

FORGÓBORONA MUNKAESZKÖZÉNEK KINEMATIKAI VIZSGÁLATA

RESEARCH ABOUT THE KINEMATICS OF THE ROTARY HARROW'S WORKING TOOL

Pásztor Judit¹, Forgó Zoltán²

¹ Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar /
Târgu Mureș, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Șoseaua Sighișoarei 1C., Tel.: +40 265 208
170, Fax: +40 265 206 211, E-mail: pjudit@ms.sapientia.ro

² Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar /
Târgu Mureș, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Șoseaua Sighișoarei 1C., Tel.: +40 265 208
170, Fax: +40 265 206 211, E-mail: zforgo@ms.sapientia.ro

Abstract

The preparation of the seedbed represents an essential work for the growth and development of plants. It is an important consumer of energy. The rotary harrow is meant to carry out of the preparing the seedbed. In this paper we study the kinematics of the rotary harrow's tools.

Keywords: rotary harrow, kinematics, trajectory, velocity, acceleration.

Összefoglalás

A természetdő növények talajának előkészítése nagyon fontos művelet. A gépek munkája hatással van a talaj fizikai-mechanikai tulajdonságaira, közvetve a növényekre, ezért megválasztásuk és üzemeltetésük nagy körültekintést igényel. A forgóborona egy aktív magágy-előkészítő munkagép. Dolgozatunkban meghatározzuk a forgóborona munkaeszközeinek kinematikai egyenleteit.

Kulcsszavak: forgóborona, kinematika, pályagörbe, sebesség, gyorsulás.

1. Bevezetés

A talajművelés mechanikai beavatkozás, célja a természetdő növény számára kedvező talajállapot kialakítása. A talajművelés alapműveletekre, magágy-előkészítésre és tarlómunkákra osztható. A magágy-előkészítés a legigényesebb beavatkozás.

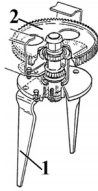
A forgóborona a magágy-előkészítés munkagépe. Munkája során a talaj aprítását végzi. Aprítás közben lazít, egyenget és erőteljesen kever is. A forgóborona kényszerhajtású, munkaeszközei aktívak. Vontatás közben az erőgép teljesítmény-leadó-

tengelyéről, a TLT-ről is kapnak hajtást. Így kevesebb a munkagép vonóerő-igénye, kisebb a vontatásnál jelentkező csúszási veszteség, ezért nedvesebb talajviszonyok közt is alkalmazható [1].

Az gépüzemeltetés mindenkor célja a növény által igényelt magágy lehető legkevesebb menetszámmal és kedvező energiafelhasználással való biztosítása. A mozgáspályák matematikai modellezése alapján tanulmányozható a munkaeszköz mozgása, [5].

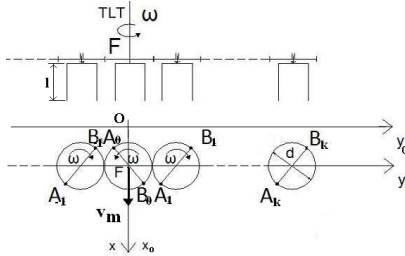
2. A forgóboronafog kinematikai egyenletei

A forgóborona munkaeszköze az 1 boronafog. A boronafogak páronként egy vízszintes tárcsára vannak erősítve, egy függőleges tengely körül forognak a 2-es fogaskerék segítségével, **1. ábra**, [1].



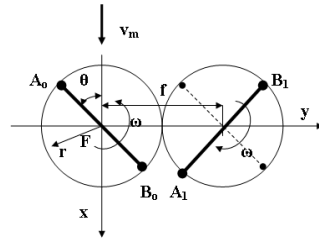
1. ábra. A forgóborona munkaeszköze [1]

A munkaeszközök hajtása az erőgép teljesítmény-leadó tengelyéről történik, lassító áttételen keresztül, **2. ábra**. A TLT tengely fordulatszáma egyezményes, 540 ford/min. A hajtásláncolatot úgy alakították ki, hogy a TLT-ről érkező forgó mozgását fogaskerekek közvetítik a függőleges tengelyekhez, így a szomszédos művelőeszközök ellentétesen forognak.



2. ábra. A forgóborona felépítése

Az $A_k(x_{Ak}, y_{Ak}, z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk}, y_{Bk}, z_{Bk})$, pontok egy művelőeszköz boronafogainak hegyét jelképezik. A szerszámok talajba nyúló részei a forgó és haladó mozgás együttes hatására mozdulnak el. Az ugyanazon művelőeszköz boronafogai egymáshoz képest 180° -os szögeltolódással, a szomszédos művelőeszköz boronafogai 90° , illetve 270° -os eltolódással mozognak, **3. ábra**.



