φ értékekkel diagrammba visszük fel. A nyert diagrammokat a 9.—12. ábrák láttatják.



9. ábra.

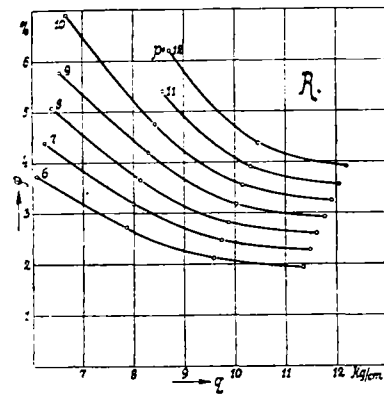


10. ábra.

A görbék tüzetesebb szemlélete először is arra a következtetésre vezet, hogy a kísérleteknél a szíjak bizonyos tengelynyomás-

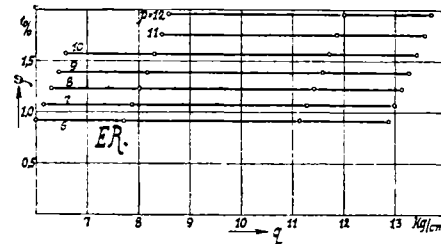
III. táblázat. R anyag.

G kg	e volt	i amp	n_1 ford/perc	η_m	$\eta_m \cdot e_i$ watt	P_1 kg	p kg/cm	$4 \cdot \Delta T$	t sec	φ_x 0/0	φ 0/0
20·0	213·8	7·19	835	0·545	838	8·43	4·41	180	122·4	2·64	2·81
	215·4	8·98	831	0·612	1177	11·89	6·23	248	122·6	3·85	3·82
	215·2	10·89	827	0·665	1559	15·83	8·28	346	123·7	5·07	5·21
	214·2	13·11	819	0·720	2022	20·74	10·84	544	119·8	8·33	8·49
26·7	216·0	7·03	836	0·540	820	8·24	4·31	124	118·9	1·87	2·04
	215·4	9·03	828	0·615	1196	12·13	6·34	184	121·7	2·74	2·91
	214·8	10·95	819	0·670	1576	16·16	8·45	250	123·0	3·72	3·89
	214·0	13·27	814	0·722	2050	21·15	11·06	348	121·5	5·28	5·45
	213·6	15·11	807	0·748	2414	25·12	13·14	470	120·7	7·24	7·41
33·3	221·2	6·97	845	0·535	825	8·29	4·29	98	123·8	1·41	1·58
	222·8	8·97	843	0·612	1223	12·19	6·37	144	121·0	2·13	2·30
	221·4	11·06	836	0·672	1644	16·59	8·64	192	119·4	2·89	3·06
	222·4	13·11	836	0·730	2100	21·10	11·03	262	124·6	3·77	3·94
	222·0	15·05	831	0·748	2499	25·26	13·21	332	123·2	4·86	5·03
	222·8	17·19	828	0·770	2949	29·02	15·65	480	122·5	7·10	7·27
40·0	217·0	6·89	838	0·535	800	8·02	4·19	88	124·5	1·37	1·44
	217·0	8·93	821	0·613	1186	12·14	6·85	128	121·8	1·93	2·09
	217·4	11·21	820	0·675	1645	16·85	8·81	180	121·3	2·71	2·88
	217·0	13·21	812	0·723	2070	21·41	11·20	232	123·6	3·47	3·64
	216·4	15·15	809	0·748	2452	25·46	13·81	280	122·2	4·25	4·42
	219·6	17·19	811	0·770	2907	30·11	15·74	354	121·4	5·39	5·56



11. ábra

nál nagyobb kerületi erőt voltak képesek átvinni, mint amekkora a közönségesen felvett $f=0.28$ surlódási tényezőnek megfelel.



12. ábra.

Ekkor ugyanis

$$\frac{q + \frac{1}{2}p}{q - \frac{1}{2}p} = e^{0.28 \cdot \pi}$$

IV. táblázat. *ER* anyag.

<i>G</i> kg	<i>e</i> volt	<i>i</i> amp	<i>n</i> ₁ ford/perc	η_{im}	$\eta_{im} \cdot e \cdot i$ watt	<i>P</i> ₁ kg	<i>p</i> kg/cm	4. Δ <i>T</i>	<i>t</i> sec	φ_x %	φ %
20.0	210.6	7.19	852	0.545	825	8.13	4.17	34	126.8	0.47	0.64
	210.0	8.89	844	0.610	1139	11.34	5.82	54	124.0	0.77	0.94
	210.0	10.93	837	0.670	1538	15.44	7.92	78	125.5	1.11	1.23
	210.0	12.93	830	0.715	1941	19.65	10.08	102	120.5	1.53	1.70
26.7	210.0	6.85	851	0.530	763	7.53	3.86	34	125.0	0.48	0.65
	209.8	8.09	842	0.612	1154	11.52	5.01	52	121.9	0.76	0.93
	209.0	11.11	832	0.672	1560	15.75	8.08	74	124.5	1.07	1.24
	209.0	12.85	830	0.715	1920	19.43	9.96	94	122.2	1.39	1.56
	210.0	15.37	827	0.750	2421	24.59	12.61	134	121.8	2.00	2.17
	209.8	16.89	824	0.705	2711	27.64	14.17	162	123.8	2.38	2.55
40.0	215.0	7.07	859	0.540	821	8.03	4.12	30	123.5	0.42	0.59
	214.4	8.85	850	0.610	1157	11.43	5.86	48	120.1	0.71	0.88
	213.8	11.03	842	0.672	1585	15.81	8.11	74	122.1	1.08	1.25
	213.0	13.27	830	0.722	2041	20.66	10.59	102	123.0	1.50	1.67
	215.0	15.05	833	0.748	2421	24.41	12.52	128	125.8	1.83	2.00
	214.0	17.09	827	0.768	2809	28.53	14.63	152	122.0	2.26	2.43
46.7	210.0	7.05	849	0.540	800	7.91	4.06	32	129.7	0.44	0.61
	210.4	8.95	847	0.612	1152	11.42	5.86	52	124.0	0.74	0.91
	210.0	11.29	836	0.678	1608	16.15	8.28	76	124.1	1.10	1.27
	210.2	13.13	830	0.720	1987	20.11	10.31	98	121.0	1.46	1.63
	211.0	15.26	829	0.750	2414	24.46	12.54	128	122.6	1.89	2.06
	210.8	17.17	823	0.770	2787	28.44	14.58	150	120.6	2.37	2.44

lévén, kapjuk $\frac{q}{p} = 1,5,$

míg a *TB* szíj $q = 7 \text{ kg/cm}$ -nél minden nehézség nélkül át tudott vinni pl. $p = 12 \text{ kg cm}$ -t, amikor is

$$\frac{q}{p} = 0,58,$$

tehát nagyon megközelíti a $0,5$ értéket, amelynél kisebb csak akkor lehetne, ha a szíjat nyomásra lehetne igénybevenni. Érdekes megemlíteni, hogy Gehrckens ezt lehetségesnek véli.¹⁾

Az átvitt kerületi erő ily nagymérvű fokozásának lehetősége, mely elég nagy szíjsebességnél előáll (a kísérleteknél ez körülbelül 10 m sec volt), már régebben ismeretes. Először Amerikában jöttek tudatára és használták ki; az amerikaiak úgy magyarázták a jelenséget, hogy a szíj és szíjtárcsa közül a levegő nagy sebességnél kiszorulván, a külső levegő nyomása okozza azt a többletsurlódást, amely a kerületi erőnek fent jelzett nagymérvű fokozását engedi meg.

Ezt a felfogást *Radinger* hozta Európába,²⁾ mikor a filadelfiai kiállításról (1876) visszatért; ő egyszersmind a magáévá tette az amerikaiak magyarázatát. És bár ez teljesen érthető, mindig voltak és még vannak, akik a jelenség okát a nagy sebességnél előálló dinamikai hatásokban keresték és keresik.

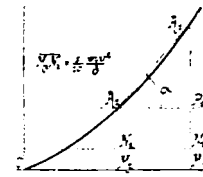
Az elég nagy sebességnél előálló fent leírt jelenség miatt a szíjanyag surlódási tényezője csak másodrangú fontossággal bír; szóba egyáltalában csak kis szíjsebességnél jöhet. Ezért a surlódási tényező kérdésével, a lassan futó szíj a kivételek közé tartozván, nem szükséges bővebben foglalkoznom.

¹⁾ Gehrckens-sche Theorie des Riementriebes Z. d. V. d. J. 1910.

²⁾ Radinger, Über Riementriebe. Dingl. Pol. Journal 228. köt. 1878.

6. A kísérleti eredmények és az anyagok rugalmas sajátosságai között fennálló összefüggés.

A $p = \text{const.}$ görbék (9.—12. ábra) természete a négy vizsgált anyagnál többé-kevésbé más. Míg ugyanis főleg az R és CB anyagnál a látszólagos csúszás kis tengelynyomásoknál erősen változik, és pedig növekedő φ -val csökken és aszimptotikusan közeledik a λ_1 -hez, addig a TB anyagnál ez kisebb mérvben észlelhető; végre az ER anyagnál a látszólagos csúszás a tengelynyomástól függetlennek mutatkozik. Ennek a különböző viselkedésnek az oka az anyagok különböző tulajdonságaiban. Hogy ez tényleg így van, azt a következőkben óhajtom kimutatni.



13. ábra.

Igen kis vastagságú szíjat felvéve, a látszólagos csúszásra

$$\varphi = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{1 + \lambda_1}$$

összefüggés érvényes. Mivel λ_1 kis érték, az egységhez képest elhanyagolhatjuk és ekkor lesz

$$\varphi = \lambda_1 - \lambda_2.$$

Legyen a 13. ábrán látható OA_2A_1 vonal a szóban forgó anyag rugalmassági diagrammja, melynek abszcisszájaként a százalékos nyúlás, ordinátájaként pedig a feszültség szerepel. Utóbbi, mint az szokásos, mm^2 -re vonatkoztatva (bőrnél is¹⁾). Ha a húzó illetőleg húzott szárban a feszültség és a nyúlás összetartozó érté-

¹⁾ Bach, Elasticität von Treibriemen u. Treibseilen. Z. d. V. d. J. 1887.

kei: $\overline{OM}_1 = \lambda_1$ és $\overline{M}_1 A_1 = \sigma_1$, illetőleg $\overline{OM}_2 = \lambda_2$ és $\overline{M}_2 A_2 = \sigma_2$,
akkor ha α az $A_2 A_1$ húrnak az abszcisszatengelylyel képezett szöge:

$$\lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = E_1$$

nem egyéb, mint az anyag közepes rugalmassági modulusa az $A_1 A_2$ pontok között. Ha $\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_p$ jelölést hozzuk be, lesz

$$\varphi = \frac{\sigma_p}{E_1}.$$

Ez összefüggés szerint a látszólagos csúszás különböző anyagoknál ugyanolyan igénybevételnél (σ_p , illetőleg p), annál nagyobb, minél laposabb az illető anyag rugalmassági diagrammja (minél kisebb α).

Hogy a látszólagos csúszás állandó igénybevételnél a tengelynyomással hogyan változik, az eszerint a rugalmassági diagramm alakjától függ. Erre nézve több esetet különböztethetünk meg:

a) Az anyag tömöríthető; ekkor E_1 a feszültséggel nő: a rugalmassági diagramm homorú vonal.

b) Az anyag nem tömöríthető; ekkor E_1 állandó: a rugalmassági diagramm egyenes.

c) Az anyag nem tömöríthető és az első igénybevételnél kismértékű maradó alakváltozást szenved; ekkor az alakváltozás és feszültség összefüggését jelző diagramm domború (E_1 a feszültséggel csökkenni látszik). Ha azonban a maradó alakváltozásokat többször ismételt igénybevétel által kiküszöböljük, akkor ily anyagoknál is egyenes rugalmassági vonalakat kapunk;¹⁾ úgyhogy ez az eset a *b)* alattitól a rugalmas alakváltozások szempontjából nem különbözik.

Ha a tengelynyomást, melynek mm^2 -re vonatkoztatott értéke

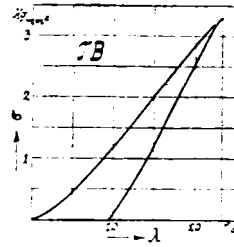
$$2 \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{q}{\delta} = \sigma_1 + \sigma_2 - \frac{2}{10} \cdot \frac{m v^2}{\delta} = \overline{N_2 A_2} + \overline{N_1 A_1} \quad (13. \text{ ábra})$$

— ahol a szíjvastagság (δ) mm -ben veendő — növeljük, úgy az *a)* alatti esetben φ csökken, míg a *b)* alatti esetben állandó marad.

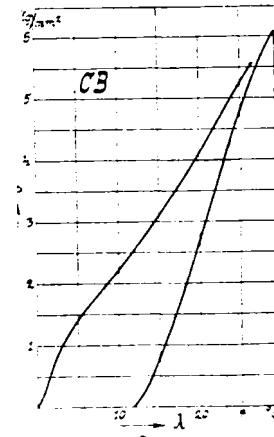
¹⁾ Dr. *Bresztovszky* Béla, „A beton mechanikai tulajdonságainak megállapítása nyomókísérletekkel“.

A bőrányag, mint azt Bach először mutatta ki, az *a)* csoportba tartozik, ami a látszólagos csúszás törvényszerűségével is összhangban van. Az *ER* anyagra nyert φ görbék ellenben arra engednek következtetni, hogy ez az anyag a *b)* csoportba tartozik.

Hogy meggyőződésem, vajon ez a valóságnak megfelel-e, a négy vizsgált anyagot szakítógépen elszakítva, róluk diagrammot



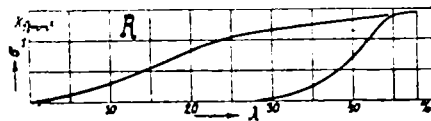
14. ábra.



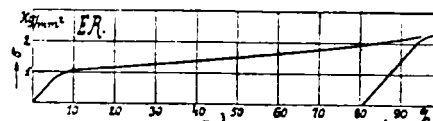
15. ábra.

vettem fel. A kísérletileg felvett szakítódiagrammokról meghatározott feszültségi görbéket (az erő itt az eredeti keresztmetszetre van vonatkoztatva) a 14.—17. ábrák láttatják. A próbadarabokat elszakadás előtt tehermentesítettem és újból igénybevettem, hogy az egyes anyagok maradó alakváltozásának nagyságáról fogalmat nyerjek. Jelen vizsgálatunk szempontjából természetesen csak a diagrammok kezdeti része irányadó.

A *TB* és az *R* anyagnál igen világosan lehet látni, hogy E_1 a feszültséggel nő. A *CB* anyag diagrammja némi kétséget



16. ábra.



17. ábra.

támaszt eziránt, de ezt eloszlatja az a körülmény, hogy a diagramm csak a legelső igénybevételkor bír a látható, domború részszel; többszörös igénybevételnél ez eltűnik és a diagramm homorú lesz, mint azt a tehermentesítés utáni újbóli igénybevétel vonala

is mutatja (15. ábra). Végre az ER anyag diagrammja kezdetben, mint várni lehetett, egyenesvonalú; legalább igen közel az.

Míg tehát homorú rugalmas vonallal bíró anyagból készült szíjnál a látszólagos csúszás a tengelynyomás fokozásával csökkenthető, addig egyenes rugalmas vonallal bíró anyagnál (pl. az újabban alkalmazott acélszalagnál is) a tengelynyomás növelésének e szempontból értelme nincs és azért indokolt ily anyagoknál a tengelynyomást oly kicsire választani, amennyire a szíj nyugodt járása szempontjából lehetséges.

Annak a számszerű vizsgálatába, hogy a kísérletileg megállapított és a $\frac{\sigma}{E_1}$ képletből számítható látszólagos csúszások mennyiben egyeznek meg, illetőleg térnek el egymástól, nem bocsátkozom; már azért sem, mert pl. bőrszíjnál a hosszak tekintélyes részét ragasztások, illetőleg varrások teszik ki, amely összeköttetési helyeknek a rugalmas sajátságai lényegesen mások, mint a sértetlen anyagéi. Ezek meghatározása és figyelembevétele pedig nagy nehézségekbe ütköznék.



7. Hatásfokgörbék.

A vizsgált anyagok üzemi tulajdonságainak megítéléséről lévén szó, a kérdést így is lehet feltenni: hogyan változik a kérdéses anyagból készült hajtósíj hatásfoka üzem közben?

A tényleges üzemben a síjat bizonyos kezdeti tengelynyomással tesszük fel a síjtárcsákra és változó nagyságú kerületi erőt viszünk vele át. Az ismertetett diagrammokban azonban nem ez a kezdeti tengelynyomás szerepel, hanem az, mely a kísérleteknél tényleg fellépett.

Ha a síj nyugalomban van, a tengelynyomás értéke

$$q_0 = \frac{2 F_0}{2 b},$$

ahol F_0 a síj két szárában fellépő feszítőerőt jelenti.

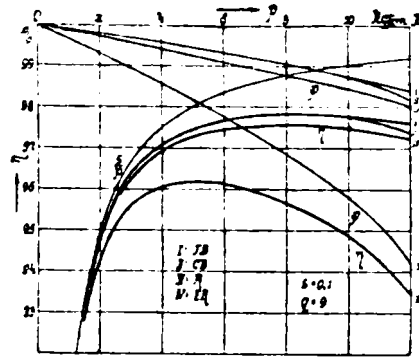
Üzemkészen, egyforma síjdobok esetén, a tengelynyomás nagysága

$$q = \frac{F_1 + F_2 - 2 m v^2}{2 b}.$$

Állandó sebességnél ez csak $F_1 + F_2$ nagyságától függ; Kammerer kísérletei szerint azonban $F_1 + F_2$ nem állandó: üresjárásnál $F_1 + F_2 = 2 F_0$, míg, ha a síj bizonyos kerületi erőt visz át, $F_1 + F_2 > 2 F_0$. A nélkül, hogy ennek a jelenségnek, amely a síjnak vízszintes hajtásnál fellépő — kötélgörbe szerinti — behajlásával szoros összefüggésben van, a magyarázatába, illetőleg a Kammerer által adott magyarázat bírálatába bővebben bocsátkoznám, egyszerűen kísérletileg bebizonyítottak tekintem. A síj rendes üzeme tehát olyan, hogy a tengelynyomás, állandó sebességnél, bizonyos határok között változik.

Egyszerűség okáért azonban, és a valóságtól való eltérés tudatában, q -t állandónak teszem fel.

Hogy a hatásfokot az átvitt kerületi erő függvényében megkapjuk, ismernünk kell mindenekelőtt a látszólagos csúszás változási törvényét. Ennek meghatározására a 9.—12. ábrákat lehet felhasználni. Vegyünk fel például $q = 9 \text{ kg/cm}$ tengelynyomást és vigyük fel az összetartozó ρ , φ értékeket egy diagramba (18. ábra, amelyben a ρ értékek abszcisszáként, a φ értékek pedig az OX tengelytől lefelé felvitt ordinátaként szerepelnek). Ennek az ordinátatengelyére mindjárt a hatásfok kifejezésében szereplő $(1 - \varphi)$ értékeknek megfelelő számozást alkalmaztam.



