

# BÜTYKÖS MECHANIZMUSOK MÉRETEINEK CSÖKKENTÉSE

RÁKÓCZI FERENC

OPTIKAI ÉS FINOMMECHANIKAI KÖZPONTI KUTATÓ LABORATÓRIUM

[Beérkezett 1960. december 22-én]

A tanulmány a bütykös mechanizmusok, pontosabban a bütyöktárcsák méreteinek csökkentését tárgyalja. A méretcsökkentés lehetőségét három szempontból vizsgálja: az emeltyű mozgáslehetőségének biztosítása, az alámetszés elkerülése, valamint a felületi nyomó-feszültségek hatása szempontjából. Ismerteti a lehető legkisebb méretű bütyöktárcsa belső alapkörének meghatározását az említett szempontok alapján, a gyakorlat szempontjából legfontosabb esetekben.

## I. Bevezetés

Alig találunk az iparban olyan gépet, automatát, melyben ne játszanának fontos szerepet a bütykös mechanizmusok. Bütykös mechanizmusok tervezésére a gépszerkesztésben tehát lépten-nyomon szükség van. A korszerű gépszerkesztés egyik fő törekvése a gép méreteinek és súlyának csökkentése a gazdaságosság növelése érdekében. Célunk tehát azoknak az alapelveknek megismerése, amelyek lehetővé teszik a bütykös mechanizmusok méreteinek csökkentését.

A bütyöknek az a feladata, hogy az emeltyűvel előírt mozgást közöljön, a legfontosabb szempont tehát az emeltyű mozgáslehetőségének biztosítása. Az emeltyűre a bütyökprofilról átadódó erő — a súrlódástól eltekintve — a profil-normális irányába mutat. Az emeltyű vezetékben történő mozgása közben tehát szükségszerűen oldalirányú erő is terheli az emeltyűt, és ennek az oldalirányú erőnek a hatására kedvezőtlen viszonyok között az emeltyű beékelődhet a vezetékébe, vagyis a szerkezet önzáró lesz. Adott kinematikai viszonyok között minél kisebbre tervezzük a bütyöktárcsát, annál nagyobb lesz ez az oldalirányú erő, tehát annál nagyobb lesz az önzárás veszélye.

A mozgásátadás szempontjából vizsgálva a kérdést, elegendően nagy számú időpillanatban felrajzolva az emeltyűnek a bütyökhöz viszonyított helyzetét, a bütyökprofil az emeltyűprofil-sorozat burkológörbéjének tekinthető. Ha a bütyök méreteit csökkentjük, előfordulhat, hogy nem tudunk olyan burkológörbét előállítani, amely az emeltyűt minden előírt helyzetében érintené: alámetszés lép fel. A bütyök tehát nem képes az emeltyűvel az előírt mozgást közölni.

Végül szilárdsági meggondolások is határt szabnak a méretek csökkentésének: ha például kisebb a bütyök, kisebb a profil görbületi sugara, tehát nagyobb lesz a felületen ébredő Hertz-feszültség.

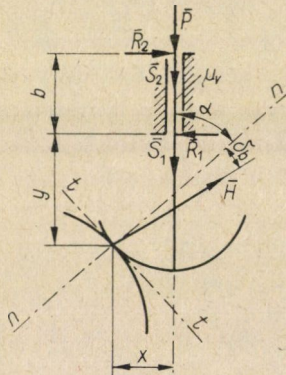
A bütyök minimális külső méreteinek meghatározásához tehát három szempontot kell figyelembe venni. Ezek a következők:

- Az emeltyű mozgáslehetőségének biztosítása;
- az alámetszés elkerülése;
- szilárdsági szempontok.

## II. Az emeltyű mozgáslehetőségének biztosítása

### 1. Az emeltyű erőjátéka

A bütykös mechanizmus mozgása közben az emeltyűre különféle erők hatnak. Kedvező esetben ezen erők hatására az emeltyű szabadon mozoghat, ellenkező esetben viszont befeszül, a szerkezet önzáró lesz. Meg kell tehát határozni azokat a geometriai viszonyokat, amelyek a mechanizmus beékelődését kizárják.