3. ábra. Forgóborona-fogcsúcs kinematikája

A boronafogok csúcsait $A_k(x_{Ak}, y_{Ak}, z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk}, y_{Bk}, z_{Bk})$ jelölésekkel jelöltük. Az $A_0(x_{A0}, y_{A0}, z_{A0})$, $B_0(x_{B0}, y_{B0}, z_{B0})$ pontokkal sorszámozott művelőeszközt tekintjük a TLT-ről meghajtott művelőeszköznek.

$A_k(x_{Ak}, y_{Ak}, z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk}, y_{Bk}, z_{Bk})$ pontok kinematikai egyenleteit általánosítva adjuk meg. Így alkalmazhatók változó számú művelőszerszámmal szerelt forgóboronák tanulmányozására. A mozgás egyenletei az xFy mozgó koordináta rendszerben a következő összefüggéssel számolhatók, [2], [4], [6]:

$$\theta = \omega \cdot t \tag{1}$$

$$A_k \begin{cases} x_{Ak} = r \cos[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] \\ y_{Ak} = fk + r \sin[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] \\ z_{Ak} = -l \end{cases} \tag{2}$$

$$B_k \begin{cases} x_{Bk} = r \cos[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] \\ y_{Bk} = fk + r \sin[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] \\ z_{Bk} = -l \end{cases} \tag{3}$$

$$k = \left\{ -\frac{n}{2} + 1, \dots, \frac{n}{2} \right\}, n \in N \tag{4}$$

$$\text{vagy: } k \in \left\{ -\frac{n}{2}, \dots, \frac{n}{2} - 1 \right\}, n \in N \tag{5}$$

$$r = \frac{d}{2} \quad (6)$$

ahol: d [m] a művelőeszköz tárcsájának átmérője; ω [rad/s] a hajtótengely szögsebessége; l [m] a művelőeszköz magassága; k a művelőeszköz sorszám; n a művelőeszközök száma, f [m] a művelőeszközök közti osztástávolság. Megjegyzés:

- n páros természetes szám,
- f értéke függ a boronafog alakjától.

Az $A_k(x_{Ak}, y_{Ak}, z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk}, y_{Bk}, z_{Bk})$ pontok pályagörbéje az xOy álló koordináta rendszerben a következő transzformációs matrixsal határozható meg, [2], [4]:

$$A, B_{xOy} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & v_m t \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

A mozgásegyenletek az álló, xOy koordináta rendszerben, amely az xFy mozgó koordináta rendszerhez képest v_m sebességgel halad Fx tengely irányában, **3. ábra**, a következők:

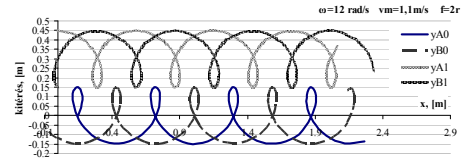
$$\begin{pmatrix} {}^o x_{Ak} \\ {}^o y_{Ak} \\ {}^o z_{Ak} \\ 1 \end{pmatrix} = A, B_{xOy} \cdot \begin{pmatrix} x_{Ak} \\ y_{Ak} \\ z_{Ak} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

$${}^o A_k \begin{cases} {}^o x_{Ak} = r \cos[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] + v_m t \\ {}^o y_{Ak} = f \cdot k + r \sin[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] \\ {}^o z_{Ak} = -l \end{cases} \quad (9)$$

$${}^o B_k \begin{cases} {}^o x_{Bk} = r \cos[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] + v_m t \\ {}^o y_{Bk} = f k + r \sin[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] \\ {}^o z_{Bk} = -l \end{cases} \quad (10)$$

ahol: v_m a munkagép haladási sebessége, [m/s]. Az összefüggésekben található jelölések a **3. ábrán** követhetők.

A mozgásegyenletek grafikus képe a szakirodalomban fellelhető ábrával megegyezik, **4. ábra**, tehát a (9), (10) egyenletek helyeseknek tekinthetők és alkalmasak a további vizsgálatok elvégzéséhez.



4. ábra. Forgóborona-fogcsúcsok mozgáspályái

A mozgásegyenletek segítségével meghatároztuk az általános $A_k(x_{Ak}, y_{Ak}, z_{Ak})$, $B_k(x_{Bk}, y_{Bk}, z_{Bk})$ pontok pillanatnyi sebességeit és gyorsulásait.