18. ábra.

A levegőellenállást az összeadott 0.1 kg/cm -nek véve fel, a $\frac{s}{\rho} = \frac{0.1}{\rho}$ értékeket az ábrán látható egyenlő oldalú hiperbola tünteti fel.

Az ábra mutatja, hogy míg a látszólagos csúszásból eredő százalékos veszteség a kerületi erő fokozásával nő, addig a levegőellenállásból származó csökken.

A két tényező úgy áll egymással szemben, mint pl. egy mellékáramkörű elektromóternál az állandó wattvesztésű képező surlódási —, mágneselési —, és vasvesztések és a változó wattvesztésű okozó rézvesztés az armatúrában.

A hatásfokra érvényes összefüggés:

$$\eta = \left(1 - \frac{s}{\rho}\right)(1 - \varphi)$$

vagy mivel $\frac{s}{\rho}$ és φ aránylag kicsiny mennyiségek

$$1 - \eta = \frac{s}{\rho} + \varphi$$

$1 - \eta$ -t tehát egyszerűen a $\frac{s}{\rho}$ és φ értékeknek megfelelő hosszak egymásra mérése által kapjuk meg (a 18. ábrán az $\eta = \left(1 - \frac{s}{\rho}\right)$).

. $(1 - \varphi)$ képlet szerint számított értékek vannak feltüntetve, úgy hogy a tett közelítés megengedhetősége közvetlenül ellenőrizhető).

Az így nyert görbék, melyek a hatásfokot adják meg, maximumot mutatnak; úgy hogy minden anyagnál valamely tengelynyomás esetén egy bizonyos erő vihető át leggazdaságosabban.

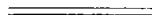
A hatásfokgörbék az abszcisszatengelyt ($\eta = 0$ vonalat) a $p = s$ -nek megfelelő helyen metszik, tehát nem futnak be a kezdőpontba, amint azt a 18. ábrából is következtetni lehet.

Állandó kerületi erő és változó tengelynyomás esetén a hatásfok

$$\eta = K(1 - \varphi)$$

szerint változik (ahol K egy állandó), tehát az $\eta = f(\varphi)$ görbék hasonló fermészetűek, mint a 9.—12. ábrákon látható diagrammok.

A csapsurlódás a leírt viszonyokon többé-kevésbé változtat.



8. Összefoglalás.

A megelőzőkben rámutattam azokra a szempontokra, amelyek valamely kérdéses hajtósíjanyag megítélésénél figyelembe jönnek. Az anyaggal szemben felállított követelmények: üzembiztonság és jó hatásfok; az ezekre befolyással bíró tényezők az anyagoknak ismeretes fizikai tulajdonságai között foglaltnak.

A mi a hajtósíjaknak az üzemben való viselkedését illeti, a bemutatott fejtegetések nyomán lehetséges annak a megítélése, hogy miként változik valamely hajtósíj hatásfoka az átvitt kerületi erővel és a tengelynyomással; az elmondottakból nevezetesen kitűnik, hogy bizonyos átvitt kerületi erő esetén a hatásfok nem növelhető lényegesen a tengelynyomás fokozása által. A tengelynyomás túlságos növelésének tehát nincsen értelme; ennek különben egyenesen határt szab egyrészt a hajtósíj beállható maradó alakváltozásának a veszélye, másrészt pedig a csapágyak túlságos melege, esetleg berágódása.

A hatásfok jelzett meghatározása ellen az a kifogás hozható fel, hogy benne nincsen figyelembe véve a síj tengelynyomásából származó csapsurlódási munka. Már jeleztem az okot, mely ennek kihagyására indított; még csak azt kívánom megjegyezni, hogy ez a veszteség jól kent csapágyaknál rendszeren — ha t. i. a felületi nyomás $30\text{--}40\text{ kg/cm}^2$ -t nem lép túl — elenyészően csekély.¹⁾ Azért az ökonómia szempontjából nem szabad túlbecsülni azokat a forgalomban levő, surlódást növelő szereket, amelyeknek az a hatásuk, hogy a tengelynyomás bizonyos átvitt kerületi erőnél

¹⁾ Dettmar, „Die Reibungsverluste in elektrischen Maschinen“. E. T. Z. 1899.

addig csökkenthető, amíg a szíj húzott szárában uralkodó feszültség közel zérus értékű lesz. Az ily szerek használatát, nézetem szerint, még az sem indokolja kellően, hogy a kisebb tengelynyomásnak megfelelően, szilárdsági szempontból, kisebb tengelyméretet kapunk, mert a legtöbb gép tengelyét előnyös úgy is lehetőleg erősre méretezni.

Több hajtószíjanyagnak az üzem szempontjából való összehasonlítása, mint láttuk, nem ütközik nehézségekbe. De eldöntetlen marad még egy fontos kérdés: hogy miként lehet megállapítani bizonyos anyag- és üzemi viszonyok (sebesség, szíjtárcsaátmérő) esetén a hajtószíjnak legkedvezőbb terhelését (p), vagyis hogyan kell *méretezni* az illető hajtószíjat. Börszíjaknál a Gehrckens- és a Bach-féle táblázatok adják meg a választandó terhelést; e táblázatok azonban tisztán tapasztalati úton keletkeztek és híjával vannak minden elméleti indokolásnak. A legkedvezőbb terhelés elméleti, illetőleg kísérleti úton való meghatározásának mindenesetre nagy akadálya, hogy rá befolyással bír a szíjtárcsa átmérője is: figyelembe kell venni — nevezetesen kis szíjtárcsaátmérőnél — a merevségből eredő munkavesztéséget és a tárcsára való hajlítás következtében a szíjban fellépő feszültségeket; e két tényező következtében a szíjtárcsa átmérője a hatásfokot és üzembiztonságot egyaránt befolyásolja.

*

Az ismertetett kísérleteket méltóságos *Rejtő* Sándor műegyetemi tanár úr vezetése alatt álló mechanikai-technológiai laboratóriumban végeztem; erre vonatkozó kegyes engedélyeért, valamint jóakaró útbaigazításaiért fogadja leghálásabb köszönetemet.

Köszönettel tartozom még *Rittich* Virgil volt műegyetemi tanársegéd úrnak a kísérletek végzésében, nevezetesen a műszerek leolvasásában nyújtott hathatós segítségéért.



116324

EINFLUSZ DER DEFORMATIONS- GESCHWINDIGKEIT BEI ZERREISZ- VERSUCHEN VON MILITÄRTUCHEN.

Von Dr. Ing. Cornelius MIKLÓSI (Budapest).

Der Umstand, daß die bei dem Zerreißen von Militärtuchen angewendete Deformationsgeschwindigkeit in den meisten Fällen zwischen weiten Grenzen willkürlich gewählt wird, hat den Verfasser bewogen, Versuche zur Ermittlung des Einflusses dieser Größe anzustellen.

Auf diesem Gebiete der Materialprüfung verfügte man nämlich über keine systematischen Untersuchungen, wie es zum Beispiel bei Metallen usw. *) der Fall ist. Diesbezüglich soll besonders auf die bahnbrechende Arbeit *Ludwik's* hingewiesen werden.

Bevor wir zur Besprechung der Versuchsergebnisse übergehen, möchte ich einige allgemeine Betrachtungen vorausschicken.

I. BEGRIFFSBESTIMMUNG.

Wenn die relative Geschwindigkeit, mit der sich die zwei Einspannklemmen der Zerreißmaschine voneinander entfernen, v *mm/Min.* beträgt und wenn die Einspannlänge des Probestreifens l_0 *mm* ist, so erleidet bei gleichmäßiger Formänderung jedes Längenelement

*) *Leloutre*, Les transmissions par courroies, cordes et câbles métalliques, Paris 1884.

C. Bach, Zeitschrift d. Ver. Deutscher Ing., 1884, S. 871.

Martens, Materialienkunde f. d. Maschinenbau, I. Band, Berlin 1898, S. 196.

Ludwik, Elemente der technologischen Mechanik, Berlin 1909, S. 44. — Über den Einfluß der Deformationsgeschwindigkeit usw. Phys. Zeitschrift, 1909, S. 411.

W. Rosenhain, I. C. W. Humfrey: The Tenacity etc. of Soft Steel at High Temperatures. Journal of the Iron and Steel Institute, 1913, Nr. 1, S. 219.

eine in Prozenten der Einspannlänge ausgedrückte minutliche Dehnung von der Größe:

$$\gamma = \frac{\nu}{l_0} \cdot 100 \dots \dots \dots (1)$$

Diese Größe γ , welche die physikalische Dimension T^{-1} hat, werden wir *spezifische Dehnungsgeschwindigkeit* nennen.

Aus der Formel (1) folgt, daß man — um bei verschiedener Einspannlänge mit gleichbleibender spezifischer Dehnungsgeschwindigkeit zu arbeiten — das Verhältnis $\frac{\nu}{l_0}$ konstant halten muß; bei doppelter Einspannlänge muß also auch die relative Geschwindigkeit der Einspannklemmen doppelt so groß sein.

Bei den Zerreimaschinen ist die eine Einspannklemme 1 mit dem Antriebsmechanismus verbunden; es möge sich diese mit einer konstanten Geschwindigkeit c bewegen. Die zweite Einspannklemme 2 überträgt die ausgeübte Kraft auf die Meßvorrichtung und bewegt sich ebenfalls, und zwar mit einer Geschwindigkeit u .

Es ist dann:

$$\nu = c - u \dots \dots \dots (2)$$

Es ist interessant, zu erfahren, welche Änderung ν im Laufe des Zerreiversuches erleidet. Dies hängt — wie man sehen wird — erstens von der Bauart der Maschine, zweitens von den Materialeigenschaften des eingespannten Stoffstreifens ab.

Wirkt nämlich auf den Probestreifen eine Kraft von P kg, so besteht zwischen der Verschiebung x der Einspannklemme 2 und der Kraft eine Beziehung:

$$x = f(P).$$

Differenziert man diese Gleichung nach der Zeit t , so erhält man:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dP} \cdot \frac{dP}{dt} = f'(P) \cdot \frac{dP}{dt} = u.$$

Bezeichnet s den relativen Weg der beiden Einspannklemmen, so daß

$$\frac{ds}{dt} = \nu$$

ist, dann kann geschrieben werden:

$$u = f'(P) \cdot \frac{dP}{ds} \cdot \nu.$$

Wenn λ die in Prozenten der Einspannlänge ausgedrückte, zur Kraft P gehörende, spezifische Dehnung des Probestreifens bedeutet, so gilt:

$$s = \frac{l_0 \cdot \lambda}{100} \quad \text{und} \quad ds = \frac{l_0}{100} \cdot d\lambda.$$

Folglich ist:

$$u = \frac{100}{l_0} \cdot f'(P) \cdot \frac{dP}{d\lambda} \cdot v \quad \dots \quad (3)$$

Setzt man diesen Wert von u in (2) ein, so erhält man nach entsprechender Umformung:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{1 + \frac{100}{l_0} \cdot f'(P) \cdot \frac{dP}{d\lambda}} \quad (4)$$

Bei motorischem Antriebe ist c konstant; das Verhältnis $\frac{v}{c}$ gibt uns dann ein Bild davon, wie sich v und damit γ im Laufe des Zerreiversuches ändert.

Die Größen, die diese Änderung beeinflussen, sind:

- a) die Funktion $f(P)$, die nach dem Vorhergehenden von der Konstruktion der Kraftmeßvorrichtung abhängt;
- b) der Differentialquotient $\frac{dP}{d\lambda}$, der durch die Materialeigenschaften des Probestreifens beeinflußt wird.

Je schneller die Verschiebung x mit P zunimmt und je größer der Kraftzuwachs ist, der einem bestimmten Dehnungszuwachse entspricht, um so kleiner wird der Bruch $\frac{v}{c}$, um so mehr weicht also der Wert v von c ab.

Es ist folglich klar, daß eine konstante Antriebsgeschwindigkeit c noch keineswegs eine konstante relative Geschwindigkeit v , beziehungsweise eine unveränderliche spezifische Dehnungsgeschwindigkeit γ bedingt.

Es ist interessant, zu erfahren, wie sich die Verhältnisse in der Wirklichkeit gestalten. Da dies in jedem konkreten Falle für sich entschieden werden muß, so werden im folgenden nur Beispiele angeführt.

Wir setzen voraus, daß die Messung der Kraft einmal mittels einer Feder, dann durch einen Gewichtshebel erfolgt. Der erste Fall ist bei den Apparaten von *Hartig*, *Kraft* und *Rejtö*, der zweite bei denen von *Goodbrand*, *Schopper*, *Tarnogrocki* usw. verwirklicht.

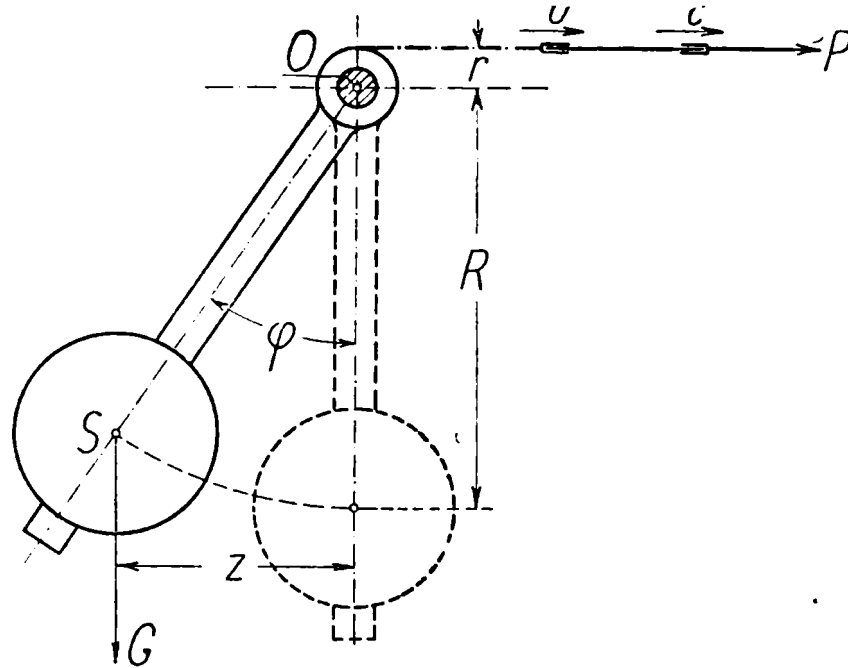


Abb. 1. Gewichtshebel-Apparat.

Bei einer Feder ist die Verlängerung proportional der Kraft. Wenn also α eine Konstante bedeutet, so ist:

$$x = \alpha \cdot P,$$

folglich

$$f'(P) = \alpha \dots \dots \dots (Feder)$$

Bei den Maschinen der zweiten Type erfolgt die Messung der Kraft nach Abbildung 1. Mit den Bezeichnungen der Figur kann geschrieben werden:

$$x = r \cdot \varphi = r \cdot \text{arc sin } \frac{P}{A},$$

wenn nämlich:

$$A = G \cdot \frac{R}{r}, \text{ wobei } G \text{ das Gewicht des Hebels bedeutet.}$$

Es ist also:

$$f'(P) = \frac{\frac{r}{A}}{\sqrt{1 - \left(\frac{P}{A}\right)^2}} \quad \text{. . . (Gewichtshebel)}$$

Daraus folgt für Federapparate:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{1 + \frac{100 \cdot \alpha}{l_0} \cdot \frac{dP}{d\lambda}} \quad \text{. . . . (4a)}$$

für Gewichtshebelapparate:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{1 + \frac{100 \cdot r}{A \cdot l_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{P}{A}\right)^2}} \cdot \frac{dP}{d\lambda}} \quad \text{. . . . (4b)}$$

Der Wert von $f'(P)$ hängt bei den Federapparaten nur von der Konstante α ab. Je kleiner diese, je geringer also die Verlängerung der Feder, um so kleiner fällt der fragliche Differentialquotient aus, um so mehr nähert sich auch das Verhältnis $\frac{v}{c} - \frac{dP}{d\lambda}$ — bei gleichem $\frac{dP}{d\lambda}$ — dem Werte Eins.

Bei Spiralfedern (*Hartig*) ist α verhältnismäßig groß, bei solchen nach der Abbildung 2 (*Kraft, Rejtö*) fällt aber α sehr klein aus.

Bei Gewichtshebelapparaten spielen die Verhältnisse $\frac{r}{A}$ und $\frac{P}{A}$ eine Rolle; hierbei bedeutet A die größte Kraft, die der Apparat theoretisch zu messen vermag.

Als Beispiel nehmen wir einen *Rejtö'schen* Apparat, der mit drei auswechselbaren Federn ausgerüstet ist, deren Konstanten der Reihe nach

$$0.012, \quad 0.006, \quad 0.003 \text{ mm kg}$$

sind. Die einzelnen Federn werden je nach der zu erwartenden Reißkraft des Probestreifens benützt. Es soll bemerkt werden, daß bei dem Apparat von *Rejtö* die Quersammenziehung der Feder auf einen Schreibapparat übertragen wird, der das Zerreißdiagramm aufzeichnet.

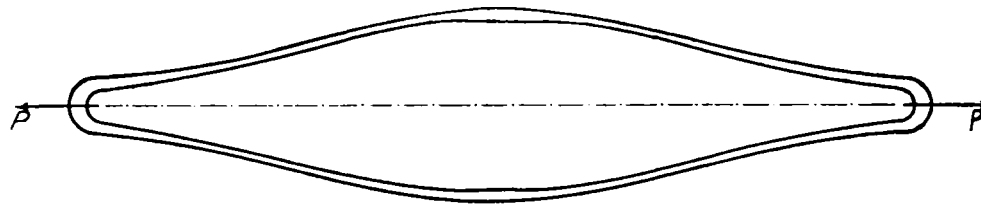


Abb. 2. Meßfeder des *Rejtö'schen* Apparates.

Als Vergleichsbeispiel diene ein *Goodbrand*-Apparat mit den Konstanten

$$r = 37.5 \text{ mm}$$

$$A = 760 \text{ kg.}$$

Man nehme ferner an, daß als Versuchsmaterial ein Schafwoll- und ein Leinenstoff vorliegen. Die Länge und Breite der Probestreifen soll 160 mm betragen.

Die verschiedenen Materialeigenschaften des Schafwoll- und des Leinenstoffes äußern sich in der verschiedenen Form des Zerreißdiagrammes. Bei dem ersteren ist dieses weniger steil als bei dem zweiten; dort fällt also auch $\frac{dP}{d\lambda}$ kleiner aus.