1. ábra

A tetszőleges végződésű, haladó mozgást végző emeltyűre ható erők az 1. ábrán vannak feltüntetve. A bütyök és emeltyű pillanatnyi érintkezési pontja a vezeték középvonalától  $x$ , a vezeték végpontjától  $y$  távolságra van. A profil-normális és az emeltyű mozgásiránya által bezárt  $\alpha$  szöveget *nyomásszögnek* nevezzük. Az emeltyű csúszóvezetékében az erők legkedvezőtlenebb eloszlását tételezzük fel, vagyis a reakcióerők a vezeték két végén koncentráltan hatnak. Amikor az önzáródás bekövetkezik, a bütyök  $P = 0$  külső terhelő erő esetén sem képes már az emeltyűt mozgatni. Ebben az esetben az emeltyű egyensúlyát a 2. ábrán feltüntetett erőábra fejezi ki. Az ábra megszerkesztéséhez



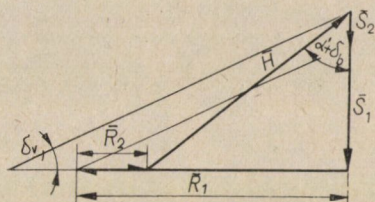
a  $H$  mozgatóerő nagyságát tetszőlegesen vehetjük fel. Mivel tudjuk, hogy

$$\bar{H} + \bar{S}_2 + \bar{S}_1 + \bar{R}_1 + \bar{R}_2 = 0$$

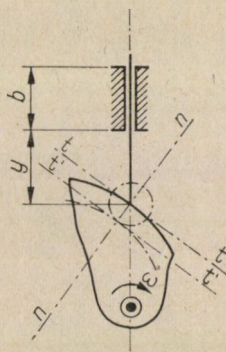
és

$$(S_2 + S_1) = \mu_v(R_2 + R_1),$$

az erőábra megszerkeszthető.



2. ábra



3. ábra

Az erőábra alapján az emeltyű egyensúlyi egyenletei:

$$H \sin(\alpha' + \delta_b) = R_1 - R_2$$

és

$$H \cos(\alpha' + \delta_b) = \mu_v(R_1 + R_2),$$

ahol  $\alpha'$  a nyomásszög a beékelődés határán,  $\mu_v$  a vezetékben fellépő súrlódási tényező,  $\delta_b$  pedig a súrlódási félkúpszög a bütyök felületén:  $\mu_b = \tan \delta_b$ . Innen

$$\tan(\alpha' + \delta_b) = \frac{1}{\mu_v} \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2}.$$

A nyomatékok egyensúlyából

$$R_2(b + y) + (R_1 + R_2)\mu_v x - R_1 y = 0.$$

Behelyettesítés és az egyenlet rendezése után

$$\tan(\alpha' + \delta_b) = \frac{1}{\mu_v} \frac{b + 2\mu_v x}{b + 2y}. \quad (1)$$

Az élben és a görgőben végződő emeltyű mozgása, illetve erőviszonyai elvileg azonos alapon vizsgálhatók. A görgős végződésű emeltyű ugyanis



kinematikailag egyenértékű a görgő középpontjában élben végződő emeltyűvel, melyet a valóságos bütyökprofil helyett az azzal egyenlőközű elméleti bütyökprofil mozgat (3. ábra). Az ábra szerinti elrendezésnél  $x = 0$ . Görgős végződésű emeltyű esetén a bütyökprofil felületén a súrlódás elhanyagolható,  $\mu_b = 0$ .

Görgős végződésű emeltyű esetén tehát a nyomásszög határértéke

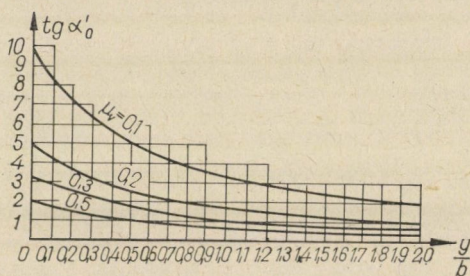
$$\tan \alpha'_0 = \frac{1}{\mu_v} \frac{b}{b + 2y}. \quad (2)$$

A befeszülés határhelyzetében  $\tan \alpha'_0$  értékét a 4. ábrán látható diagram ábrázolja a  $\mu_v$  súrlódási tényező különböző értékeinek megfelelően.

Ha az emeltyű élben végződik, a bütyökfelület súrlódását is figyelembe kell venni.

Mivel

$$\tan(\alpha' + \delta_b) = \frac{\mu_b + \tan \alpha'}{1 - \mu_b \cdot \tan \alpha'},$$



4. ábra

és  $x = 0$ , az (1) egyenletből átrendezés után a nyomásszög határértéke:

$$\tan \alpha' = \frac{\tan \alpha'_0 - \mu_b}{1 + \mu_b \tan \alpha'_0}, \quad (3)$$

ahol  $\tan \alpha'_0$  értéke a (2) egyenletből számítható ki, vagy a 4. ábra diagramjából olvasható le.