A pillanatnyi sebességek összefüggései:

$$\begin{cases} {}^o \dot{x}_{Ak} = v_{xAk} = -(-1)^k r \dot{\theta} \sin[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] + v_m \\ {}^o \dot{y}_{Ak} = v_{yAk} = (-1)^k r \dot{\theta} \cos[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] \\ {}^o \dot{z}_{Ak} = v_{zAk} = 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} {}^o \dot{x}_{Bk} = v_{xBk} = -(-1)^k r \dot{\theta} \cdot \sin[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] + v_m \\ {}^o \dot{y}_{Bk} = v_{yBk} = (-1)^k r \dot{\theta} \cdot \cos[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] \\ {}^o \dot{z}_{Bk} = v_{zBk} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

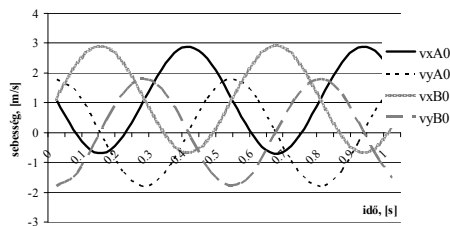
$$\dot{\theta} = \omega \quad (13)$$

A pillanatnyi gyorsulás összefüggései:

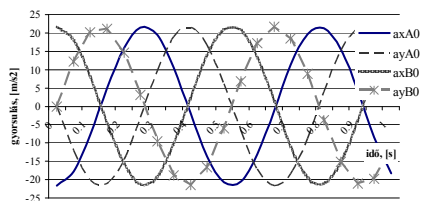
$$\begin{cases} {}^o\ddot{x}_{Ak} = a_{xAk} = -r\dot{\theta}^2 \cos[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] \\ {}^o\ddot{y}_{Ak} = a_{yAk} = -r\dot{\theta}^2 \sin[(-1)^k \theta + k \frac{\pi}{2}] \\ {}^o\ddot{z}_{Ak} = a_{zAk} = 0 \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} {}^o\ddot{x}_{Bk} = a_{xBk} = -r\dot{\theta}^2 \cos[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] \\ {}^o\ddot{y}_{Bk} = a_{yBk} = -r\dot{\theta}^2 \sin[(-1)^k \theta + (k+2) \frac{\pi}{2}] \\ {}^o\ddot{z}_{Bk} = a_{zBk} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

A hajtó művelőszerszám boronafogainak pillanatnyi sebességei és gyorsulásai az **5. ábrán**, illetve **6. ábrán** láthatók. A pillanatnyi értékeket $r=0,15$ m, $\omega=12$ rad/s, $v_m=1,1$ m/s sajátos esetben számítottuk:



5.ábra. Forgóboronafogak pillanatnyi sebességei



6.ábra. Forgóboronafogak pillanatnyi gyorsulásai

3. Következtetések

A szerszámok talajba nyúló részei a forgó és haladó mozgás együttes hatására hurkolt ciklois pályát írnak le a talaj felszíne alatt l mélységben lévő vízszintes síkban. E mozgás jelentős keverő hatást eredményez az aprítás mellett. Emiatt nő a munkagép által felvett energia.

A dolgozatban meghatározott kinematikai egyenletek leírják a szakirodalomban fellelhető mozgáspályát, így alkalmasak az elméleti vizsgálatok elvégzéséhez. Ezen elméleti vizsgálatok a gyakorlati vizsgálatokat alapozzák.

A forgóborona kinematikai egyenletei alapján meghatározhatók a dinamikai és az energetikai egyenletek, amelyek segítségével tanulmányozható a munkagép energiaigénye.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Láng, Z.: A zöldség-, dísznövény- és szaporítóanyag – termesztés berendezései és gépei, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999, 192-198.
- [2] Máté, M.: Műszaki mechanika – kinematika, EME Kiadó, Kolozsvár, 2010, 24-38;
- [3] Naghiu, Al.: Maşini şi instalaţii agricole, vol. I, Risoprint Kiadó, Kolozsvár, 2004, 192-198.
- [4] Papp, I.: Mechanizmusok elmélete, Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2010;
- [5] Pásztor, J., Forgó, Z.: Ásógép munkaeszközének kinematikai és dinamikai vizsgálata, Erdélyi Múzeum Egyesület, Műszaki Tudományok Szakosztálya, XIX. FMTÜ, ISSN 2067 - 6 808, 2014. március 20-21, Kolozsvár, 325-328.
<http://eda.eme.ro/handle/10598/28187>.
- [6] Tolvaly-Rosca, F.: A számítógépes tervezés alapjai: AutoLisp és Autodesk Inventor alapismeretek, Erdélyi Múzeum-Egyesület Kiadó, Kolozsvár, 2009, 70-75.