Wie dieser Differentialquotient an der Hand des Zerreißdiagrammes ermittelt werden kann, ersieht man aus der Abbildung 3, die das Schaubild für einen Schafwollstoff andeutet. O ist der Anfangspunkt und V der Punkt, bei dem der Bruch eintritt. In einem beliebigen Punkte M wird $\frac{dP}{d\lambda}$ durch die Neigung der Berührungsgerade τ bestimmt. Wenn die Strecken a und b der Achse der Dehnung λ und der Kraft P beziehungsweise parallel sind und wenn die Hypotenuse über a und b parallel τ gezogen wird, so gilt

$$\frac{dP}{d\lambda} = \frac{b}{a},$$

wobei a im Maßstabe der Dehnung, b aber in dem der Kraft abgelesen werden muß.

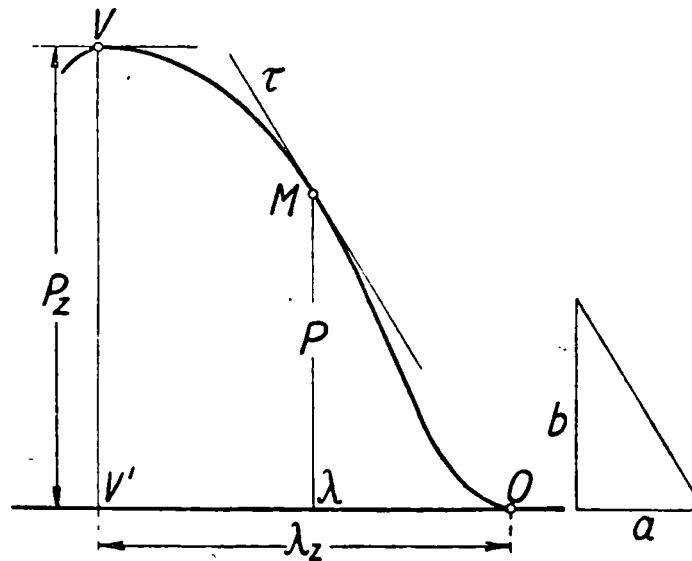


Abb. 3. Ermittlung des Differentialquotienten $\frac{dP}{d\lambda}$.

Tabelle I gilt für den Schafwollstoff, Tabelle II für den Leinenstoff; die entsprechenden Zerreißdiagramme wurden mittels des Rejtő'schen Apparates aufgenommen.

In jedem Falle ist im Punkte V (Eintritt des Bruches) $\frac{v}{c} = 1$, weil ja die Tangente an diesen Punkt der λ -Achse parallel ist.

Bei dem Federapparate weicht $\frac{v}{c}$ — wegen der Kleinheit von α — nur unerheblich von der Einheit ab. Bei dem Gewichtshebelapparate zeigen sich aber — besonders beim Leinenstoffe — größere Unterschiede.

Die Zahlenwerte der Tabellen I und II sollen nur als Beispiele dienen und es soll noch einmal betont werden, daß die Verhältnisse im Notfalle immer den besonderen Bedingungen entsprechend zu untersuchen sind.

II. DIE AUSFÜHRUNG DER VERSUCHE.

Die Versuche wurden mittels eines *Rejtö'schen* Apparates ausgeführt. Dieser wurde gewählt, um einerseits die spezifische Dehnungsgeschwindigkeit während des Zerreißversuches möglichst konstant zu halten (Tabelle I), andererseits um Massenwirkungen auszuschalten, die bei einem Gewichtshebel bei größeren Geschwindigkeiten bedeutende Werte annehmen können, die aber bei einer Feder nach der Abbildung 2 wegen der kleinen Dehnung der Feder und wegen ihrer geringen Masse zu vernachlässigen sind.

Die Zerreißmaschine wurde durch einen Elektromotor angetrieben; durch Zwischenschaltung entsprechender Übersetzungen ist es gelungen, die spezifische Dehnungsgeschwindigkeit zwischen

1 und 500 % pro Minute

zu verändern. Diese Grenzen schienen weit genug zu sein, um aus den Versuchsergebnissen Schlüsse für jeden praktisch vorkommenden Fall ziehen zu können.

Als Versuchsmaterial dienten drei verschiedene Stoffe, deren wichtigste Fabrikationsdaten in der Tabelle III zusammengestellt sind.

Die Einspannlänge und die Breite der Probestreifen betrug 100 mm. Die Stoffe wurden nur in der Richtung der Kette untersucht.

Die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit konnte während der Versuche nicht genau konstant gehalten werden. Die Mittelwerte und die Differenzen der größten und kleinsten abgelesenen Werte sind für die einzelnen Versuchsserien in der Tabelle IV

TABELLE I.
SCHAFWOLLSTOFF.

P kg	$\frac{d P}{d \lambda}$ kg pro „	$\frac{\nu}{c}$		Anmerkung
		<i>Rejtõ</i> $\alpha = 0.012$	<i>Goodbrand</i>	
16	6.64	0.95	0.83	
32	5.92	0.96	0.85	
48	4.73	0.97	0.87	
64	3.68	0.97	0.90	
80	2.45	0.98	0.93	
96	0	1.00	1.00	Bruch

TABELLE II.
LEINENSTOFF.

P kg	$\frac{d P}{d \lambda}$ kg pro „	$\frac{\nu}{c}$		Anmerkung
		<i>Rejtõ</i> $\alpha = 0.003$	<i>Goodbrand</i>	
64	9.9	0.98	0.77	
128	19.8	0.96	0.62	
192	27.2	0.95	0.54	
256	36.7	0.94	0.46	
320	43.8	0.92	0.40	
384	24.6	0.96	0.53	
387	0	1.00	1.00	Bruch

TABELLE III.
FABRIKATIONS DATEN DES VERSUCHSMATERIALS.

Zeichen	Benennung des Stoffes	Gewicht g/m^2	Fadeneinstellung pro 25 mm		Metrische Feinheits- nummer der Kette	Art der Fabrikation der Kette	Material der Kette
			Kette	Schuß			
A	Feldgrauer Blusen- Hosenstoff	550	32	46	10	Kammgarn	Schurwolle ¹⁾
B	Feldgrauer Blusen- Hosenstoff	575	34	42	20/2 Zwirn	Kammgarn	Schurwolle
C	Feldgrauer Mantelstoff	658	39	33	5,5	Streichgarn	50% ₁₀ Wolle 50% ₁₀ Kunstwolle

¹⁾ Mittlere Länge der Elementarfasern zirka 6 cm.

TABELLE IV.
WERTE DER TEMPERATUR UND DER RELATIVEN LUFTFEUCHTIGKEIT.

Versuchs- serie	Temperatur t		Rel. Luftfeuchtigkeit n	
	Mittel °C	Differenz °C	Mittel % ₁₀	Differenz % ₁₀ ¹⁾
1	18·6	0·8	41·8	2·3
2 und 3	25·6	5·7	41·2	8·1
4	25·0	1·9	42·3	2·6
5	25·1	2·9	43·6	5·0
11	26·2	1·1	42·9	0·4
14	26·4	0·8	47·3	10·0

¹⁾ Differenz $n_1 - n_2$ (beziehungsweise $t_1 - t_2$) des größten und kleinsten beobachteten Wertes.

zusammengestellt. Es soll bemerkt werden, daß die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb jenes Gebietes schwankt, wo ihr Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften der Schafwollfaser*) und — wie neuere Untersuchungen gezeigt haben — auch auf jene der Schafwollstoffe zu vernachlässigen ist.

Mit Rücksicht auf die Ungleichmäßigkeit des Materials wurden bei jeder Geschwindigkeit 10 bis 12 Versuche ausgeführt und aus diesen die Mittelwerte berechnet.

Es wurde namentlich ermittelt:

1. die Reißkraft P_z in *kg* pro 100 *mm* Breite,
2. die Bruchdehnung λ_z in ‰,
3. die auf das Quadratmeter bezogene, zum Zerreißen notwendige Arbeit T in Meterkilogramm, die von *Rejtő* als Maß der Haltbarkeit des Stoffes betrachtet wird (Formänderungsarbeit),
4. der Völligkeitsgrad τ des Zerreißdiagrammes Abb. 3, d. h. das Verhältnis der Diagrammfläche $OMVV'O$ zum Rechtecke $P_z \cdot \lambda_z$.

III. VERSUCHSERGEBNISSE.

Bei 11 verschiedenen Geschwindigkeiten (Tabelle VI) wurden insgesamt 307 Versuche angestellt. Die Versuche haben gezeigt, daß der Einfluß der Geschwindigkeit bei allen drei Stoffen der Tabelle III derselbe ist; wir brauchen also auf ihre Verschiedenheit weiter keine Rücksicht zu nehmen.

Die Tabelle V gibt über Einzelheiten einer Versuchsserie Aufschluß; die entsprechenden Tabellen der übrigen Serien werden zwecks Raumersparnis nicht mitgeteilt.

Um die Resultate sämtlicher Versuchsserien auf gemeinschaftliche Basis zu bringen, wurde bei der Geschwindigkeit I (11·1 ‰, pro Minute) der Wert der Reißkraft und der Haltbarkeitsarbeit zu 100, jener der Dehnung zu 30 und schließlich der Völligkeitsfaktor zu 0·60 angenommen und wurden die Werte für die anderen Geschwindigkeiten proportional umgerechnet (Tabelle V). Die so reduzierten Werte sind in den Tabellen und in den Abbildungen durch einen Strich gekennzeichnet (P'_z , λ'_z usw.).

*) *Willkomm*, Beiträge zur Frage der Luftbefeuchtung in Spinnereien und Webereien. Leipzig. Monatsschr. 1909, Heft 8.

Die aus sämtlichen Versuchsserien berechneten Mittelwerte sind in der Tabelle VI enthalten. Betrachten wir der Reihe nach die Änderung der obigen Größen 1 bis 4.

1. *Die Reißkraft (P_z)*. Wenn die zusammengehörenden Werte von γ und P_z' der Tabelle VI graphisch aufgetragen werden, so erhält man Abbildung 4.

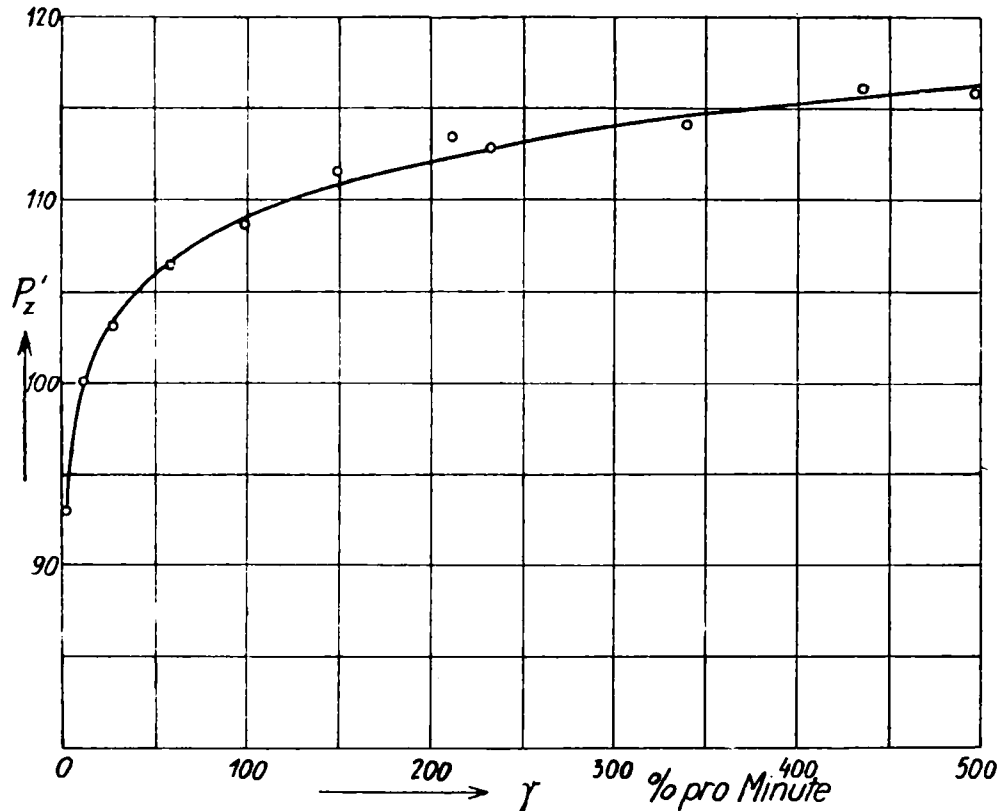


Abb. 4. Einfluß der spezifischen Dehnungsgeschwindigkeit auf die Reißkraft.

Wie man sieht, fallen die Punkte sehr zufriedenstellend in eine stetige Kurve. Um ihre Gleichung zu erfahren, versuche man die den Werten $\log \gamma$ und $\log P_z'$ entsprechenden Punkte durch eine Linie zu verbinden. Abbildung 5 zeigt, daß diese letztere mit genügender Annäherung eine Gerade ist. Nur bei dem der kleinsten Geschwindigkeit entsprechenden Punkte ist die Abweichung von der

Geraden etwas größer. Letzterer Umstand ist aber nicht schwerwiegend, weil spezifische Dehnungsgeschwindigkeiten von der Größe von ca. 1% pro Minute in der Praxis nicht angewendet werden.

Wenn also (P_z, γ) und (P'_z, γ') je ein zusammengehörendes Wertepaar ist, so gilt nach Abb. 5:

$$\frac{\log P_z - \log P'_z}{\log \gamma - \log \gamma'} = c,$$

wobei c eine Konstante ist.

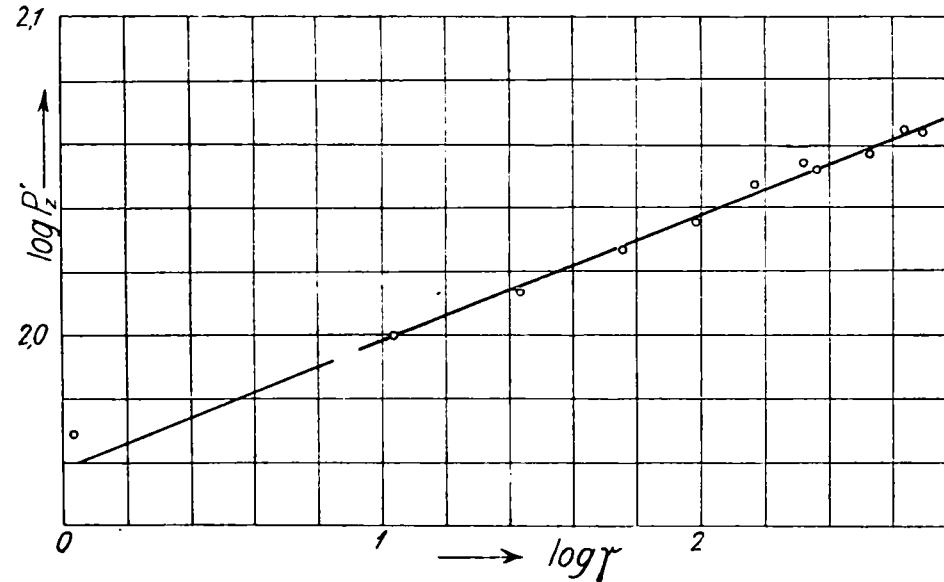


Abb. 5. Einfluß der spezifischen Dehnungsgeschwindigkeit auf die Reißkraft.

Die obige Gleichung kann auch so geschrieben werden:

$$\frac{P_z}{P'_z} = \left(\frac{\gamma}{\gamma'} \right)^c \quad \dots (5)$$

Aus der Abbildung 5 ergibt sich:

$$c = 0.04 = \frac{1}{25}.$$

Folglich ist für Militärtuche:

$$\frac{P_z}{P'_z} = \sqrt[25]{\frac{\gamma}{\gamma'}} \quad (5a).$$

TABELLE V.
Reißkraft. Versuchsserie 4.

Stoff C (Sreichgarn)							
Geschwindigkeitsserie	Lufttemperatur t °C	Relative Luftfeuchtigkeit n %	Spezifische Dehnungsgeschwindigkeit $\dot{\gamma}$ % pro Minute	Reißkräfte P_2 kg		Mittlere Reißkraft kg	Reduzierte Reißkraft P_2'
I.	24·0	42·0	11·2	69·0	68·8	71·9	100·0
				71·4	73·6		
				72·6	70·4		
II.	24·6	42·0	28·0	73·6	74·0	74·0	102·9
				71·2	74·4		
				71·6	75·0		
III.	25·9	40·9	58·5	75·2	76·4	76·7	106·7
				73·2	73·0		
				73·6	72·8		
IV.	25·2	43·1	96·5	77·0	74·0	77·7	108·1
				73·2	77·6		
				73·6	76·0		
V.	25·4	42·1	151	78·4	77·6	80·5	112·0
				75·8	76·8		
				75·8	77·8		
VI.	25·0	43·5	210	79·6	80·0	80·6	112·1 ^{*)}
				78·0	80·4		
				78·4	79·6		

*) Dieser Wert ist zu klein, was durch die übrigen Versuchsserien bestätigt wurde (Siehe den Mittelwert der Tabelle VI. — 113·6).

TABELLE VI.
VERSUCHSRESULTATE.
Mittelwerte aus sämtlichen Versuchsserien.

Geschwindigkeits- serie		0	I	II	III	IV	V	VI	VIa	VII	VIII	IX
Spezifische Dehnungsgeschwindigkeit $\dot{\gamma}_{0,0}$ pro Minute		1·09	11·1	27·6	58·0	98·6	149	211	232	339	435	496
Reduzierte Werte	P_z'	93	100	103·2	106·2	108·8	111·4	113·6	112·8	114·1	116·1	115·9
	λ_z'	30·1	30·0	30·1	30·8	30·7	30·6	29·6	30·4	30·4	30·7	30·5
	T'	90·9	100	103·3	108·6	110·0	110·0	108·8	114·4	115·1	119·0	117·4
	γ_1'	0·59	0·60	0·60	0·60	0·59	0·58	0·58	0·60	0·60	0·60	0·60

TABELLE VII.
Zusammengehörende Werte von $\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}'}$ und $\frac{P_z}{P_z'}$.

$\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}'}$	1	2·5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\frac{P_z}{P_z'}$	1	1·037	1·066	1·096	1·114	1·127	1·137	1·146	1·153	1·159	1·164	1·169

Die Kurve der Abbildung 4 ist also eine allgemeine Parabel.

Die Tabelle VII enthält eine Reihe zusammengehörender Werte von $\frac{P_z}{P'_z}$ und $\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}'}$. Man sieht, daß das Verhältnis $\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}'}$ viel schneller wächst als $\frac{P_z}{P'_z}$. Wenn derselbe Stoff einmal mit einer spezifischen Dehnungsgeschwindigkeit von 10 und dann mit einer solchen von 100% pro Minute gerissen wird, so daß $\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}'} = 10$ ist, so ergibt sich: $\frac{P_z}{P'_z} \approx 1 \cdot 10$. Die Reißkraft ist also im zweiten Falle um 10% größer; immerhin ein Unterschied, der nicht zu vernachlässigen ist.