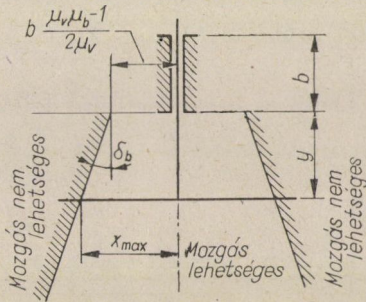
Élben vagy görgőben végződő emeltyű esetén a bütyökprofil tervezésénél tehát arra kell ügyelni, hogy az üzem közben fellépő nyomásszög nagysága ne érje el az előzőekben meghatározott  $\alpha'$  határértéket. A vezetékben mutatkozó súrlódási tényező becslésénél tekintetbe kell venni, hogy az összefüggések levezetésében az emeltyűt merevnek tekintettük. A valóságban az emeltyű rugalmasságától, valamint az emeltyű és a vezeték közötti hézagtól függően a súrlódási tényező értéke 0,25 vagy annál nagyobb is lehet. A tervezésnél arra kell törekedni, hogy az emeltyű túlnyúlása minél kisebb, a vezeték hossza



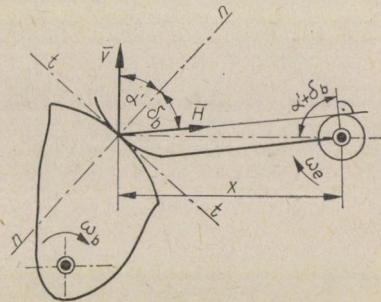
pedig minél nagyobb legyen, a súrlódást jó kenéssel csökkentjük, az emeltyűt pedig a lehető legmerevebbre képezzük ki. Mivel a bütyöktárcsa méreteinek csökkentésével az üzemi nyomásszög növekszik, az emeltyű mozgáslehetőségének biztosítása határt szab a méretek csökkentésének.

Síklap végződésű emeltyű esetén  $\alpha = 0$ . Ezt figyelembe véve, az (1) egyenlethől

$$x_{\max} = \mu_b y + \frac{\mu_v \mu_b - 1}{2\mu_v} b. \quad (4)$$



5. ábra



6. ábra

A geometriai viszonyok az 5. ábrán láthatók. A bütyökprofil tervezésénél tehát arra kell törekedni, hogy a bütyök és emeltyű érintkezési pontja soha ne távolodjon el a vezeték középvonalától  $x_{\max}$  távolsáig, vagyis az ábrán feltüntetett mezőn belül maradjon. Látjuk tehát, hogy síklapvégződésű emeltyű esetén a bütyöktárcsa méreteinek csökkentését nem gátolja az emeltyű mozgáslehetőségének biztosítása.

Ha a tetszőleges végződésű emeltyű lengő mozgást végez, a beékelődés határán az erőviszonyokat a 6. ábra tünteti fel.

A derékszögű háromszögből

$$\tan(\alpha' + \delta_b) = \frac{\sqrt{x^2 - r_{0e}^2}}{r_{0e}},$$

ahol  $r_{0e}$  az emeltyű csapsúrlódási körének a sugara. Rendezve

$$\tan(\alpha' + \delta_b) = \sqrt{\frac{x^2}{r_{0e}^2} - 1}. \quad (5)$$

Ha az emeltyű görgős végződésű,  $x = l$  állandó, a görgő súrlódása általában elhanyagolható, a beékelődés határát jelentő legnagyobb nyomásszög tehát

$$\tan \alpha'_0 = \sqrt{\frac{l^2}{r_{0e}^2} - 1}; \quad (6)$$

vagy a görgő csapsúrlódását is figyelembe véve

$$\tan \alpha'_0 = \sqrt{\frac{l^2}{(r_{0e} + r_{0g})^2} - 1}, \quad (7)$$

ahol  $r_{0g}$  a görgő csapsúrlódási körének sugara.

Élben végződő emeltyű esetén a bütyökprofil súrlódását is figyelembe véve a (3) összefüggéssel számolhatunk, most azonban  $\tan \alpha'_0$  értékét a (6) összefüggésből kell kiszámítani.

Síklapvégződésű emeltyű esetén, ha az emeltyű forgáspontja a felfekvő felülettel egy síkba esik,  $\alpha = 0$ , tehát

$$\mu_b = \sqrt{\frac{x^2}{r_{0e}^2} - 1}.$$

Ebből

$$x_{\min} = r_{0e} \sqrt{\mu_b^2 + 1}. \quad (8)$$

Tervezésnél tehát arra kell ügyelni, hogy a bütyök és az emeltyű érintkezési pontja  $x_{\min}$  távolságnál jobban ne közelítse meg az emeltyű forgáspontját.

A lengő emeltyűre kapott összefüggésekből világosan látható, hogy a beékelődés veszélye lényegesen kisebb, mint a haladó mozgást végző emeltyűnél, mivel  $l$ , illetve  $x_{\min}$  jóval nagyobb, mint  $r_{0e}$ . A gyakorlatban lengő emeltyű esetén a bütyök méreteinek csökkentését az emeltyű mozgáslehetőségének biztosítása nem korlátozza, mivel a méretek csökkentésének már előbb határt szabnak a III. és IV. fejezetben említésre kerülő szempontok.

## 2. Az emeltyű mozgáslehetőségét biztosító, legkisebb méretű bütyök alapsugarának meghatározása

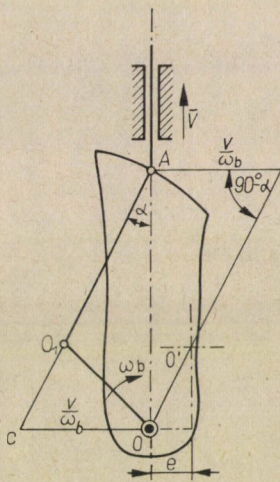
Az 1. pont alapján megállapíthatjuk, hogy ebből a szempontból csupán az élben vagy görgőben végződő, haladó mozgást végző emeltyűvel kapcsolódó bütyöktárcsát kell vizsgálat tárgyává tenni. A bütyök alapkörének nevezzük azt a kört, melyet a bütyöktárcsa forgáspontjából az emeltyű végpontján — illetve a görgő középpontján — keresztül rajzolhatunk abban a helyzetben, amelyben az emeltyű a bütyöktárcsa forgáspontját legjobban megközelíti. Az alapkör sugara a bütyökprofil  $R_0$  alapsugara, feladatunk ennek meghatározása.



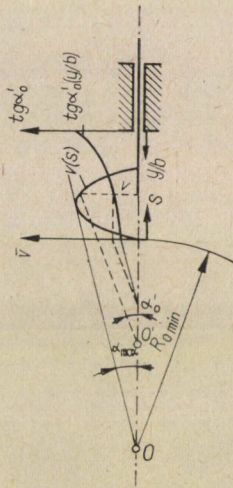
Ha a haladó mozgást végző emeltyű élben vagy görgőben végződik, a bütykös mechanizmussal a vizsgált pillanatban kinematikailag a 7. ábrán feltüntetett forgattyús mechanizmus egyenértékű. Az  $O_1A$  távolság a bütyökprofil görbületi sugara az  $A$  pontban. Ha  $O$  pontból az emeltyű mozgásirányára merőlegest húzunk, és az  $O_1A$  egyenest meghosszabbítjuk, a két egyenes a  $c$  pontban metsződik. Az  $Oc$  távolság  $\omega_b$  léptékben az  $A$  pont, vagyis az emeltyű  $v$  sebességét jelenti, vagyis

$$v = \overline{Oc} \omega_b,$$

ahol  $\omega_b$  a bütyöktárcsa szögsebessége.



7. ábra



8. ábra

Ha tehát az ábra szerint az emeltyű  $A$  végpontjából kiindulva felmérjük a  $v/\omega_b$  távolságot, majd  $e$  távolság végpontjából ( $90^\circ - \alpha$ ) szög alatt hajlított egyenest húzunk, kimetsződik a bütyök forgáspontja úgy, hogy az adott pillanatban a nyomásszög nagysága  $\alpha$  értékű.

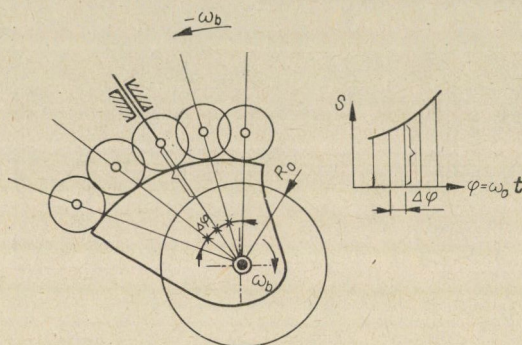
Az emeltyű sebessége és a megengedhető nyomásszög határértékének nagysága — az 1. pont szerint — mozgás közben pontról pontra változik. Ismerni kell tehát az emeltyű sebességét és a nyomásszög határértékét az emeltyű elmozdulásának függvényében.

Az emeltyű mozgásviszonyait — elmozdulását, sebességét és gyorsulását az idő függvényében — már ismertnek tételezzük fel. A szerkesztéshez a sebességelmozdulás diagramra van szükség. Ezt az elmozdulás-idő és sebesség-idő diagramokból az időt kiküszöbölve megszerkeszthetjük.

A nyomásszög megengedhető határértékét az elmozdulás függvényében a 4. ábra alapján felrajzolhatjuk, a súrlódási tényező óvatos becslése után, lásd a 8. ábrán. A 7. ábrán ismertetett szerkesztést ezután az emeltyű több



helyzetében elvégezzük. A legtávolabb eső  $O$  pont lesz a bütyök forgáspontja, e pontból megrajzolhatjuk a bütyökprofil alapkörét. Az ábrán látjuk, hogy a szerkesztés szempontjából mértékadó szakaszon  $\tan \alpha_0$  közelítőleg állandó, tehát megelégedve azzal, hogy a nyomásszög nagysága ne lépjen túl egy biztonságos  $\alpha_{\max}$  értéket, a bütyök forgáspontjának megszerkesztéséhez  $\alpha_{\max}$  szög alatt hajló érintőt húzunk a sebesség-út görbéhez. Az érintőnek és az emeltyű hatásvonalának a metszéspontja kitűzi az alapkör középpontját, tehát megszerkeszthetjük azt a legkisebb méretű bütyöktárcsát, amely az emeltyű mozgáslehetőségét még biztosítja.