Es soll ausdrücklich betont werden, daß die Beziehung (5 a) zunächst nur für Militärtuche zwischen den bei den Versuchen angewendeten Geschwindigkeitsgrenzen als richtig angesehen werden kann. Für $\dot{\gamma} = 0$ und $\dot{\gamma} = \infty$ darf die Formel nicht angewendet werden. *)

2. Die Dehnung (λ_z). Die Dehnung bleibt nach der Tabelle VI innerhalb der erwähnten Grenzen der Geschwindigkeit praktisch konstant.

3. Die Haltbarkeitsarbeit (T) hat größere Schwankungen gezeigt als die Reißkraft, deshalb sind die Werte T' der Tabelle VI unregelmäßiger. Im großen und ganzen hat T denselben Verlauf wie P_z , was darauf zurückzuführen ist, daß die Dehnung und

4. der Völligkeitsgrad (η) praktisch konstant bleiben. Die Arbeitsfläche des Diagrammes, d. h. die Haltbarkeitsarbeit ist nämlich — wie ohne weiteres einzusehen ist — durch die Beziehung gegeben:

$$T = \frac{\eta}{10} \cdot P_z \cdot \lambda_z,$$

wobei P_z die auf 100 mm Breite bezogene Reißkraft bedeutet.

Da aber η und λ_z in unserem Falle Konstanten sind, so kann geschrieben werden:

$$T = k \cdot P_z,$$

wenn k eine Konstante darstellt. Die Arbeit ist also der Reißkraft

*) Ludwik, loc. cit.

einfach proportional. Es ist auf Versuchsfehler und auf die Ungleichmäßigkeit des Materials zurückzuführen, daß diese Beziehung nicht genau erfüllt war.

Ein genaueres Studium der Zerreidiagramme hat gezeigt, daß nicht nur τ konstant bleibt, sondern daß auch alle Ordinaten des Zerreißdiagrammes durch eine größere Geschwindigkeit proportional vergrößert werden. Wenn also bei einer spezifischen Dehnungsgeschwindigkeit γ die Beziehung

$$P = \Phi(\lambda)$$

gilt, so ist für eine andere Geschwindigkeit γ'

$$P = m \cdot \Phi(\lambda),$$

wo m eine Konstante bedeutet.

Die Zerreidiagramme sind also einander ähnlich.

IV. SCHLUSZFOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS.

Um einwandfreie Resultate bei den Zerreiversuchen zu erhalten, ist nicht nur eine möglichst genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Werte der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit notwendig, sondern es ist erwünscht, auch mit einer bestimmten spezifischen Dehnungsgeschwindigkeit zu arbeiten.

Es wäre daher ein entsprechender Wert für die letztere vorzuschreiben. Jedenfalls müßte aber in den Zertifikaten der öffentlichen Prfungsanstalten der Wert der angewendeten Geschwindigkeit in Prozenten pro Minute angegeben werden.

Maschinen mit Handantrieb entsprechen nicht; bei einer solchen Maschine uert sich der wechselnde Wert der Geschwindigkeit schon dadurch, daß das Zerreidiagramm einen wellenförmigen Verlauf bekommt.

Die Versuche wurden an der technischen Hochschule zu Budapest im Laboratorium des Herrn Hofrates Professors *A. Rejt* ausgeführt. Für seine hierauf bezügliche Erlaubnis und Unterstützung spreche ich ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aus. —

AZ ÖTVÖZETEK KÉPZŐDÉSÉRŐL

IRTA
DR. MIKLÓSI KORNÉL

A
MAGYAR MÉRNÖK ÉS
ÉPÍTÉSZ EGYLETBEN
1918 ÁPRILIS HÓ 6-ÁN
TARTOTT ELŐADÁS



KÉZIRAT GYANÁNT

BUDAPEST, 1918
URÁNIA KÖNYVNYOMDA, VII., DOHÁNY-UTCA 10

Ajelen tanulmány célja rámutatni néhány oly jelenségre, amelyek fémeknek egyensúlyban nem levő, heterogén rendszerben előállhatnak. Megjegyzendő, hogy az előre megszá-
bott keretek nem engedik meg, hogy az ötvözetek képződésénél fellépő összes jelenségeket ismertessük, azért azok csak egy részére, nevezetesen az oldási- és diffúziójelenségekre fogunk szorítkozni.

A választott tárgykör elsősorban elméleti érdekekkel bír, de nem nehéz megtalálni a gyakorlattal való kapcsolatot sem. Vaslemezek cinkezése, vörösrézdrótok ónozása, stb. oly gyártási eljárások, melyek teljes megértése céljából szükségünk van bizonyos elméleti kérdések tisztázására. Ezuttal azonban a gyakorlati kérdéseket teljesen kikapcsolom.

Kiindulásul meg akarok emlékezni a heterogén rendszerek egyensúlyáról.

Az amerikai Gibbs¹ a termodinamika nagy mesterének, Clausius-nak következő két elvéből indult ki:

»Die Energie der Welt ist konstant.
Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.«

Ezek alapján állította fel a heterogén rendszerek egyensúlyának elméleti feltételeit.

¹ J. W. Gibbs: On the Equilibrium of Heterogeneous Substances (Trans. of Connecticut Acad. III. p. 108. 1875.).

Az elméleti kutatások körül nagy érdemeket szereztek még Hortsmann,² Duhem³ és mások. Duhem a termodinamikai potenciál fogalmának kiépítésével teljes összhangot teremtett a mechanikai és a termodinamikai-rendszerek egyensúlyának feltételei között. A termodinamikai potenciál teljes analogonja a mechanikában előforduló potenciál fogalomnak, miként ez a következő két tétel egybevetéséből következik:

1. Valamely potenciális mechanikai rendszer sztabil egyensúlyban van, ha bármely virtuális elmozdulás után a potenciál nagyobb, mint az adott állapotban, ha tehát a potenciál minimumértéket mutat.

2. Valamely termodinamikai rendszer bizonyos hőmérsékletnél és nyomásnál sztabil egyensúlyban van, ha bármely virtuális állapotváltozás után a termodinamikai potenciál nagyobb, mint az adott állapotban.

Ezek az elméleti kutatásokon épültek fel azok a tételek, melyeket Roozeboom⁴ alkalmazott a valóságban előforduló rendszerekre, nevezetesen különböző sóoldatoknak egyensúlyára és csakhamar nyilvánvaló lett, hogy a nyert eredmények igen hasznosan alkalmazhatók az ötvözetekre is. Ennek felismerése után hamarosan kiépült a mai metallografia nagyszerűnek mondható épülete.

A Gibbs-féle fázisszabály és a Duhem által különösen kifejlesztett potenciálemélet csak a teljes egyensúly esetére vonatkozik. De amilyen fontos ismerni azt, hogy milyen az az állapot, amelyben két vagy több alkotó — komponens — között sztabil egyensúly van, épp oly szükséges tudni azt is, hogy ha a komponensek adott nyomásnál, hőmérsékletnél és eloszlásnál nincsenek egymással egyensúlyban, milyenek azok az állapotváltozások, amelyekeken keresztül a rendszer az egyensúly elérésére törekszik és milyen körülmények között, mily sebességgel jönnek ezek létre.

Az áttekinthetőség kedvéért a tárgyalást két részre fogjuk osztani: elsősorban a folyékony fémekben, illetőleg ötvözetekben végbemehető változásokat, ezt követőleg pedig azokat vesszük szemügyre, amelyek szilárd anyagokban állhatnak elő.

² Hortsmann: Theorie der Dissodation. Liebigs Ann. CLXX. 192. l.

³ Duhem: Mécanique chimique. Paris. 1895.

⁴ Dr. H. W. Bakhuis Roozeboom: Die heterogenen Gleichgewichte. Braunschweig. 1901.

I. A folyékony állapotban mutatkozó oldási- és diffúziójelenségek.

Mielőtt a fémek esetére áttérnénk, tisztázzuk a fizikai fogalmakat.

Ha üveghengerbe vizet töltünk és ez alá finom pipettával megfestett ecetsavat eresztünk úgy, hogy az ecetsavat a víztől a henger tengelyére merőleges sík válassza el, akkor oly rendszert kapunk, amely nincs egyensúlyban. A két anyag molekulái között fellépő erők következtében⁵ az ecetsav-molekulák a vízbe vándorolnak, minek folytán a vízben képzelt valamely keresztmetszelben a koncentráció — azaz az egy köbcentiméterben levő grammokban kifejezett ecetsavmennyiség — folyton nő. Az ecetsav a nagyobb koncentrációjú helyekről a kisebb koncentrációjuk felé vándorol — diffundál — épp úgy, mint az elektromos áram a nagyobb potenciálú helyről a kisebb potenciálú felé tart, vagy amint a meleg áramlik a hőmérséklet csökkenése irányában.

Van't Hoff szerint az oldott molekulák valamely gázhoz hasonlóan nyomást fejtenek ki, melynek nagysága az elfoglalt térfogattól, vagyis a koncentrációtól függ és állandó hőmérsékletnél ez utóbbival egyenesen arányos, amint azt a Boyle-Mariotte-törvény, gázokra nézve kívánja. Ez az u. n. ozmózis-nyomás félig átteresztő membrán segítségével direkt mérhető is. Miként valamely gázban a nyomás kiegyenlítődik és ezzel a térfogat-egységben foglalt gázmennyiség mindenütt állandó lesz, úgy oldatokban is a végső egyensúlyi állapot az, amikor a koncentráció mindenütt ugyanoly nagyságú.

Megjegyzendő, hogy ez a megkapóan egyszerű analógia csak igen hig oldatoknál fedi quantitativé a jelenségeket.

A diffúzió differenciálegyenletét Lord Kelvin — akkor még Sir William Thomson⁶ — adta meg; ő ugyanis Fourier-nak a melegáramlásra vonatkozó egyenletét öt más esetre, többek között a diffúzió fent érintett jelenségére is alkalmazta. A differenciálegyenlet alakja lineáris diffúzió esetén — ha tehát a

⁵ Rejtő: A mech. technológia alapelvei. Budapest, 1915.

⁶ Sir William Thomson: Five Applications of Fourier's Law of Diffusion etc. Math. and Phys. Papers Vol. 3. 1890. 428. l.

diffúzió iránya minden pontban azonos, a fenti esetben párhuzamos a henger tengelyével — a következő:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \frac{\partial^2 u}{\partial x^2},$$

ahol u a koncentráció, x a kezdőponttól való távolság, t az idő és k az u. n. diffúzió — állandó. E differenciálegyenletet a diffúzió esetére először Stefan⁷ oldotta meg és a megoldást Graham⁸ kísérleti adataira alkalmazta.

Erre vonatkozó részletekbe azonban nem fogunk bocsátkozni, mert ez tárgyunktól túlmessze elvezetne. Csak azt említjük meg, hogy a számítás a kísérletekkel igen jól összevág.

A fenti differenciálegyenlet tökéletes mása annak, amely a Maxwell-féle elmélet alapján az elektromos áramnak tökéletesen vezető médiumban való lineáris tovaterjedésére levezethető. Ennélfogva a diffúziót mennyiségi szempontból úgy foghatjuk fel, mint az elektromos áramlást. A feszültségkülönbség helyébe a koncentrációkülönbség lép, a vezetőképességnek pedig a diffúzió-állandó felel meg.

Ha t idő folyamán a hosszegységre eső koncentráció különbség, azaz

$$\frac{u_1 - u_2}{x_1 - x_2} = \frac{u_1 - u_2}{l}$$

állandó, ha továbbá f az üveghenger keresztmetszete, akkor a henger valamely keresztmetszetén a t idő alatt átdiffundáló anyag súlyegységben kifejezett mennyisége:

$$q = k \cdot f \cdot \frac{u_1 - u_2}{l} \cdot t,$$

az egységnyi idő alatt áthaladó mennyiség tehát

$$i = \frac{u_1 - u_2}{\frac{l}{k} \cdot \frac{l}{f}} = \frac{u_1 - u_2}{R},$$

ahol k a diffúzió állandója. Ezt az egyszerű összefüggést a Fick-féle törvény neve alatt szokás idézni.

⁷ J. Stefan: Über die Diffusion der Flüssigkeiten. Sitzungsber. d. Wien Akad. 1879. Bd. 79. 161. l.

⁸ Graham: Liquid Diffusion Applied to Analysis. Phil. Trans. 1861. 138. l.

A képlet teljes analogonja az Ohm-féle törvénynek; a potenciálkülönbségnek $u_1 - u_2$, az elektromos ellenállásnak pedig az R érték felel meg. Miként a képletből látható, a k mennyiség dimenziója $L^2 T^{-1}$; hosszegységül a cm-t, időegységül a nap-ot szokták választani.

Graham klasszikus kísérletei egynéhány sóoldatnak vízben való diffúziójára a következő értékeket eredményezték:

A N Y A G	Hőmérséklet C°	k cm ² /nap
Karamel	10	0·047
Albumin	13	0·063
Nádcukor	9	0·312
Konyhasó	5	0·765
»	9	0·910
Sósav	5	1·742

A diffúzió — ha a folyadékban hőmérsékletkülönbség vagy pedig kaválás folytán — áramlások nincsenek, igen lassu processzus, mint azt a következő példák illusztrálják:

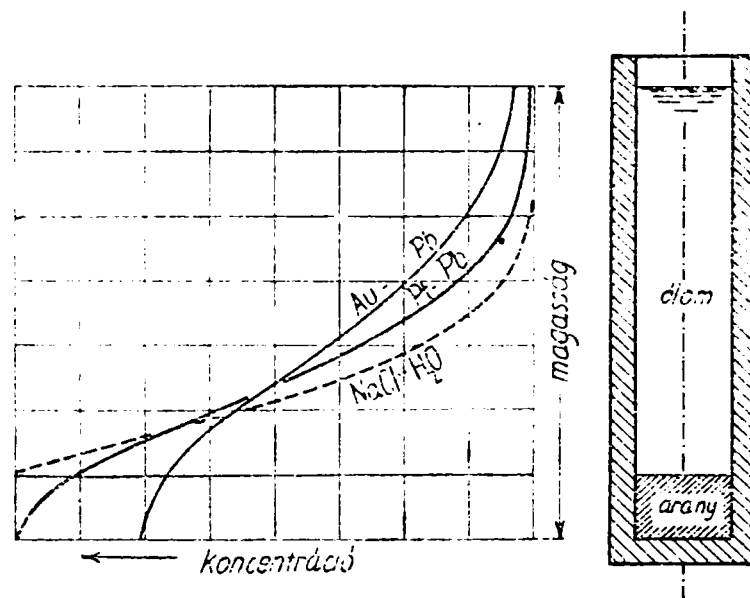
Ha hengeres edénybe 1 cm magasságig konyhasóoldatot töltünk, amely 10 g konyhasót tartalmaz, erre pedig óvatosan — hogy áramlások elő ne álljanak — vizet eresztünk, akkor 9 C°-nál 3.5 nap szükséges ahhoz, hogy a fenéktől 10 cm távolságban levő keresztmetszeten az első 1 mg-nyi sómennyiség áthaladjon.

Az idő a távolsággal quadratikusan összefüggésben van. Ha ugyanis a 10 g-ot tartalmazó konyhasóoldat eredeti magassága 10 cm és a megfigyelt keresztmetszet a fenéktől 1 m távolságban van, akkor az előbbi idő százszorosa, vagyis 350 nap szükséges ahhoz, hogy az első 1 mg 1 m távolságba eljusson.

Ezekből a példákban látjuk, mily fontos szerepe van a homogenitás elérése céljából a kaválásnak.

Az az analógia, mely a sóoldatok és a fémek egymással képezett oldatainak között mind teljesebbnek mutatkozott, indított

Roberts-Austen-t⁹ arra, hogy a folyékony fémekben végbe-
menő diffúziót beható kísérletek tárgyává tegye. Többek között
aranynak, platinának és rhodiumnak folyékony ólomban való dif-
fúzióját vizsgálta. A kísérleteket 1883-ban kezdte és a végleges
eredményeket 1896-ban tette közzé. Gázkemencébe helyezett, alul
zárt vascsövekben ólmot ömlesztett meg és a szilárd aranyat vagy
a már előre elkészített szilárd ólom-aranyötövet zárt vas-
dobozban a cső fenekére süllyesztette. A doboznak felülről dióttal
való kinyitása után megkezdődött az arany oldódása és felfelé
való diffúziója. Miután a kísérletek befejeztével a vascsövekben
lévő anyag megdermedt, azt Roberts-Austen a vascsővel egye-



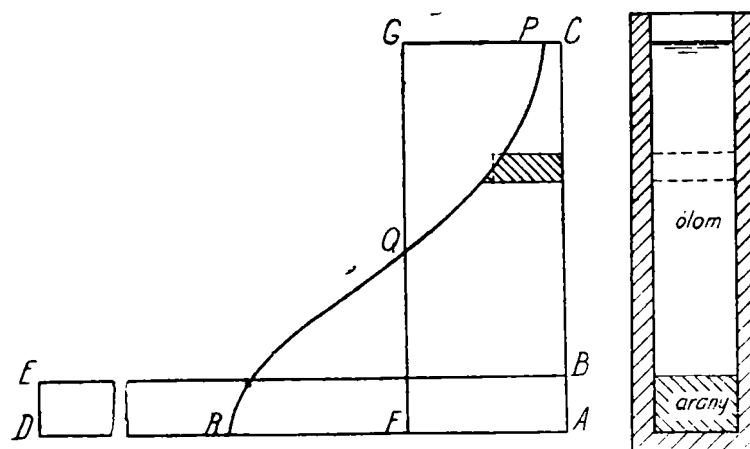
1. ábra.
Roberts-Austen kísérleti eredményei.

temben egyforma részekre darabolta és minden darabban meg-
határozta az arany mennyiségét, ami a cupellatio eljárással
rendkívül pontosan volt végezhető. A kísérletek azt mutatták, hogy
épp úgy, mint a sóoldatok diffúziójánál, úgy itt is érvényes a
Fourier-féle differenciálegyenlet. A megegyezés a kísérlet és
számítás között tökéletesnek mondható, ami bizonyítéka annak,
hogy a fémek folyékony oldatainak teljesen azonos természetűek
a vízes sóoldatokéival.

⁹ Roberts-Austen: On the Diffusion of Metals. Phil. Trans.
A. 1896. Vol. 187. p. 383.

Ha a kémiai analízis által az egyes darabokban talált arany-mennyiséget a cső fenekétől számított távolság függvényében felvisszük, akkor az 1. ábrán látható görbét kapjuk, amelyek az anyag eloszlását egy bizonyos időpontban ábrázolják. Alakjuk idővel megváltozik, amiről a 2. ábra ad felvilágosítást. Kezdetben az AC hosszúságú csőnek AB darabját foglalta el az AD koncentrációval bíró oldat, a B és C pontok között a koncentráció zérus volt, tehát az anyag eloszlását az $ABED$ négyszög jelzi.

A koncentrációkülönbség folytán az arany az AB részből lassanként kivándorol, ebben tehát a koncentráció csökken, viszont a BC részben nő. Egy bizonyos időpillanatban az eloszlás a PQR görbe szerinti.



2. ábra.
A koncentráció eloszlásának változása.

Csak végtelen hosszú idő múlva nyer a koncentráció az egész csőben állandó értéket; ekkor az eloszlás az $ACGF$ négyszögnek felel meg.

Aranynak folyékony ólomban való diffúziójára nézve 500 C° -nál $k = 3$.

Az 1. ábrából általában azt látjuk, hogy 500 C° -nál a vizsgált fémek között nagyobb a diffúzió, mint konyhasó és víz között 18 C° -nál.

Guthrie (1883.) cink, ólom, ón, nátrium és kálium higanyban való oldódását vizsgálta $16\text{--}17\text{ C}^\circ$ -nál.

Igen érdekes kísérleteket végzett újabban Le Chatelier,¹⁰ aki különböző fémeket folyékony állapotban alkalmas módon egymásra rétegezett; a két fém oldódott és egymásba diffundált: ha ez a processzus rövid ideig tart, ha t. i. az anyag lehülés folytán alkalmas időben megdermed, akkor néhány mm vastag rétegen belül a legkülönbözőbb strukturájú ötvözetek sorozatát látjuk, amelyeket a két fém egymással képezhet.

Ezek után áttérünk a szilárd állapotban előforduló oldási- és diffúzió-jelenségekre.

II. A szilárd fémeknek egymásra való hatása.

Ha vörösréz és cinket valamely hőmérsékletnél, de még szilárd állapotban egymással érintkezésbe hozunk, akkor ez a rendszer nincs egyensúlyban, mert termodinamikai potenciálja nagyobb, mint annal, amellyel a rendszer akkor bírna, ha a cinket folyékony vörösrézben feloldanánk, és ezt az oldatot lassan kristályosodni és lehűlni engednénk. Ha pl. a vörösréz sulya 100 g, a cinké 50 g, akkor az utóbbi módon chemiaailag homogén szilárd oldatot kapunk.

Felvetődik most már az a kérdés, hogy szilárd állapotban ötvözödhetik-e egymással a két fém, és hogy elérheti-e a rendszer az egyensúlyi állapotot.

A kérdés technikai szempontból is érdekes, mert nem ritkán fordul elő, hogy különös sajátságuknál fogva egyes szerkezetekhez termodinamikai egyensúlyban nem levő — ugynevezett metastabil — ötvözetet használunk fel, sőt előfordul az aranyműves iparban az is, hogy ezüst tárgyakat arannyal vonnak be, anélkül, hogy a hőmérsékletet az ömlesztési zónáig növelnék. Ez az eljárás már igen régtől fogva ismeretes. Azt persze, hogy az utóbbi esetben valóságos ötvözetek keletkeznek-e, minden további nélkül nem lehet feltételezni; erre nézve csak beható vizsgálat nyújthat utmutatást, mely célból a metallografia módszereihez kell fordulnunk.

A corpora non agunt nisi fluida elv sokáig azt a

¹⁰ H. Le Chatelier: Bildung von Legierungen durch Uteinanderlagerung. Int. Verb. f. d. Mat. prüfungen d. Technik VI. Kongress. New-York. 1912.

hitet tartotta fenn, hogy szilárd állapotban két anyag molekulái nem hathatnak egymásra, de az ellenkezőre mutató jelenségek végre megdöntötték ezt a dogmát.

Már Gay-Lussac bevallja, hogy a vas cementálásának tanulmányozása alapján arra a meggyőződésre jutott, hogy a testek között minden halmazállapotban keletkezhetnek reakciók; csak hogy a három halmazállapot közül a szilárd a legkevésbé alkalmas a kémiai affinitás nyilvánulása szempontjából.

Vessünk pillantást a felvetett kérdés szempontjából fontosabb kísérleti eredményekre. Hogy a legegyszerűbb eseten kezdjük, feltételezzük, hogy ugyanannak a fémnek két darabjáról van szó. Ily esetben ötvözetek képződésről nem beszélhetünk, itt csak az a kérdés, vajon a két darab összehegeszthető-e.

Régebben egyesek azt vélték, hogy lágy vasnak kovácstüzből való hegesztésénél az anyag az ütések okozta nyomás hatása alatt helyenként megömlik és így a hegedés tulajdonképpen folyékony állapotban áll elő. Hogy ez nem így van, az Tammann¹¹ vizsgálataiból következik. Hogy pedig a hegesztés szilárd állapotban nem csak vasnál, hanem más tiszta fémeknél is keresztülvihető, azt elméleti megfontolások és kísérletek útján Rejtő¹² bizonyította be. Az itt fellépő jelenségek megismerése végett pillantást kell vetnünk a tiszta fémeknek belső szerkezetére, amennyire ezt manapság különböző vizsgálatok alapján ismerjük.

Valamely tiszta fém kristályos szemcsékből áll; minden szemcsén belül az anyag kristályelemei bizonyos szigorú geometriai rendszer szerint helyezkednek el, úgy hogy a kristályelemek tengelyei egy bizonyos szemcsén belül párhuzamosak.

Két szomszédos szemcsében azonban a kristálytengelyek iránya általában más.

Az a kérdés, hogy miként kapcsolódnak két szemcsének egymás közelében levő molekulái, élénk vita adott alkalmat.

Beilby¹³ szerint mechanikai megmunkálás, pl. reszelés, csiszolás, fényesítés okozta deformálás által a fémek felszínén vékony réteg keletkezik, melynek szerkezete nem kristályos, hanem amorf.

¹¹ Tammann: Metallographie. Leipzig. 1914. 98. 1.

¹² Rejtő: A maradék, vagyis az ideigtartó és a maradandó alakváltozások mechanikájának alaptételei és alkalmazásuk. Math. Term. Ért. XXXII. köt. 3. füz.

¹³ Beilby: The Hard and Soft State in Metals. Phil. Mag. Aug. 1904.

Szerinte az így keletkezett anyagnak állapota a túlhűtött folyadékéval azonos, sőt fizikai tulajdonságai is ugyanazok, így kemény és rideg, mint a többi ismert szilárd állapotú amorf anyag: pl. az üveg, celluloid.

Az amorf réteg épp oly viszonyban volna a kristályos fémhez, mint a kvarcüveg a kristályos kvarchoz, azzal a különbséggel azonban, hogy míg a kvarcüveget közvetlen módon, t. i. a folyékony anyag túlhűtése által lehet előállítani, addig az amorf állapotú fémhez ily módon nem juthatunk, mert folyékony fémek túlhűtése a mai tapasztalatok szerint kivihetetlen.

Ugyancsak amorf rétegek keletkeznének Beilby felfogása szerint a szemcsék belsejében maradó alakváltozáskor.

Végül ugyanilyen amorf rétegek létesítenék a kapcsolatot az egyes különböző kristálytengelyekkel bíró szemcsék között.

Beilby kissé merészen mondható felfogását Rosenhain, Ewen és Humfrey¹⁴ igyekeztek megindokolni és igen érdekes kísérletekkel is támogatni.

A nevezett kutatókéval ellenkezik Tammann¹⁵ felfogása, aki lehetetlennek tartja amorf állapotú fém létezését és úgy véli, hogy a mikroszkópban látható szemcsehatárok szemcsék közötti hézagok, vagy pedig oly rétegek, melyekben a tisztatlanságok gyűlnek össze. Ez különben megfelel annak a tapasztalatnak, hogy az anyagok kristályosodáskor kivetik magukból a tisztatlanságokat. Ezen alapszik az átkristályosítással való anyagtisztítás.

Rejtő¹⁶ a szemcsék közötti réteget az ugynevezett kapcsoló molekulacsoportokból állónak képzei, amelyeknek mindegyike kristályelem, de a rétegeken belül a kristálytengely iránya fokozatosan változik: így folytonos átmenet képződik a két szemcse kristálytengelyének iránya között. A kapcsoló csoportok eszerint metastabil állapotban vannak: orientálásukat a két szomszédos szemcse vonzása egyidejűleg befolyásolja.

¹⁴ Rosenhain and Ewen: Intercrystalline Cohesion in Metals Journ. of the Inst. of Metals. VIII. 2. 1912., X. 2. 1913.

Rosenhain and Humfrey: The Tenacity, Deformation and Fracture of Soft Steel etc. Journ. of the Iron and Steel Inst. 1. 1913.

I. C. W. Humfrey: Influence of Intercryst. Cohesion etc. Carnegie Scholarship Memoirs. Vol. V. 1913. p. 86.

¹⁵ Tammann: Loc. cit. 2. és 61. l.

¹⁶ Rejtő: Az elméleti mechanikai technológia alapelvei. Budapest, 1915. 18 .l.

A Beilby-Rosenhain-féle felfogás egyrészről és a Tamman-féle másrészről heves vita forrása lett, amely nem vezetett megállapodásra. Ez egyelőre nem is várható, mert oly eszközökkel, amelyek segítségével az anyag molekuláit direkt meg tudnók figyelni, nem rendelkezünk. Bizonyos feltevést a molekuláris szerkezetre vonatkozólag kénytelenek vagyunk tenni, mert különben nem tudnánk olyan jelenségeket megérteni, amilyenekről a jelen esetben is szó lesz. Az is logikusnak látszik, hogy a kristályos szemcsék között bizonyos véges méretű kapcsoló-réteget képzeljünk, amelyben a kristályos elemek többé vagy kevésbé rendezetlenek. Ezért, mint középutat Rejtő felfogását vesszük a továbbiakban vezérfonalul.

Ha ugyanannak a fémnek két darabját egymással kohéziós kapcsolatba akarjuk hozni, akkor a követendő eljárásra nézve az előbb kifejtettek nyujtanak utmutatást.

Az alapul vett feltevés szerint két nem párhuzamos kristálytengelyekkel bíró szemcse között a közbeilleszkedett kapcsoló-csoportok létesítik az összefüggést. Tehát az egyesítendő darabok érintkező felületein ilyen kapcsolócsoportokra van szükségünk, ezt pedig erős deformálással érhetjük el. Ha a két darabot egymáson való csusztatás közben egyidejűleg oly nagy erővel nyomjuk össze, hogy a feszültség a kohézió értékét elérje, illetőleg túllépje, akkor a párhuzamos vagy közel párhuzamos tengelyű csoportok egymás vonzókörébe jutnak és így a két darab egyesítése végbemegy.

Rejtő kísérletei tényleg azt mutatták, hogy ugyanannak a fémnek, pl. ólomnak, ónnak vörösréznek két darabja szobahőmérsékletnél is egyesíthető, ha azok felszínén erős deformálással kapcsoló-csoportokat létesítünk és ha a két darabot a fentiek megfelelő erővel nyomjuk össze. Rejtő az egyesítésnek ezt a módját hideg hegesztésnek nevezte.

Ha a két érintkező felszínen átadódó feszültség kisebb a kohéziónél, akkor az egyesítés szobahőmérsékleten nem lehetséges. De ha az összenyomott próbatestet magasabb hőmérséklet hatásának tesszük ki, akkor szemcsecsoportosulások állnak elő és a kohéziós kapcsolat még szilárd állapotban előállhat. Ilyen kísérleteket Rejtő nikkellel és vassal végzett.

Fentiek szerint tehát a hegesztés akkor sikerül, ha az érintkező felszíneken levő molekulacsoportok kölcsönösen beilleszkednek a két egyesítendő darab molekuláris szerkezetébe. Ha ez

megtörtént, akkor a molekulák további vándorlására — diffúzióra — nincs ok, mert hisz a koncentráció mindenütt ugyanaz. Ez a rendszer kilágyítás után végleges egyensúlyban van.

Ide tartoznak tulajdonképpen azok a jelenségek is, amelyek a Schoop-féle fémporlasztó eljárásnál mutatkoznak. Az eddigi megfigyelések szerint u. i. a szétporlasztott fémrészecskék már megdermedt állapotban ütköznek a bevonandó felszínhez és így valószínű, hogy összehegedésük az ütközés okozta nagy nyomás következménye.¹⁷

Ezek után áttérünk tulajdonképpeni főtárgyunkra, t. i. különböző fémeknek egymással szemben tanúsított viselkedésére.

Hogy különböző szilárd állapotú fémek, esetleg metalloidok egymásban oldódhatnak, erről igen régi megfigyelések tanuskodnak. Erre nézve Roberts-Austen¹⁸ említ érdekes példákat.

Az első, aki e tekintetben rendszeres kísérleteket végzett, Spring¹⁹ volt, aki különböző fémek reszelékét nagy erővel összenyomta és az így keletkezett tömböket vizsgálta. Később ugyancsak ő mutatta ki,²⁰ hogy ha különböző fémekből való két hengert erősen összenyomott és ezeket magasabb hőmérséklet hatásának tette ki, — anélkül azonban, hogy az anyag megfolyósodott volna — a két henger összeforrt. Azt a mélységet, ameddig a két fém áthatotta egymást, Spring több lesztergált rétegnek kémiai analiziséből határozta meg, a mikrostrukturát azonban nem vizsgálta.

Ha a két fém egyike pl. vörösréz, a másik pedig cink volt és ha az összenyomott darabot 6—8 órán át 400 C°-on hevítette, akkor az analizisek szerint a két fém 15 mm mélyen hatolt egymásba.

Igen érdekes kísérleteket végzett Roberts-Austen. Ő ólomrudacsok végére aranylemezeket forrasztott és ezt a rendszert 31 napig különböző hőmérsékletnek tette ki. Ekkor az ólomrudacsoknak az aranylemezről legtávolabb fekvő részében még akkor is tudott aranyat kimutatni, ha a hőmérséklet csak 100

¹⁷ Ólomcsöveknek (Kábelburkok) Huber-féle rendszer szerint való sajtolásánál is össze kell hegeszteni a két szemben fekvő recipiensből ki-nyomott ólmot. Itt ez könnyen lehetséges, mert a hőmérséklet elég magas (100—150 C°).

¹⁸ Loc. cit.

¹⁹ Spring: Bildung von Legierungen durch Druck. Ber. der deutschen chem. Ges. Bd. 15. 1882. 595. l.

²⁰ Bull. de l'Acad. Royale de Belgique, vol. 28. 1894. 23. l.

C^o volt. Sőt, ha a fenti módon készült próbatesteket szobahőmérsékletnél négy évig állni hagyta, akkor is kimutatható volt az ólomban az arany.

Van't Hoff²¹ felfogásának megfelelően, Roberts-Austen a szilárd ólomban végbemenő diffúziót is oly jelenségnek képzelte, melyre a már említett Fourier-féle differenciálegyenlet érvényes. A kísérletekből kiszámítva a diffúzió állandóját, aranyra és ólomra a következő értékeket kapta:

250 C ^o -nál	k = 0.023—0.030 cm ² /nap
200 „	0.007—0.008 „
165 „	0.004—0.055 „
100 „	0.00002 „

Mivel Spring-nek fémreszelékekkel végzett kísérletei nem döntötték el, vajjon nagy nyomás alatt valóságos ötvözetek keletkeznek-e, vagy csak adhézió folytán összeálló tömbök, Masing²² e kérdést további tanulmány tárgyává tette.

Masing két fémnek reszelékét kb. 4000 at nyomásnak vetette alá és az így nyert tömböket a struktúra, a termikus viszonyok és az elektromos ellenállás szempontjából vizsgálta. Ha közvetlenül a nyomás után végezte a mikroszkópi vizsgálatot, akkor úgy találta, hogy a nyomás által szobahőmérsékleten elegykristályok vagy vegyületek az anyagban nem keletkeznek; a két fém részecskéi tehát a nyomás következtében csak benső érintkezésbe jutottak.

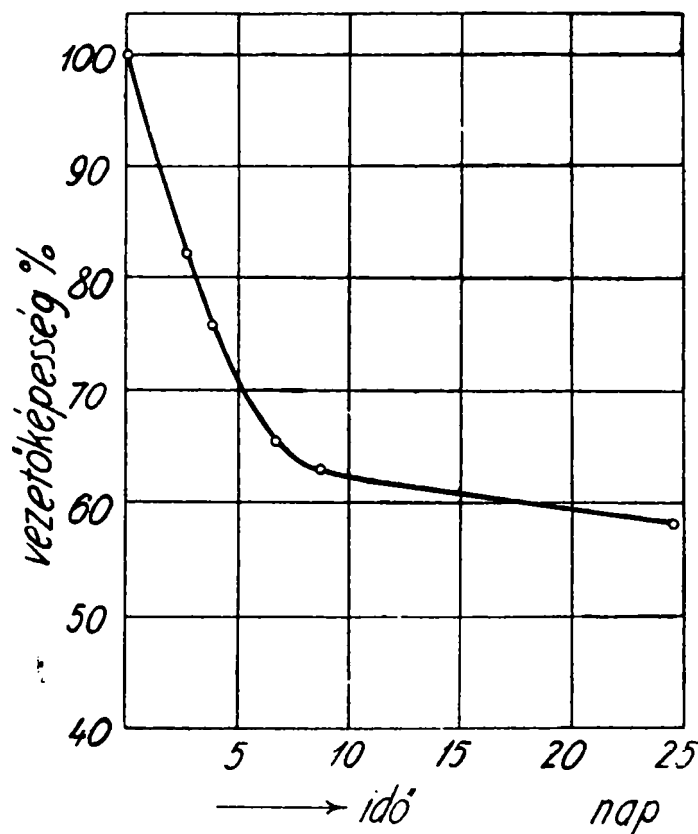
Bár a pusztán nyomás ezek szerint oldást nem idéz elő, ez szilárd állapotban mégis észlelhető volt, ha oly két fém reszelékét nyomta össze, amelyek egymással a folyékony állapotból lehűtve, szilárd oldatokat alkotnak és ha az összenyomott tömböt a nyomás után elég sokáig bizonyos hőmérséklet hatásának tette ki. A diffúzió sebessége a *Bi-Tl* és a *Pb-Tl* rendszerekben oly nagy, hogy a mikroszkópban és elektromos ellenállásméréssel szobahőmérsékleten is kimutatható volt. A hőmérséklet növekedésével igen gyorsan nő a diffúzió sebessége. Így a *Bi-Tl*-rendszerben

²¹ J. H. Van't Hoff: Über feste Lösungen u. s. w. Z. f. phys. Chem. Bd. 5. 1900. 322. l.

²² Masing: Über die Bildung von Legierungen durch Druck u. s. w. Z. f. Anorgan. Chem. Bd. 62. 1909. 265. l.

a sebesség 120 C°-nál 1000—2000-szer akkora, mint szobahőmérsékletnél.

A 3. ábra azt szemlélteti, hogy *Pb-Tl* tömb elektromos vezetőképessége bizonyos hőmérsékleten az idővel hogyan változik. A vezetőképesség erős csökkenése minden más módszernél érzékenyebben bizonyítja szilárd oldat képződését; ha ugyanis két fém reszelékéből az ismertetett módon tömböt készítünk, akkor a keverék vezetőképessége egyszerűen a keverési szabályból számít-



3. ábra.

ható,²⁹ ha azonban a két fém között szilárd oldat képződik, akkor a vezetőképesség erősen csökken. A 3. ábrán a keverési szabályból számított vezetőképességet 100-nak vettük.