9. ábra

Ha a bütyök forgáspontját a 7. ábra szerint jobbra  $e$  távolsággal eltoljuk, a bütyök mérete bizonyos mértékig tovább csökkenthető.

A bütyökprofil szerkesztését a mozgásmegfordítás elve alapján végezhetjük el. Közöljünk az egész mechanizmussal  $+\omega_b$  szögsebességű forgó mozgást. Ekkor a bütyöktárcsa megáll, és az emeltyű kering a bütyök körül  $-\omega_b$  szögsebességgel. Az emeltyűnek a bütyökhöz viszonyított pillanatnyi helyzetét elegendően nagy számú helyzetben felrajzolva, az emeltyű-profil sorozat burkológörbéje lesz a keresett bütyökprofil. A szerkesztés menete a 9. ábrán követhető.

### III. Az alámetszés elkerülése

Mint a bevezetőben és a 9. ábrával kapcsolatban is láttuk, az emeltyűnek a bütyökhöz viszonyított helyzeteit felrajzolva a bütyökprofil az emeltyű-profil sorozat burkológörbéje lesz. Ha a burkológörbe az emeltyűt valamelyik helyzetben nem érinti, akkor alámetszés jelensége lép fel. Ebben az esetben az emeltyű nem az előírt mozgástörvény szerint fog mozogni.

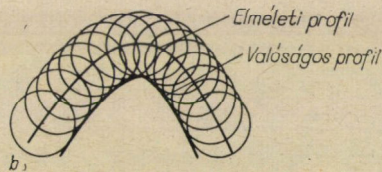
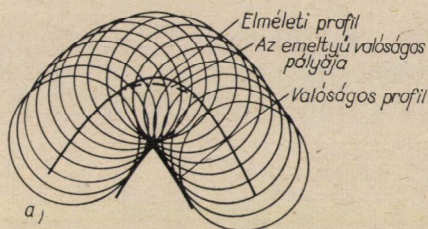
Görgős végződésű emeltyű esetén az alámetszés jelensége a 10a ábrán látható. A görgő középpontjának az elméleti profilon kellene mozogni. A görgő-



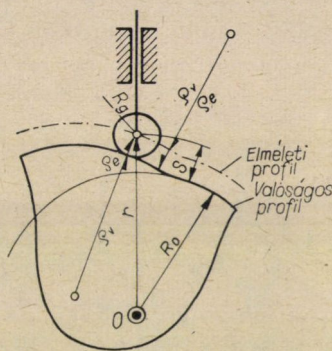
sorozat burkológörbéje a valóságos profil. Látjuk, hogy a valóságban az emeltyű nem követi az elméletileg előírt mozgást, hanem az ábra szerinti pályán mozog. A 10b ábrán látjuk, hogy az alámetszés a görgő sugarának csökkentésével elkerülhető, ennek viszont a IV. pontban ismertetésre kerülő szilárdsági szempontok szabnak határt.

A bütyökprofil görbületi viszonyait a 11. ábra tünteti fel. Az elméleti bütyökprofil görbületi sugara

$$\rho_e = \frac{[r^2 + (dr/d\varphi)^2]^{3/2}}{r^2 + 2(dr/d\varphi)^2 - r(d^2r/d\varphi^2)}$$



10. ábra



11. ábra

Ha  $\rho_e$  értéke pozitívra adódik, akkor a profil domború, ha negatívra, akkor homorú. A 11. ábrából

$$r = R_0 + s$$

Mivel

$$\frac{dr}{d\varphi} = \frac{dr}{dt} \frac{dt}{d\varphi} = \frac{ds}{dt} \frac{dt}{d\varphi} = \frac{v}{\omega_b}$$

és ha  $\omega_b$  állandó

$$\frac{d^2r}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{dt^2} \left(\frac{dt}{d\varphi}\right)^2 = \frac{a}{\omega_b^2}$$

ahol  $v$  az emeltyű sebessége,  $a$  pedig a gyorsulása. Ezekkel az értékekkel

$$\rho_e = \frac{[(R_0 + s)^2 + (v/\omega_b)^2]^{3/2}}{(R_0 + s)^2 + 2(v/\omega_b)^2 - (R_0 + s)a/\omega_b^2} \tag{9}$$



A 11. ábrán láthatjuk azt is, hogy

$$\varrho_e = \varrho_v \pm R_g,$$

ahol  $\varrho_v$  a valóságos profil görbületi sugara,  $R_g$  pedig a görgő sugara.