Természetes, hogy minél nagyobb a hőmérséklet, annál hirtelenebbül csökken az idővel a vezetőképesség.

²⁹ Martens—Heyn: *Materialienkunde f. d. Masch. bau II. A.* Berlin. 1912. 495. l.

De nemcsak a vezetőképesség csökkenése, hanem a termikus és a mikroszkópi vizsgálatok is igazolták, hogy két fém szilárd állapotban oldódhatik. Míg ugyanis az összesajtott tömbben a különböző anyagu részecskék között éles elválasztó vonal volt látható, addig ez megfelelő hőmérsékleten idővel az oldás következtében elmosódott.

A szilárd állapotban végbemenő diffúzióról bármikor könnyű szerrel meggyőződhetünk. Ha pl. Le Chatelier említett eljárásának megfelelőleg önt ömlesztünk meg, ebbe szilárd vörösrézdarabot, pl. keményre huzott diót dobunk és ezt követőleg a rendszert gyorsan lehütjük, akkor a két fém között igen vékony ötvöződött réteg képződik, miként az a 4. ábrán látható. A fehér sáv a Cu, Sn vegyület. Ha már most a próbadarabot 200 óráig $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet hatásának tettük ki, akkor az 5. ábrán látható képet kaptuk. A fehér sáv szélessége jelentékenyen megnagyobbodott, az ön felőli oldalon pedig elmosódott sávot látunk, amely az említett vegyületnél óndusabb és amely a vörösréznek az ónba való diffúziója folytán keletkezett.

Ezzel elérkeztünk addig a pontig, ameddig a bennünket érdeklő kérdések teljesen tisztázva vannak. Most a figyelmet egy újabb pontra óhajtanám terelni.

Masing ugyanis csak a fémreszelékek összenyomása által nyert tömbök viselkedését vizsgálta, amikor is az egyes részecskék méretei olyan rendűek voltak, mint a fémek szemcséi szoktak lenni, de eldöntetlen maradt az a kérdés, hogy miként vesznek részt a diffúzió processzusban a szemcsék, ha a két fém nagyobb darabjai valamely felszín mentén érintkeznek.

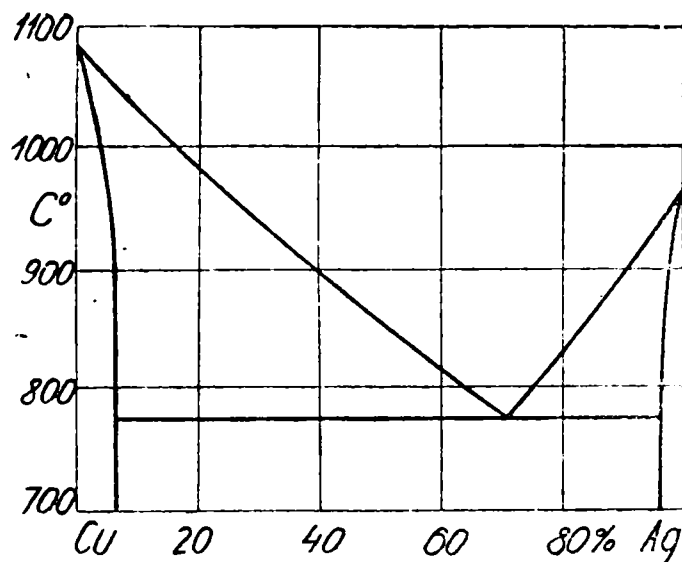
Erre nézve Spring és Roberts-Austen vizsgálatai sem nyújtanak felvilágosítást, mert ők az anyag eloszlását csak a rendszer analitikai módszerekkel határozták meg, ez pedig arra nézve, hogy miként oszlik el az anyag magukban az analizált darabokban, természetszerűen nem nyújthat felvilágosítást. Ha ezt tudni akarjuk, akkor a mikroszkópot kell segítségül vennünk.

Szem előtt kell tartanunk ugyanis, hogy annak a kérdésnek eldöntése, vajjon valamely anyag homogén-e, vagy pedig heterogén, az alkalmazott vizsgálati módszerektől függ. A kémiai analízis céljára aránylag nagy mennyiségű anyagot kell vennünk, úgy, hogy pl. valamely bronztárgy az analízis eredménye alapján homogénnek tűnhetik fel, mert bármely helyről veszünk is forgácsot, az analízis ugyanazt az összetételt adja, míg lehetséges, hogy a

mikroszkópban heterogén strukturát látunk, mert sokkal kisebb részeket vagyunk képesek így vizsgálni, mint a kémiai analízis módszereivel.

Ez tulajdonképpen a megfigyelhető térfogatelemeknek fokozatos csökkenése, amiben azonban a matematikai határt, amikor $\lim \Delta V = 0$, nem tudjuk a megfigyelés eszközeivel tetszőlegesen megközelíteni.

A feltett kérdést az alább ismertetendő kísérletek világítják meg, melyeknél anyagokul vörösréz és ezüstöt használtam.



6. ábra.

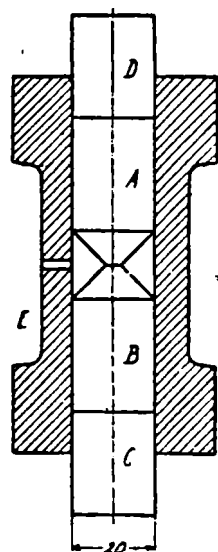
Az ezüst-vörösrézötvözetek állapotdiagrammját a 6. ábra szemlélteti. A mikroszkópi képekből vont következtetéseinknél ezt az ábrát tartjuk szem előtt.

E két fémből a 7. ábra szerint alakított csonka kupban végződő hengereket esztérgáltattam és ezeket vascsőben összenyomtam, hogy a két darab a vashengert teljesen kitöltse és a két anyag egymással benső érintkezésbe jusson. Ezt követőleg az egész rendszert felhevítettem, úgy hogy rövid ideig a Cu-Ag eutektikum hőmérsékletének volt kitéve. Ekkor az anyag az érintkezési helyen megömlött²⁴ és így a két fém egymással ötvöződött.

²⁴ Hallock: Eine neue Methode Legierungen zu bilden. Z. phys. Chem. 2: 1888. 6. lap.

Hogy valóságos ötvözet képződött, azt már a 8. ábra igazolja, amely oly próbatestet szemléltet, amelyet a fenti módon össze-forrasztott darabból esztergáltattam ki és ezt követőleg összenyomtam. Jól észrevehető, hogy a középső rész deformációja kisebb, mint akár a vörösrézé, akár az ezüsté és utóbbiakat élesen megkülönböztethető övként választja el egymástól.

Az ötvözött réteg mikroszkópi képét a 9. ábrán látjuk. Leginkább szembeszökik az eutektikum, amely az ezüst-, illetőleg vörösréz-dús szilárd oldatok lamelláiból áll. Az eutektikumnak a vörösréz felőli oldalán látjuk a következő struktúrelémet, a vörösrézben dús szilárd oldatot, amely azonos anyagu, mint az eutektikum sötét lamellái.



7. ábra.

E szilárd oldatra ammoniákos réz-ammoniumchloridban való maratáskor sötét színű csapadék rakódott, mely már szabad szemmel is — mint sötét csík — észrevehető volt. Ez a szilárd oldatnak igen jó ismertető jeléül szolgált. A szilárd oldatot a vörösréztől elmosódott szélű sáv választja el, mely a diffúzió határát jelzi.

Az eutektikumnak ezüst felőli oldalán ugyanezek a fokozatok vannak meg, de azok a maratásnál használt ammoniákos réz-ammoniumchloriddal nem voltak láthatóvá téve. Ez különben gondolatmenetünket nem zavarja, mert elegendő, ha azt vizsgáljuk, hogyan oldódik és diffundál az ezüst a vörösrézben.

A vázolt módon összeforrasztott darabokat most tovább vizsgáltam.

Egy ily darabot egy óra hosszáig hevítettem, úgy hogy a hőmérséklet közvetlenül az eutektikai alatt volt, sőt rövid ideig ezt elérte, úgy hogy a próbadarab külső részén az eutektikum megömlött. Így tanulmányozni lehetett, hogy a folyékony ezüst miképp vándorol a szilárd vörösrézbe. Erről a 10. ábra nyújt felvilágosítást. A vörösrézszemcsék ezüsttel telítődtek, közöttük pedig ezüstben dus szilárd oldat foglal helyet.

Tulajdonképen ugyanazok a szövetelemek ezek, amelyek az eutektikumot alkotják, csak hogy az elrendezés nem lamellás. A mikroszkópi vizsgálat alapján a végbement jelenségről a következő képet rekonstruálhatjuk magunknak:

Az ezüst és vörösréz folyékony oldata a szemcsehatárok mentén hatolt be a vörösrézbe és az ezüst a szemcsehatárokból diffundált be az egyes szemcsékbe.

Hogy a szemcsék közé vándorolt oldat folyékony volt, arról a legömbölyített szemcsehatárok tesznek tanuságot. Olyanok a 10. ábrán látható sötét szemcsék, mint olvadáskor a Dunán uszó jég-táblák, amelyek között levő viz azokat körünyaldossa és legelőször a sarkokat oldja le.

Mivel a hőmérséklet az eutektikaihoz igen közelálló volt, a folyékony oldat összetétele szükségszerűen az eutektikuménak felelt meg; ez — dacára annak, hogy belőle a vörösrézszemcsékbe ezüst vándorolt be — közel állandó koncentrációju maradhatott, mert az ezüst oldaláról állandóan pótolhatta a veszteséget.

A megdermedésnél a folyékony oldatnak eutektikumra kellett szétbomolnia; hogy azonban a vörösrézdus lamellákat nem látjuk, ez arra vezethető vissza, hogy a kívált lamellák azonnal egyesültek az aránylag igen nagy tömegű és kis távolságban levő és velük azonos összetételű szemcsékkel.

Ilyen a diffúzió, ha a hőmérséklet valamivel az eutektikai felett van.

Hátra van most annak a vizsgálat, hogy milyenek a jelenségek akkor, ha a hőmérséklet kisebb az eutektikuménál, tehát ha az anyag szilárd.

Az összeforrasztott daraboknak levegőn való hevítése esetén néhány órán belül nagymértékű diffúzió nem mutatkozott.

Hogy a jelenségek rövid idő alatt szembeszökően mutatkoznak, fogással kellett élnem.

Colson²⁵ kimutatta, hogy ha ezüstöt alkalichloridokban hevített, akkor az ezüst átvándorolt a sóba és ott chloriddá alakult, míg a felszabaduló alkalifém a levegő oxigénjével egyesült. Ezt a jelenséget akkor is észlelte, amikor úgy a só, mint az ezüst még szilárd volt.

Ezenkívül ismeretes, hogy ha valamely fémot oly oldatba hozunk, amely valamely nemesebb fémot tartalmaz, akkor a kevésbé nemes fém oldatba megy, a nemesebbik pedig a bemártott darab felszínére lecsapódik. Ezt a jelenséget észleljük, ha vasat pl. rézgálicoldatba mártunk.

Ha tehát az összeforrasztott darabot oly folyékony fürdőben hevítjük, amely konyhasót tartalmaz, akkor az ezüst kis mennyiségben előbb feloldódik a sófürdőben, aztán pedig rácsapódik a vörösrézre. Mivel ez a lecsapódott ezüst molekuláris eloszlású, azért kell, hogy oldhatósága nagy legyen. A kísérletek ezt igazolták.

A sófürdő két súlyrész kalcinált szódából és egy súlyrész konyhasóból állott; ily összetétel mellett a keverék már kb. 620 C°-nál megömlik. A próbadarabok hevítése ebben közvetlenül az eutektikum ömlesztési pontja alatti hőmérsékleten két óráig tartott.

A hevített próbatest vascsőben összenyomott, darabnak tengelyirányú sikkal elválasztott egyik fele volt, tehát az egyik oldalon sikk által határolt félforgástest.

Ha a darab sikk felszínét hevítés után csiszoltuk, fényesítettük és ammoniákos rézammóniumchloriddal marattuk, akkor a 11. ábrán látható képet kaptuk. Megjegyzendő, hogy a darabot a vascsőben gyantába ágyasztuk. A sötét színű rész az előbbiektől szilárd oldat. A csiszolásnál csak igen vékony — néhány tized milliméternyi — réteget távolítottunk el, úgy hogy a kép az anyag eloszlását közvetlenül a felszín közelében szemlélteti.

Hogy megállapítsuk, milyen mélyen hatolt be az ezüst a vörösrézbe, a próbadarabot a 11. ábra sikkjára merőlegesen ketté vágtuk. Az így nyert két darabot a 12. ábra tárja elénk. A vörösrézmező maratás után különböző árnyalatokat kapott; a széleken

²⁵ A. Colson: Sur la diffusion des solides dans les solides. Comptes rendus. 1881. Vol. 93. 1074. 1.

sötétebb színű sáv húzódik, belül pedig világosabb szívet látható. Ez a különböző koncentrációt jelzi. Az ezüst mentén húzódó fekete sáv a telített szilárd oldat.

A 13. ábrán nagyobb nagyításban a telített szilárd oldatnak megfelelő sávnak a vörösréz felőli szélét látjuk.

A kép alsó részén vörösréz szemcsék ötlenek szemünkbe, a felső részen a szemcséket már ezüst telíti.

Szembeszökő, hogy az utóbbi mezőben vörösrézszerű szemcsék maradványai láthatók, melyek szélei elmosódottak, körülöttük pedig különböző árnyalatu rétegek látszanak, amelyek a koncentráció változására vallanak.

Megjegyzendő, hogy a szilárd oldat szemcséi között levő zárodmányok tisztatlanságok (foszfidok), melyek az ezüst oldódása alkalmával kiváltak. Ezekre kérdésünk szempontjából nem kell figyelemmel lennünk.²⁶

Hasonló jelenségek mutatkoznak más fémeknél is. Így, ha ömlesztett ólomba öntünk dobunk és gyors lehűtéssel az ón teljes megömlését megakadályozzuk, akkor a két fém csak az érintkezés helye közelében ötvöződik egymással. A 14. ábra szemlélteti a megfelelő strukturát; az ónnak az ólom felőli szemcsehatárai mint vastag, sötét vonalak mutatkoznak, melyek szintén arra vallanak, hogy az ólom a szemcsehatárok mentén hatolt be az ónba.

Joggal feltehető a fentiek alapján, hogy szilárd állapotban a szemcsehatárok mentén vándorol az egyik anyag a másikba és a szemcsehatárokból diffundál az egyes szemcsék belsejébe. Tehát a szemcsehatárok az oldási jelenségek szempontjából is különlegesen viselkednek.

Egy okkal több, hogy a szemcsék között véges vastagságú átmeneti réteget tételezzünk fel. Hogy ennek molekuláris szerkezetét milyennek képzeljük, az tulajdonképpen csak másodrendű jelentőséggel bír; nézetem szerint teljesen megfelelő hipotézis a Rejtő-féle, mert nem teszi szükségessé az amorf-állapotú fém valószínűtlen létezésének feltételezését és mert az eddig ismert jelenségekkel összhangban van. A kapcsolócsoportok a szemcsékhez képest igen kicsinyek és ezért oldhatóságuk nagyobb; olyanforma

²⁶ A vörösréz igen kevés foszfort tartalmazott. P < 0,175 %.

a viszony; a kettő között, mint valamely só finom pora és nagy kristályai között.²⁷

A diffúzió-jelenségek tanulmányozása, mint láttuk, fontos eredményekre vezetett a fémek belső szerkezetének megismerése szempontjából, de ezek az eredmények csak kis lépéssel vittek közelebb a végső célhoz; a jelenségek végső okának felderítésétől még messze vagyunk és mondhatjuk, hogy ehhez aszimptotikusán közelünk, mert teljesen sohasem fogjuk elérni.

A megismerés határát tulajdonképpen a rendelkezésünkre álló vizsgálati eszközök szabják meg. De aki a fémek belső szerkezetével és főleg az ebben jelentkező változásokkal foglalkozik, aki pl. a melegkezelés régebben titokzatosnak tekintett sokféle hatását észleli, az nem elégszik meg az anyag részekre való osztásának a tökéletlen eszközök megszabta határával, hanem képzeletben tovább megy: a mikroszkópban még észlelhető szemcséken belül kristályelemeket, ezek alkotóelemeiként pedig molekulákat képzel.

Sok vita esett arról, vajjon ez az egyébként manapság a metallográfiában általánosnak mondható eljárás helyes-e.

G. Kirchhoff szerint a fizika feladata pusztán a jelenségek szabatos leírásában áll és sokan ebből az álláspontból kiindulva a molekulák létezésének feltételezését felesleges hipotézisnek tekintik, amely elkerülhető volna.

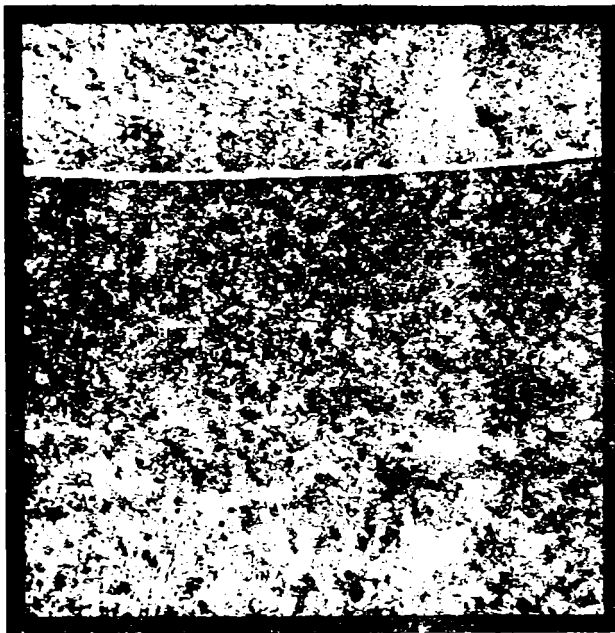
Ha azonban az a célunk, hogy a jelenségeket segédmagyarázatok nélkül, lehetőleg kevés fogalom segítségével írjuk le, illetőleg közöljük másokkal, akkor a fémötvözetek tanulmányozásakor szükségképpen a molekula fogalmához kell nyulnunk. Ez olyan szolgálatokat tesz itt, mint pl. a fényjelenségeknél az éter feltételezése. A végső cél: a tudomány ökonomiájának a fokozása.

*

Az ismertetett kísérleteket Rejtő Sándor műegyetemi tanár úr szives engedélyével a kir. József műegyetem mechanikai technológiai laboratóriumában végeztem. A hathatós támogatásért neki e helyütt is hálás köszönetet mondok.

²⁷ Ez értekezés nyomása alatt jutott kezembe M. Schwarz »Metallographische Studien« c. tanulmánya (Int. Zeitschr. f. Met. 1915.), melyben szintén említve van a szemcsehatások mentén való diffúzióknak egy esete.

4. ábra. Le Chatelier eljárása szerint készített vörösréz-ön próbatest képe az érintkezés helyén. A közérzen huzódó fehér sáv a Cu_3Sn vegyület. 200 \times .



4. ábra.

5. ábra. Ugyanaz a próbatest, mint a 4. ábrán, 200 C $^\circ$ -on való 200 órai hevítés után. Az aló rész kevés önt tartalmazó vörösréz. 200 \times .

8. ábra. Az eutektikai hőmérsékleten hevített darabból készített nyomótest nyomás után. 1,6 \times .

9. ábra. Az eutektikai hőmérsékletre levített darab mikroszkópi képe az ezüst és vörösréz érintkezési helyén. 100 \times .



9. ábra.

10. ábra. Az ezüst difúziója a vörösrézbe az eutektikai hőmérséklet felett. 300 \times .

11. ábra. Az eutektikai hőmérséklet feletti sófürdőben hevített próbatest ciszlezés és ammóniákos réz-ammonium-Cl oldallal való tisztítás után. A próbatest vascsőbe gyártva van ágcázva. A világos mező az ezüst. A vörösrégen látható sötét rész a szilárdított. 1,6 \times .



5. ábra.

12. ábra. A 11. ábrán látható darab metszete. A vörösréznek az ezüst mellett a vörösrézben látható fekete sáv az ezüst eltelten szilárdított. A vörösréz közepén a világos színtbe az ezüst még nem telített. 1,6 \times .

13. ábra. A 12. ábrán látható fekete sávnak vörösréz feléi szélé. 200 \times .

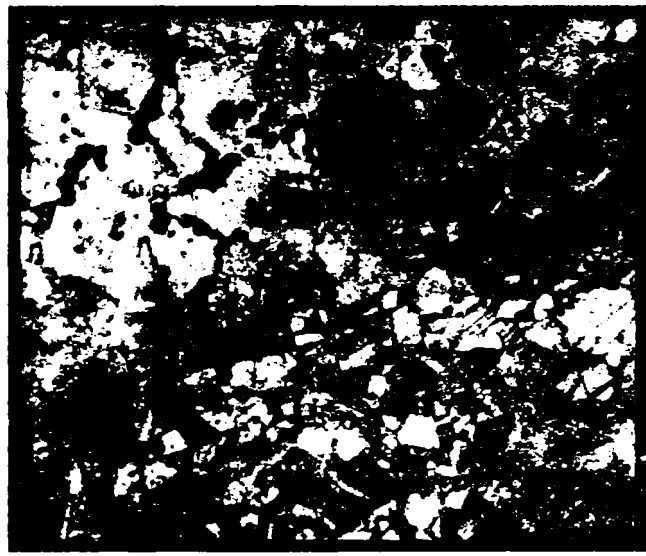
14. ábra. Ag difúziója szilárd ónba. 75 \times .



10. ábra.



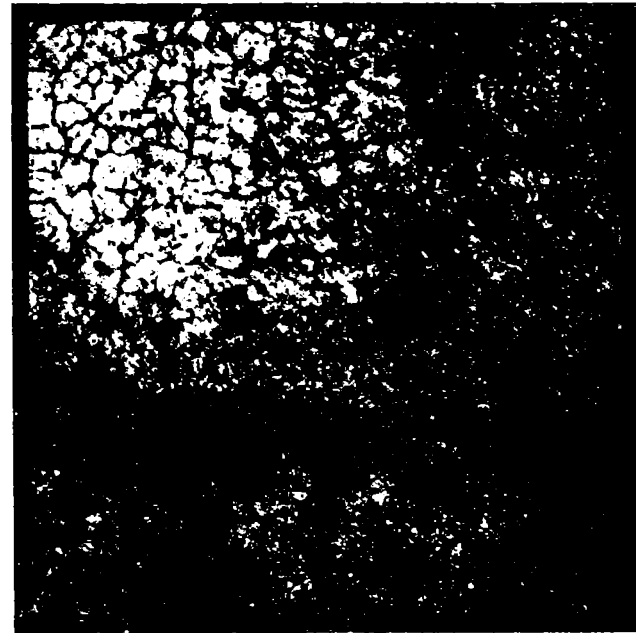
8. ábra.



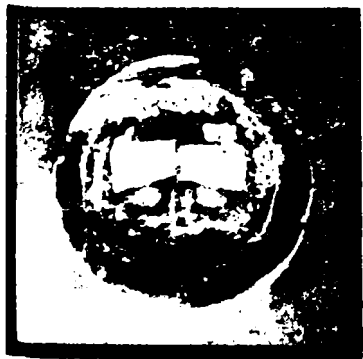
13. ábra.



11. ábra.



14. ábra.



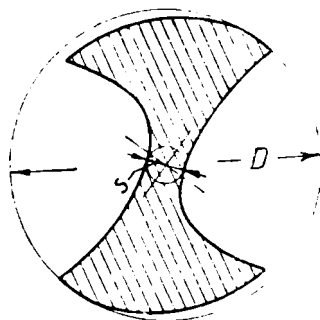
12. ábra.

A spirálfúró szilárdsági problémája.

DR. MIKLÓSI KORNÉL-tól.

Komplikáltabb geometriai alakkal bíró testek szilárdsági vizsgálata rendszeren igen nagy — néha leküzdhetetlen — nehézségekbe ütközik. Különösen a gépészetben fordulnak elő ily elemek, melyek közé a spirálfúró is tartozik.

A spirálfúró törzsét képzeletben úgy állíthatjuk elő, hogy az 1. ábra szerinti keresztmetszettel, ennek síkjára merőleges és szimetriapontján átmenő tengely körül csavarmozgást végeztetünk, úgy hogy a keresztmetszet minden pontja csavarvonalat írjon le.



1. ábra.

Szerző más alkalommal közlendő technológiai vizsgálatai kapcsán volt kénytelen az e szerszámra vonatkozó szilárdsági kérdésekkel foglalkozni és megfontolásait abban a reményben közli, hogy ezzel a gyakorlatnak szolgálatot tesz.

A fúrás problémájával *Codron*¹⁾ foglalkozott igen behatóan és művében szilárdsági kérdésekre is kitért. Bár az ő kísérletei azért is igen értékesek, mert részben tényleges üzem közben törte el fúróit, arra még sem alkalmasak, hogy belőlük a keresztmetszet jellemző méretei és a törő erőhatások között fennálló valamelyes általános érvényű okozati összefüggés levezethető legyen, melyet a fúrók dimenzionálásánál is értékesíteni lehetne.

Bár ezt a hiányt szerző sem tudja teljesen pótolni, mégis reméli, hogy a jelen tanulmány által sikerülni fog a kérdés leglényegesebb részét tisztázni.

Valamely elég hosszú fúró kihajlásra és csavarásra van igénybevéve. Ami a *kihajlást* illeti, a megfelelő törőerő tudvalevőleg az *Euler*-féle képlettel számítható, ha ismerjük a fúró szabad hosszát, a keresztmetszet legkisebb aequatoriális inercia nyomatékát és az

¹⁾ *Codron*, Exp. sur le travail des machines-outils pour les métaux. Paris, 1906.

anyag rugalmassági modulusát. Nem követünk el nagy hibát, ha eltekintünk a fúró csavarodott alakjától, azt tehát prizmatikus rúd-ként kezeljük. *Codron* a kihajlásra vonatkozólag kísérleteket végzett és a teljesség kedvéért az I. táblázatban közöljük az ő eredményeit, amelyek a gyakorlat szempontjából érdekesek, de annyiban hiányosak, hogy ő nem adja meg a keresztmetszet pontos alakját.

I. táblázat. Codron kísérleti eredményei.

A fúró átmérője	Szabad hosszúság	Törőerő
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>
12	100	1050
15	145	4550
16	95	4800
21	140	8200

A *csavarás* problémája csak kör és ellipszis keresztmetszetre van oly alakban megoldva, mely egyrészt elég egyszerű, hogy a gyakorlatban alkalmazható legyen és amely másrészt a *de Saint-Venant*-féle matematikai megoldással összhangban van. A négyszögkeresztmetszetű rudakra vonatkozó megoldás már csak közelítőnek tekinthető, mely nem az elméleti rugalmasságtan differenciálegyenleteiből van levezetve.¹⁾

Tetszőleges alakú keresztmetszetről a rugalmasságtan szokásos megfontolásai cserben hagynak és ekkor csak bizonyos hasonlatok segítségével alkothatunk magunknak — inkább csak kvalitatív — fogalmat a fellépő jelenségekről. Ilyen pl. az ú. n. hidrodinamikai hasonlat, mely *Föppl* idézett művében van levezetve és részletesen tárgyalva.

A maradó alakváltozások szempontjából *Rejtő*²⁾ foglalkozott a csavarással.

Szerző a következő gyakorlati fontossággal bíró kérdésre keresett feleletet:

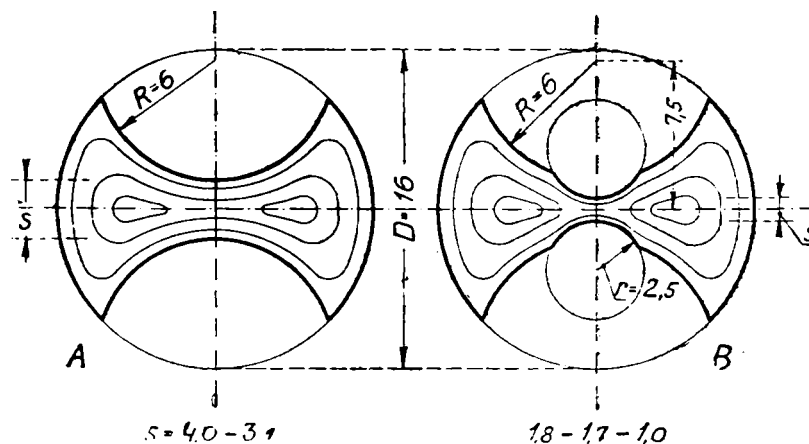
Hogyan befolyásolja az I. ábrán jelzett *s* vastagság a csavarási törőnyomatékokat, ha a keresztmetszet egyéb jellemző méretei csak lényegtelenül változnak?

Szerző oly egyenestengelyű prizmatikus rudakat csavart el, amelyek keresztmetszetei a 2. ábrán vannak megadva. Eltekintettünk tehát egyrészt attól, hogy az I. ábra szerinti valóságos keresztmetszetnek nincs szimmetriatengelye, másrészt, hogy a keresztmetszetek a valóságban csavarszerűen vannak elrendezve. Ezt azért tettük, hogy a kísérleti feltételeket lehetőleg egyszerűsítsük, anélkül azonban, hogy a kitűzött feladat lényegét túlságosan megváltoztatóknak. Egyébként figyelembe veendő, hogy a próbatestek a kísérlet folyamán a 3. ábra szerinti maradó elcsavarodást szenvedték.

¹⁾ *Föppl*, Vorl. über techn. Mechanik. III. Leipzig. 1905. 314. l.

²⁾ *Rejtő*, Az elm. mech. technológiai alapelvei és a fémek technológiája. II. Budapest. 1918. 166. l.

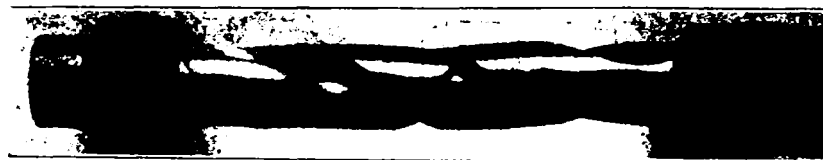
A 2. A ábra szerinti kivitelnél két oly hornyot martunk a kb. 16 mm átmérőjű hengeres testbe, melyek a keresztmetszetben 6 mm sugarú körívek által voltak határolva; az ily módon készült próbatestek egyikénél az s méret 4,0 mm-rel, a másikonál 3,1 mm-rel volt egyenlő. A 2. B ábra szerint további két 2,5 mm. sugarú horony bemarása által csökkentettük az s vastagságot, úgy hogy



2. ábra.

ennek értéke 1,8—1,7 és 1,0 mm-t tett ki. A kísérleti daraboknak a négyzetleges fejek között mért hosszúsága 100 mm volt.

A spirálfúrók anyaga edzett szerszámacél. Mivel azonban az egyes próbatestek azonos edzése igen nagy nehézségekbe ütközött volna, sőt mert a legnagyobb körültekintés mellett sem biztosíthattuk volna, hogy az anyag belső szerkezete minden darabnál azonos legyen, célszerűbbnek látszott szerkezeti célokra szánt *k* lügyített acélanyaggal dolgozni.



3. ábra.

A felhasznált anyagot a következő minőségi adatok jellemzik:

Folyási határ	p_f	=	33,8—36,0	kg/mm^2
Maximális keménység	p_e	=	75,0—77,3	"
Egyenletes nyúlás	λ_e	=	11,2—12,6	%
Szívóssági munka	m	=	7050—8050	$mkg \cdot dm^3$
Képlékenységi fok	k	=	0,65—0,81	--

A kémiai analízis szerint $C=0.50$, $Mn=0.71$, $Si=0.08$,
 $P=0.06$, $S=0.04$, $Cu=0.24\%$ volt.

A kísérleteket a műegyetem mechanikai laboratóriumának rajzoló-
 készülékkel ellátott *Amster-Laffon*-féle csavarógépén végeztem.

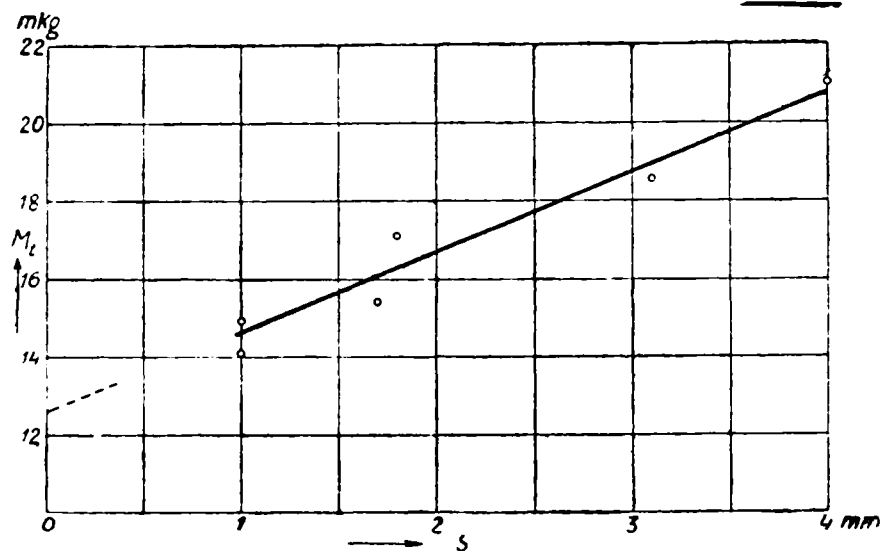
II. táblázat. A csavaró kísérletek eredményei.

Szabad hosszúság: kb. 100 mm.

Keresztmetszet alakja ¹	Átmérő mm	s mm	Törőnyomaték mkg
A	15.81	4.0	21.0
A	15.85	3.1	18.5
B	15.85	1.8	17.1
B	15.83	1.7	15.4
B	15.85	1.0	14.9
B	15.83	1.0	14.1

¹ 2. ábra.

Az eredmény a II. táblázatban van összefoglalva. Hogy az s
 méretnek a befolyását szemléltethetővé tegyük, ezt a 4. ábrában



4. ábra.

abszcisszaként vittük fel, míg ordinátául az M_t törőnyomaték
 értékei szolgáltak. Ez ábra oly összefüggésre mutat, mely nagy-
 jában az

$$M_t = M_0 + \alpha s$$

egyenlet által kifejezett egyenesnek felel meg. Hangsúlyozzuk,
 hogy ez összefüggés csak első közelítésnek tekinthető, amely
 azonban a gyakorlati célnak teljesen megfelel.

Kísérleteinknél $M_0 = 12.6 \text{ mkg}$, $\alpha = 2.05 \text{ mkg/mm}$ volt, miként ez a 4. ábrából következik.

Mint látjuk, a törőnyomaték az s vastagsággal aránylag lassan növekszik; $s = 2 \text{ mm}$ környezetében pl. s 10%-os változásának M_t 2.5%-os változása felel meg, miként az az előbbi egyenletből levezethető

$$\frac{\Delta M_t}{M_t} = \frac{\alpha s}{M_0 + \alpha s} \cdot \frac{\Delta s}{s}$$

összefüggésből következik.

Az s méretnek tehát távolról sincs oly nagy befolyása a törőnyomatéokra, mint valamely lapos négyszögkeresztmetszetű rúd v vastagságának, mely utóbbival a törőnyomaték az $M_t = k v^2$ egyenlet szerint négyzetesen változik.

A spirálfúró esetében tehát lehetséges s -t bizonyos határon belül csökkenteni, anélkül, hogy ez lényegesen a szilárdság rovására esnék. Ez akkor bír jelentőséggel, ha a fúró megfelelő alakítása által sikerül a fúráskor kifejtendő forgató nyomatékot is kisebbíteni.

Az s méretnek a 2. B ábra szerinti csökkentése az aequatoriális inercianyomatékokat is csak igen kevésbé befolyásolja és így a kihajlási veszélyt sem növeli számbavehetően.

A fenti kísérleti eredményhez érdekes elméleti megfontolások is fűzhetők; ezekre alkalmilag visszatérünk.

Köszönettel tartozom *Rejtő Sándor* és *Dr. Bresztovszky Béla* műegyetemi tanár uraknak azért, hogy a kísérletek végzését szíves engedelmükkel lehetővé tették.

KÖNYVEK. — FOLYÓIRATOK.

Az elméleti mechanikai technológia alapelvei és a fémek technológiája. Második kötet. Budapest, 1919. Irta: *Rejtő Sándor*.

Lapunk lezárásának idejében jelent meg *Rejtő Sándor* műegyetemi tanár nagyszabású elméleti mechanikai technológiájának *második kötete*,*) mely oly nagy anyagot ölel fel, hogy annak beható méltatására ezúttal nem terjeszkedhetünk ki.

Itt csak jelezni óhajtjuk, hogy míg az első kötet a melegségnek szilárd anyagok mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatását tárgyalta, a második kötet a külső erők hatásával foglalkozik. A mű gazdag tartalmának vázlata a következő:

*) Az első kötetet, mely 1915-ben jelent meg, az 1916-iki évfolyamunkban (92. old.) ösmertettük.

Az általános rész a maradó alakváltozások mechanikáját tartalmazza a következő főfejezetekkel:

I. Az alakváltozások fizikai okai.

Előbb a tér egy irányában működő, folytonosan növekedő, egyenletesen elosztott, lassan ható erőket, vagyis a húzást és a nyomást tárgyalja, ezután áttér a tér két irányában, majd a három irányban ható, egyenletesen elosztott erőkre.