Mivel  $\varrho_e$  és  $\varrho_v$  előjele a gyakorlatban mindig megegyezik, domború profil esetén

$$\varrho_v = \varrho_e - R_g$$

homorú profil esetén pedig

$$\varrho_v = \varrho_e + R_g.$$

Látjuk, hogy alámetszés szempontjából a profil domború szakasza veszélyes. Ha  $\varrho_v = 0$ , a profil kihegyesedik. Ha  $\varrho_e < R_g$ , a valóságos profil nem állítható elő, alámetszés lép fel. Gyakorlatilag már a profil kihegyesedése sem engedhető meg a fellépő feszültségek miatt. Biztosítani kell tehát, hogy

$$\varrho_e > R_g$$

legyen.

$\varrho_e$  rendszerint ott a legkisebb, ahol a gyorsulás a legnagyobb negatív értékét éri el, a számítást tehát ebben a pontban kell elvégezni. Az  $s$ ,  $v$  és  $a$  összetartozó értékeket az emeltyű út, sebesség és gyorsulás diagramjából leolvashatjuk, és a görgő sugarát felvéve vagy a IV. pontban ismertetésre kerülő elvek szerint megállapítva,  $R_0$  értékét meghatározhatjuk, ill. a 8. ábra szerint szerkesztett minimális értékét ellenőrizhetjük.

Megjegyzendő, hogy a (9) egyenlet olyan haladó mozgást végző emeltyűvel kapcsolódó büttyökprofilra érvényes, melynek hatásvonala átmegy a büttyök forgáspontján. Excentrikus elhelyezésű, haladó mozgást végző emeltyű vagy lengő emeltyű esetében csak közelítő eredményt nyújt, melyet szerkesztéssel célszerű ellenőrizni.

Síklapvégződésű, haladó mozgást végző emeltyű esetén az alámetszés jelensége a 12a ábrán látható. A 2 helyzetben az emeltyű nem érinti a büttyökprofil, tehát az emeltyű nem az előírt mozgástörvények szerint fog mozogni. Ha nagyobb büttyöktárcsát készítünk (12b ábra), az alámetszés megszűnik.

Síklapvégződésű emeltyűvel kapcsolódó büttyökprofilnál alámetszés veszélye akkor lép fel, ha az emeltyű lassuló mozgást végez. Az alámetszés és éles sarkok képződésének elkerülése érdekében biztosítani kell, hogy a büttyökprofil görbületi sugara mindig pozitív legyen, hiszen síklapvégződésű emeltyű homorú büttyökprofilal nem is tud kapcsolódni. A geometriai viszonyokat a 13. ábra tünteti fel. Az ábra jelöléseivel

$$\varrho_{\min.} = R_0 + s + z > 0.$$

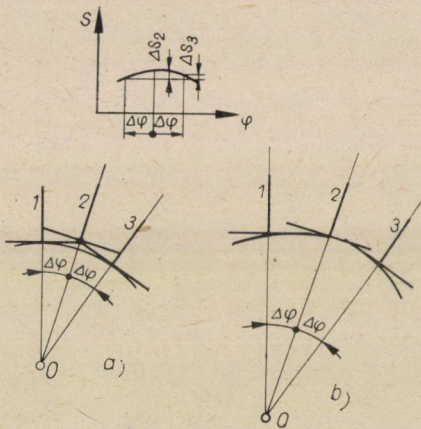


Az ábrán a görbe  $A$  pontbeli görbületi középpontja  $A_0$ , a büttyök és emeltyű viszonylagos pólusa pedig  $c$ . Mivel a viszonylagos pólusban az emeltyű és a büttyök sebessége azonos,

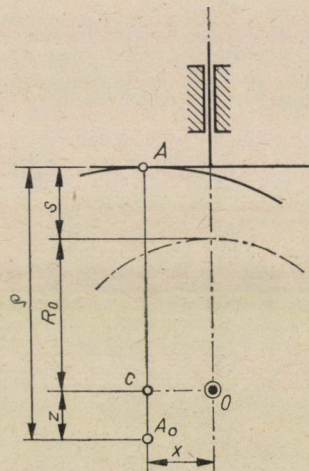
$$v = \frac{ds}{dt} = x\omega_b.$$

Az  $A_0$  görbületi középpontnak a relatív pólushoz viszonyított sebessége pedig

$$\frac{dx}{dt} = z\omega_b.$$



12. ábra



13. ábra

Mivel az emeltyű gyorsulása ( $\omega_b = \text{állandó}$ )

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dx}{dt} \omega_b,$$

így

$$z = \frac{a}{\omega_b^2}.$$

A görbületi sugár minimális nagysága tehát

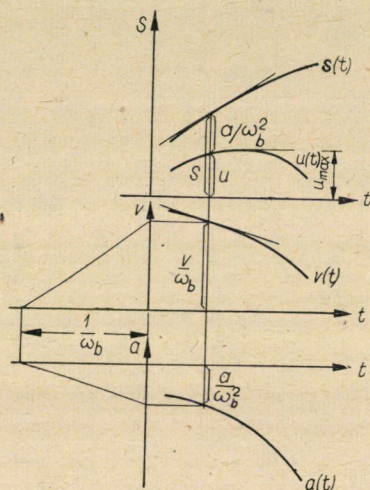
$$\rho_{\min} = R_0 + s + \frac{a}{\omega_b^2} > 0. \quad (10)$$



Az alapsugar nagyságát a következőképpen határozhatjuk meg. Az emeltyű út-idő diagramja ismeretében a sebesség-idő, valamint gyorsulás-idő diagramokat grafikus differenciálással megszerkesztjük. A grafikus differenciálásnál a pólustávolságot  $1/\omega_b$  nagyságúra vegyük. A 14. ábra szerint az út-idő, valamint gyorsulás-idő diagramokat összeadjuk, és leolvassuk az így nyert görbe maximumát. Ezt az értéket  $u_{\max}$ -val jelöltük. A szilárdsági szempontokat figyelembe véve meghatározzuk  $\varrho_{\min}$ , megengedhető értékét. Ekkor

$$(R_0)_{\min} = (\varrho_{\min}) \text{ megengedhető} - u_{\max}, \quad (11)$$

tehát az alapkör sugara ismeretében a bütöktárcsa szerkeszthető.



14. ábra

#### IV. Szilárdsági szempontok

Az egymással érintkező felületekben ébredő feszültségekkel, a kifáradással és kopással kapcsolatos ismereteink meglehetősen hézagosak. A külföldi szerzők tanúsága szerint a bütökös mechanizmusokkal végzett laboratóriumi kísérletek eredményei eltérnek az üzemi tapasztalatoktól, mivel az üzem közben fellépő dinamikus erőket nem ismerjük, másrészt a megmunkálással előállított felület eltér a számított elméleti profiltól. Ezért itt csupán egyetlen szempontot fogunk megvizsgálni, nevezetesen a görgő méretének célszerű megválasztását a fellépő feszültségek csökkentése szempontjából.

Egymáshoz nyomott rugalmas testek felületén az érintkezési pontban ébredő feszültség Hertz szerint

$$\sigma_H = \sqrt{0,35 \frac{N}{b} \frac{E_b E_g}{E_b + E_g} \left[ \frac{1}{\varrho_v} + \frac{1}{\varrho_g} \right]}, \quad (12)$$



ahol  $N$  a felületekre merőleges erő,  $b$  a bütyöktárcsa vastagsága,  $E_b$  és  $E_g$  a bütyök, illetve emeltyű rugalmassági modulusa,  $\varrho_v$  a valóságos bütyökprofil,  $\varrho_g$  pedig az emeltyű görbületi sugara.

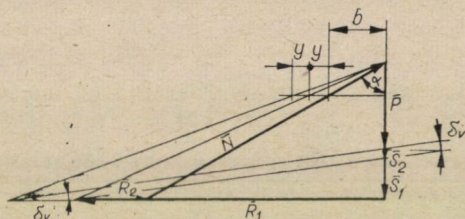
Élben végződő emeltyű esetében elméletileg végtelen nagy feszültség ébredne. A gyakorlatban részben a feszültségek csökkentése, részben a bütyök és emeltyű közötti súrlódás csökkentése érdekében görgős emeltyűt alkalmazunk. A görgő méretét úgy határozzuk meg, hogy a fellépő Hertz-feszültség a lehető legkisebb legyen.

A valóságos profil görbületi sugara

$$\varrho_v = \varrho_e - R_g,$$

így a Hertz-feszültség

$$\sigma_H = \sqrt{0,35 \frac{N}{b} \frac{E_b E_g}{E_b + E_g} \left( \frac{1}{\varrho_e - R_g} + \frac{1}{R_g} \right)}.$$



15. ábra

A vizsgált pontban a feszültség akkor lesz a legkisebb, ha  $\sigma_H$ -nak  $R_g$  szerinti differenciálhányadosa zérus.

$$\frac{d\sigma_H}{dR_g} = - \frac{1}{2\sigma_H} \left[ 0,35 \frac{N}{b} \frac{E_b E_g}{E_b + E_g} \left( \frac{1}{(\varrho_e - R_g)^2} - \frac{1}{R_g^2} \right) \right] = 0.$$

Ebből

$$R_g = \frac{\varrho_e}{2} = \varrho_v. \quad (13)$$

A görgő sugarát tehát az elméleti profil görbületi sugarának felére célszerű választani.