II. A maradó alakváltozások kísérleti megállapítása s azoknak a feszültségekkel való összefüggése.

Itt is előbb a tér egy irányában működő egyenletesen elosztott erőkkel foglalkozik és pedig külön tárgyalja a folytonosan növekedő, lassan ható erőket és a megszakítással működő, lassan ható erőket. Ezután kitér az alakváltozások minőségének mikroszkóppal való meghatározására.

A tér több irányában működő, lassan ható erők tárgyalását két fejezetre osztja, ú. m.:

a) a módosított nyomás,

b) a tér több irányában ható aktiv erők.

Ezután a nagysebességű erőkkel és a tér három irányában ható nyomóerőknek hegesztő hatásával foglalkozik, végül a szilárd anyagok alakváltozásánál megoldandó feladatokat csoportosítja.

Az alkalmazott rész az előző fejezetekben nyert általános eredményeknek gyakorlati problémákra való alkalmazását tartalmazza a következő főfejezetekkel.

I. Alakítás a tömegek egységes voltának fenntartása mellett. Külön tárgyalja a vasötvözetekre vonatkozólag az anyag nyújthatóságán alapuló alakítást, valamint a hajlítást és a csavarást. Ezután pedig egyéb fémek alakításával foglalkozik.

II. Alakítás a test tömegének több részre való osztásával. Itt megkülönbözteti a szabályos alakítást, ú. m. a darabolást és a forgácsolást, továbbá a szabálytalan darabolást.

III. Alakítás több test tömegének összekapcsolásával: a kohéziós, az adhéziós és a foglalatossági kapcsolás módjai.

Az egész művön végigvonuló önálló felfogás, valamint az eredeti kísérletek gazdag anyaga a magyar szakirodalom úttörő munkájává avatják e könyvet, mely úgy az elméleti alapon álló kutatóknak, mint a műhelyek gyakorlati mérnökeinek sok értékeset és újat nyújt.



A téglafajtákra vonatkozó minőségi követelmények (Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Mauerziegeln. Tonindustrie Zeitung 1918. évf. 142. sz. 690. old.). A porosz közmunka-minisztériumban javaslatot dolgoztak ki az agyagtéglafajták osztályzásáról és az egyes fajtákra mértékadó minőségi követelményekről.

Az *osztályozás* a szilárdság alapján történik, s a következő fajtákat különböztetik meg: a) Klinker, b) Hartbrandsteine, c) Mauerziegel I. Klasse, d) Mauerziegel II. Klasse. E négy fajtának a nálunk kialakult nomenklatura szerint a következő kategóriák felelnek meg:

sűrű, a púpok szokatlanul nagyok, sőt helyenkint meglepő magasságúak és egyenkint is nagy terjedelműek.

Ezzel a tárgyi összefüggés az öntött aszfalt járdalemez deformálódása és az alatta fekvő bitumenes beton mennyisége, vastagsága között, kétséget kizáróan szintén kiderült.

E felderített összefüggés okszerű magyarázatát kutatva, át kellett gondolni az összeépített anyagok fizikai tulajdonságainak kölcsönhatását azokkal a fizikai állapotváltozásokkal kapcsolatban, amelyek közé ez az útszerkezet az idők folyamán az időjárás változása, különösen a hőmérséklet lényeges ingadozása folytán a helyszínén kerül.

A felfedezett nyomon haladva, további helyes tájékoztatót nyerendő, gyémántfűrészszel átvágattuk a rendelkezésünkre álló gyalogútdarabokat, részint a zórévasak tetejének irányában a legvékonyabb bitumen-betonalap hosszában, részint a legvastagabb betonlapok vonalán, a zórévasak között.

E két vágást a zórévasak fekvésével párhuzamosan végeztettük, több metszetet pedig a zórévasak fekvéséhez viszonyítva ferdén készítettünk, úgy hogy a vágás lehetőleg sok hólyagot találjon. E metszetek képeit a *11—15. számú fényképek* láttatják.

E metszeteken világosan látható az, hogy Széchenyi-Lánchíd gyalogjárójának aszfaltburkolata két különböző minőségű, különböző összetételű öntöttaszfaltrétegből készült.

Az alsó, a sötétebb és kavicsszemekben feltűnően szegényebb, a metszeteken mérve átlag *1 cm* vastag és a felső, a világosabb, a kavicsszemekben gazdagabb, a metszeteken mérve átlag *2 cm* vastag.

Látható továbbá az, hogy a hólyagok kivétel nélkül mind közvetlenül a felső réteg alatt keletkeztek s hogy e felső réteget emeli fel, vagy emelte fel valamiféle felhajtó erő.

Az alsó sötét réteg a hólyag képződése közben széjjelvált. Részenben a képződött üregek boltozatát képező felső réteg alsó felületéhez ragadt, részben pedig az üregek alján a bitumenes beton-alap felső felületéhez tapadt. Különösen jól látható ez a *15. számú fényképen*. E széjjelválás alatt ez az alsó aszfaltréteg nyúlós foszlányokra bomlott.

A metszeteken látható végre még az is, hogy a bitumenes beton a felbontáskor már olyan tömör volt, aminő tömören az eredetileg nem készült. A járda alapjait eredetileg nem nagyon tömöríthették, csak addig, amíg a zúzott tuffakavicsszemek egymásra való támaszkodása bekövetkezett, nehogy a gyenge és porózus riolittuffaszemek a tömörítés dinamikus hatása alatt összezúzódjanak. A tömörségnek e fokát a *3. számú fényképen* látható laza, üreges szövetű bitumenbeton jellemzi.

A Széchenyi-Lánchíd gyalogjáróinak aszfaltburkolata az erre vonatkozó előírásoktól eltérően, nem egy egyetlen *2 cm* vastag

rétegből készült, hanem egy felső 2 *cm* és egy alsó átlag 1 *cm* vastag rétegből. Az alsó átlag 1 *cm* vastag réteg a bitumen-beton-alap felületének kiegyenlítő és kiegyengető rétegül szolgált és ezért összetétele bitumenben dúsabb és kavicsban szegényebb. Ez a keverék azonos hőfokra hevítve, plasztikusabb, könnyebben



11. ábra.



12. ábra.



13. ábra.



14. ábra.



15. ábra.

széttéríthető, az egyenetlenségekbe jobban behatoló, mint a rendszeren használatos öntött aszfalt.

A plasztikusabb, vagyis azonos hőfok mellett lágyabb öntött aszfaltanyaghoz, keverés közben nehéz ásványolajban dúsabb bitumen, úgynevezett goudron is több kerül, nevezetesen 1—2%

helyett 3—5% s hogy ez itt tényleg megtörtént, azt e plasztikusabb réteg alacsony olvadás és fellágyulás hőfoka igazolja.

A fizikai vizsgálatok beigazolták azt, hogy amíg az alsó sötétebb öntött aszfalt már 30—40° C.-ig átmelegítve fellágyul és 50° C.-nál már kenyértészta módjára nyúlik, addig a felső, a világosabb réteg még 50° C.-nál is csak a nehezen idomíthatóságig válik plasztikussá.

Mindezekhez hozzásoroljuk még a charlottenburgi speciálisan aszfaltvizsgálatokat végző laboratórium általános érdekű vizsgálatainak eredményeit. Ezeket Brettschneider, 1914-ben közzétett előadása hozta nyilvánosságra. Ezek szerint a nap sugárzó melegének kitett aszfaltok felmelegedése, nem a sugárzásnak kitett felületen a legnagyobb, hanem az alatt mintegy 25 mm mélységben. Továbbá: Németországban, ahol a nyári maximális hőmérséklet a 32—33° C.-t túl nem haladja, az aszfaltnak inszoláció folytáni felmelegedése a felülettől mért 25 mm mélységben 45 és 50° C. között ingadozik.

Ha ezekből hazai, speciálisan a Széchenyi-Lánchíd klimatikus viszonyaira vonunk következtetést, úgy megállapíthatjuk, hogy nálunk, ahol a nyári napok hőmérsékletének maximuma a 33° C.-t általában meghaladja, olyan helyen, ahol az aszfalt felülete verőfényes napon az inszolációnak teljesen ki van téve, mint a Széchenyi-Lánchídon, a felület alatti mintegy 25 mm mélységben 50° C.-t is meghaladó 53—55° C.-ig emelkedő felmelegedés is bekövetkezhetik.

A metszetek lehetővé tették még annak a már említett ténynek a megállapítását is, hogy a járda felső rétege nem 1 cm, hanem 2 cm vastag s így a kisímitó alsó réteg közepe éppen az inszoláció okozta felmelegítés kritikus mélységében fekszik.

Eme megállapításokból a púpképződésnek, a levegővel telt hólyagok fejlődésének következő megokolt magyarázatára jutunk:

A gyalogútépítmény anyagai a meleg napok nappali óráiban, különösen akkor, amikor a nap sugárzó melegének hatása alatt állanak, lényegesen átmelegszenek, amit a bitumen melegfelvő képessége is elősegít.

A felmelegedés folytán az útépítmény kötőanyaga, a bitumen, fellágyul s ez a laza bitumenbeton plaszticitását okozza, ami azután a bitumennel bevont zúzott kavicszemek relatív elmozdulását az alapokban lehetővé teszi és elősegíti.

A láncokon függő hídszerkezet rugalmassága pedig a forgalom dinamikus hatásaitól az egész úttestet egész napon át folytonos vibrálásban tartja, állandóan remegteti.

E remegésnek az egész napon át tartó, tehát állandónak jelezhető összerázó hatása alatt, a felmelegedett és fellágyult bitumennel burkolt kavicszemek a zórévasak képezte vályukba szorulnak. Annak lefelé keskenyedő alakja miatt mindjobban tömörülnek.

Tömörülés közben a bitumennel burkolt kavicszemek közötti ürből a levegőt mindjobban kiszorítják.

Amint a tömörülés, amely a legintenzívebben a bitumenbeton legalsó rétegén jelentkezik legelőször, annyira előre halad, hogy a kavicszemeket burkoló bitumenek összefüggő zárt üregeket képeznek, akkor a további tömörülés már a kavicszemek közé zárt levegő összenyomásával jár.

Az összenyomott levegő feszültsége a zárt üreg falára mindenütt egyenlő intenzitású nyomást gyakorol s ott töri át az ür falát, ahol az a legkevesbbé ellentálló, ahol ez a leggyöngébb.

Az inszoláció folytán a bitumen felmelegedése a napsütötte felülethez közeledve, nagyobbodik. Ezzel arányban nő a nyomott levegőt körülzáró üreg bitumenfalának lágyága, azaz: apad az ellentálló képessége. Ennélfogva az ilyen módon tömörülő kavicszemek közé szorult levegő a legkönnyebben felfelé fog magának utat törhetni, annál inkább, miután a tömörülés folyamata alatt a felsőbb betonrétegek mindig lazábbak a mélyebben fekvőknél.

Ilyen módon a beton likacsába záruló levegő túlnyomó része a tömörülés folytán mindinkább felfelé szorul és a légzáró öntött-aszfaltrétegekig kerül.

A gyalogjárdák öntöttaszfalt burkolatának rétegei a felmelegedés idejében lényegesen fel vannak lágyulva, az alsó réteg pedig, amely a felszíntől átlag 25 mm mélységben fekszik, intenzív inszoláció hatása alatt a kenyértészta lágyágát éri el.

A felnyomuló levegő, amelynek a tömörülés okozta feszültsége is van, a fellágyult anyagba jut. Ezt lehetővé teszi a legfelsőbb felmelegedett aszfaltréteg idomíthatósága azzal, hogy a közvetlen alája került levegő feszítő erejének engedve, feldudorodik.

Ha ez a folyamat huzamosabb ideig tart, például kora tavasztól késő őszig, az egész nyáron át, akkor ennek gyakori ismétlődésével a legfelső burkoló réteg alá ezen az úton tetemes mennyiségű levegő kerül, ami azután a járókelők lépteinek súlya alatt gyúródó alsó rétegben ide-oda hajtva, egyes pontokon összegyülemlik és a felső rétegnek szemmel látható és a járás-kelest kellemetlenné tevő felpúposodásait eredményezi.

Ez a magyarázat kielégíti és megokolja az előrebocsátott megfigyeléseket, mert:

1. Megokolja azt, miért képződtek a Széchenyi-Lánchíd aszfaltjárdáin e felhólyagosodások és miért nem a nem tömöríthető portlandcementbetonon fekvő városi aszfaltjárdákon. Épp így miért nem a pillérek körüli szintén tömöríthetetlen cementbetonon nyugvó aszfaltrészeken.

2. Megokolja és kimagyarázza azt, miért képződnek e púpok különösen a zórévasak között, ott, ahol a bitumenbeton vastag és miért kevésbbé ott, ahol ez vékony.

Ahol az alapbeton vékony, ott az nem is tömörülhet lényegesen. Ott bitumenburokba zárt levegő is ritkábban képződhetik.

Az átfűrészelt járdarészekon mérve az eredetileg 3 cm-es beton vastagsága alig apadt. A zórévasak közötti eredetileg 8 cm vastag alapok teste azonban ma már csak 6 és 6^{1/2} cm.

3. Megmagyarázza azt a különösnek talált jelenséget is, hogy miért oly feltűnően sűrű e púpkepződés éppen csak a Széchenyi-Lánchíd aszfaltburkolatán?

A vizsgálatokból kiderült megokolás szerint ez azért van így, mert a hólyag- és púpkepződésekre máshol a helyi körülményekből és a környezet rendeltetéséből származó viszonyok erre sehol sem oly kedvezők, mint éppen itt, ahol a híd rugalmas vibrálása, az úttest felmelegedése, az inszoláció és az összeépített bitumenes anyagok tulajdonságai mind a legkedvezőbbben halmozódnak az útfelület e káros elváltoztatására.

4. Megmagyarázza végre azt is, hogy miért nem vált észrevehetővé ez az első tél folyamán, hanem csak a nyári nagy melegek után? Miért szünetelt a második tél folyamán és miért terjedt és fejlődött ez a második nyár meleg hónapja alatt tovább?

Hogy télen stagnál az efajta elváltozás folyamata, azt a bitumennek az a tulajdonsága magyarázza, hogy hidegben, nevezetesen: $\pm 10^{\circ}$ C. alatt a bitumen már kemény és a hőmérsék alászállásával arányban mindinkább merevedik. Ily állapotban nem plasztikus és ezért ily hőfok mellett sem a bitumenbeton nem tömörülhet, sem az öntött aszfalt nem idomulhat.

Mindezekből a megállapításokból arra lehet következtetni, hogy az eddig közölt kutatások eredményeire alapított magyarázatok az aszfaltjárdán tapasztalt elváltozásokat megokoltan világítják meg. Azonban tovább gondolkozva, csakhamar reá kellett jönnünk arra, hogy ez csak látszólagosan ad minden jelenségre felvilágosítást és megnyugtató magyarázatot, mert felvethetők még más olyan kérdések is, amelyek első pillanatra a már előadott megokolások megingatására alkalmasaknak látszanak.

Három ilyen természetű kérdéssel kell még megküzdeni. Ezek a következők:

1. Az Erzsébet-híd gyalogútjai a Széchenyi-Lánchíd gyalogútjaival szerkezetre és anyagra majdnem teljesen azonosak. Ott is a zórévasak közé helyezett bitumenbetonon nyugszik a 2 cm vastag öntöttaszfaltlemez. Miért nem volt azon púpkepződés tapasztalható, amikor a helyi viszonyok, a felmelegedés lehetősége és az inszoláció szakasztotta ugyanaz, mint a Széchenyi-Lánchídon?

2. Ha a már előadott magyarázat és megokolás a hólyagkepződés és a púpfejlődés priuszának el is fogadható, úgy mégsem ad megnyugtató megoldást arra a kérdésre, hogy hogyan gyűlhet össze a likacsos beton tömörüléséből helyenkint másfél liter levegő, amikor ilyen helyeken nem egy, hanem rendszeren egymás mellett

sok nagy púp található, amelyeknek összes levegőtartalma annyi, hogy az már nem bír a valószínűség alapos látszatával, hogy mindez a levegőmennyiség csupán a még ma is porózus, tehát a még ma is likacsos bitumenbeton tömörüléséből eredt légyen?

3. Budapesten portlandcementbetonra helyezett másöntöttaszfaltburkolaton is vannak púposodások több helyen. Nevezetesen a Szabadság-téren az Osztrák-Magyar Bank palotája előtti járdán csoportosan. Ezek is eléggé feltűnők, de a járás-kelest még nem nagyon zavarók. Már pedig itt az iménti magyarázat kiindulását képező, a felmelegedéssel fokozatosan plasztikussá váló bitumen-alap nincsen.

Az 1. alatti kérdés válasza csupán az Erzsébet-hídon való figyelmesebb szemfélődést igényli, de különös gondot nem okoz. E járda felületét szemlélve csakhamar megállapítható, hogy ott épp úgy megvannak a hólyag- és púpképződések, csaknem oly feltűnőek és járás-kelest közben nem oly kellemetlenek, mint a Széchenyi-Lánchídon.

Púpképződés tehát az Erzsébet-híd gyalogjárdáin is van s az, hogy a púpok itt nem oly tökéletesek és mintaszerűek, mint a Széchenyi-Lánchídon, az főként annak tudható be, hogy a kiegyenlítő, a melegségre érzékenyebb alsó réteg itt hiányzik s a 2 cm vastag homogén öntött aszfaltréteg keveréke a mi klimatikus viszonyainknak megfelelő kemény anyag. Ez pedig a hólyagóriások fejlődésére nem kedvező, mert felemelése oly nagy erőt igényel, hogy az alatta szoruló levegő más úton, a porózus betonon át szabadulva sok esetben könnyebben kiegyenlíthette a feszültség különbségét.

A 2. alatti még nyílt kérdés megoldását a helyszínen változó hőmérsékletekkel kapcsolatos fizikai jelenségek törvényszerű sorrendjéből származtathatjuk le.

A priuszt elfogadva, gondoljuk el, hogy az első levegőbuborékok már a kiegyenlítő lágyabb, úgynevezett alsóbb, a sötétebb aszfaltrétegbe kerültek, a tulajdonképpeni burkolatot képező legfelső, kevésbé plasztikus réteg alá. Ezt a kezdő állapotot a 13. számú fényképen mint már bekövetkezett tényt szemlélhetjük is.

Ha feltesszük azt, hogy az ilyen hólyaghoz a bitumenes beton további tömörülése folytán levegő többé nem kerül, úgy ez a hólyag mégis — egymásra következő meleg napok esetén — folytonosan növekedni fog az egymásra következő fizikai állapotok természetes sorrendje miatt.

Kísérjük figyelemmel e fizikai állapotváltozásokat például egy forró verőfényes májusi napon.

Kezdjük az előző hűvös éjjelen és példaképpen feltéve egy majdnem deres reggelen. Az éjszaka és a reggel hűvös levegője lehűti ezt a vason nyugvó aránylag vékony gyalogútestet, aminek