A számítást a profil legkisebb görbületű szakasza, tehát általában a legnagyobb negatív gyorsulás helyén végezzük el. Ha azonban az emeltyűre ható  $P$  erő a bütyök körülfordulása közben nagymértékben változik, a fellépő feszültség nagyságát több pontban ellenőrizni kell.

A normális erő nagyságát a 3. ábra szerinti bütykös mechanizmusban a 15. ábra szerint szerkeszthetjük meg. Az ismert  $P$  erőt felrajzolva az erő kezdő-



pontjából meghúzzuk  $\alpha$  szögben  $N$  irányát,  $\delta_v$  hajlásszögben pedig az erő végpontjából húzunk egyenest. Figyelembe véve, hogy

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{b + y}{y},$$

a szerkesztés további menete az ábrán követhető.

Ha a bütöktárcsa az 5. ábra szerint síklapvégződésű emeltyűvel kapcsolódik, akkor  $\varrho_g = \infty$ , a profil  $\varrho_{\min}$ . megengedhető legkisebb görbületi sugara tehát  $\sigma_H$  megengedhető értékét felvéve,  $N$  ismeretében számítható. Az  $N$  erő az

$$N = \frac{P}{1 - \frac{2\mu_v}{b} x} \quad (14)$$

összefüggésből számítható, figyelembe kell azonban venni, hogy a bütők és emeltyű közötti súrlódás miatt a felületen nyíró feszültség is keletkezik.

Lengő emeltyű esetén az emeltyűt terhelő nyomaték ismeretében lehet az  $N$  erőt kiszámítani. A megengedhető Hertz-feszültség felvételénél figyelembe kell venni azt is, hogy a bütők és a görgő tengelye a gyakorlatban nem lesz tökéletesen párhuzamos, tehát a feszültségeloszlás a bütők  $b$  vastagsága mentén nem lesz egyenletes.

## V. Befejezés

A bütökös mechanizmusok méreteit befolyásoló vizsgált tényezők közül legkevésbé a szilárdsági viszonyokat ismerjük. Nagyon keveset tudunk a kifáradási jelenségekről, a kopási viszonyokról, a megengedhető Hertz-feszültségről stb.

Mivel a megmunkálási pontatlanságok és a fellépő rezgések miatt a számítható dinamikus erőkön kívül járulékos dinamikus erők is lépnek fel, a felületen ható normális erő nagyságát sem tudjuk pontosan meghatározni. A megengedhető Hertz-feszültség óvatos felvételén kívül csupán annyit tehetünk, hogy a bütők és a rajta csúszó emeltyű anyagát a gyakorlatban bevált párosításban írjuk elő (öntöttvas-foszforbronz, edzett acél-foszforbronz, öntöttvas-lágyacél, férfém-lágyacél, lágy sárgaréz-lágyacél, edzett acél-lágy bronz, edzett acél-sárgaréz, edzett acél-öntöttvas, edzett acél rétegelt hőrekeményedő műgyantaféleségek, edzett acél-nylon), a bütők várható élettartamát pedig úgy igyekezzünk növelni, hogy a gyorsulások szempontjából minél simább lefolyású és minél pontosabban megmunkálható bütőkprofil tervezzünk (harmonikus görbék).



A  $\varrho_v = R_g$  feltételből a (12) képlet segítségével,  $\sigma_H$  megengedhető értékét felvéve, kiszámítható  $\varrho_v = R_g$  legkisebb megengedhető értéke.

Síklapvégződésű emeltyű esetén  $\varrho_g = \infty$  feltételből számíthatjuk  $\varrho_{\min}$  megengedhető nagyságát. Ennek ismeretében görgős emeltyű esetén a (9) képlet ( $\varrho_e = 2R_g$ ), síklapvégződésű emeltyű esetén pedig a (11) képlet segítségével meghatározható az alapkör minimális nagysága. Ezután ellenőrizzük, hogy az így meghatározott méretű bütyökprofil biztosítja-e az emeltyű mozgáslehetőségét.

#### IRODALOM

1. ROTHBART, H. A.: Cams, Design, Dynamics and Accuracy. New York 1956.
2. HOLOWENKO, A. R.—HALL, A. S.: Cam Curvature. *Machine Design* 25 (1963); Aug., Sept., Nov.
3. HAM, C. W.—CRANE, E. J.—ROGERS, W. L.: Mechanics of Machinery. New York 1958.
4. Рецетов, Л. Н.: Кулачковые механизмы. Москва 1953.
5. BEYER: Kinematische Getriebesynthese. Berlin 1953.
6. HERTZ. H.: Gesammelte Werke, Band I. Leipzig 1885.