

HAJTÁSBEÁLLÍTÁS HATÁSA AZ ÉKSZÍJAK MELEGEDÉSI VISZONYAIRA

EFFECTS OF DRIVE INSTALLATION ON V-BELT TEMPERATURE CONDITIONS

Dr. Kátai László Ph.D, Dr. Szabó István Ph.D., Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar

ABSTRACT

Main objective of this paper is analyzing a new measuring method for V-belt temperature test. One of the determining and critical factors of lifetime is the developing temperature in the belt. We have analyzed the V-belt viscoelastic model. We have set-up test equipment to measure the shaft alignment with laser shaft alignment device. The temperature was measured by infrared thermography. Key words: V-belt test, laser shaft alignment, infrared thermography.

1. BEVEZETÉS

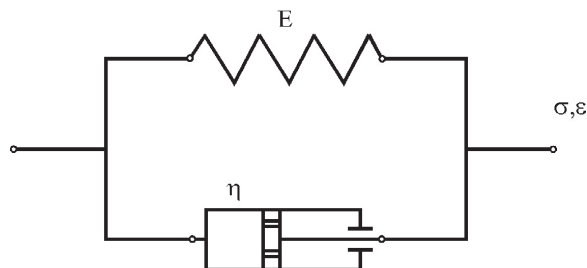
Az ékszíjhajtásokkal viszonylag bonyolult hajtáselrendezések is megvalósíthatók, nagy tengelytávolságokat is át lehet hidalni és a hajtás kialakítása összetett szerkezeti elemeket nem igényel. A teljesítmény-átvitel erőzáráson alapszik, ami néhány előnyös, de ugyanakkor bizonyos hátrányos tulajdonságot is okoz. Mivel hajtóelem rugalmas anyagokból épül fel, a hajtás rugalmas lesz, kisebb terhelési csúcsok alakulhatnak ki, túlterhelés esetén megcsúszással védi a hajtott oldalt. Az erőzárás ugyanakkor azt eredményezi, hogy a szlip miatt az áttétel, tehát a hajtott berendezés fordulatszámja bizonyos határok között ingadozhat, így csak olyan helyen alkalmazható, ahol ez hátrányt nem jelent [3].

Az ékszíjhajtás egyik lényeges előnyét a rugalmas tulajdonságainak köszönheti, ami a szíj felépítéséből következik, és elsősorban a teherviselő szál sajátosságaira vezethető vissza. Fontos szem előtt tartani, hogy a rugalmassági modulus értéke a szíjnél nem állandó, a Hooke-törvényt csak egy szűk alakváltozási intervallumon belül követi, azaz a fajlagos nyúlás függvényében nem lineáris a feszültség-változás, hanem anyagtól függően, attól eltérő [1]. Ezért a számításoknál egy adott terhelési

intervallum közepéhez meghatározott iránytangenssel, vagyis közepes rugalmassági modulussal számolunk. Az egyes alkotó elemekre külön-külön meghatározhatjuk a rugalmassági modulust, amelyeket a párhuzamos kapcsolású rugók szabályai szerint összegezhünk. Mivel a burkolószövet és a gumi ágyazóanyag rugalmassági modulusa több nagyságrenddel a kordszára jellemző érték alatt marad, a keresztmetszet terhelés számításánál a kordszál jellemzői lesznek a meghatározók.

2. AZ ÉKSZÍJ VISZKOELASZTIKUS MODELLJE

Az ékszíj reológiai tulajdonságainak ismerete igen lényeges az élettartam elemzéséhez. Az ékszíjban jelentkező hőterhelés egyik okozója az ismétlődő hajlító igénybevétel során jelentkező veszteség, amit a belső súrlódás hoz létre. A deformáció ciklus alatt fejlődő hő függ az anyag belső súrlódásától, a deformáció nagyságától és a deformáció sebességétől. Ez az ékszíjhajtás esetén a szíj anyagát (viszkoelasztikus tulajdonságát), a tárcsaátmérőt és a szíjfrekvenciát jelenti. Az ékszíjat viszkoelasztikus lineáris modellként kezelhetjük [1]. A modell az 1. ábra szerint jellemezhető.



1. ábra: Az ékszíj mechanikai modellje

Az 1. ábrán látható modell egyenlete:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (1)$$

Az egyszerűbb felírás miatt bevezetve a $\frac{d}{dt} = s$ operátort,

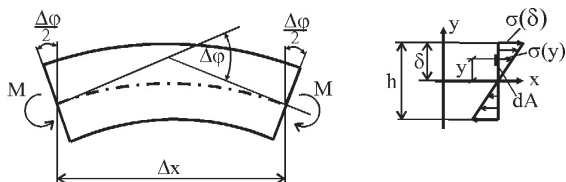
$$\sigma = E \cdot (1 + s \cdot \eta') \cdot \varepsilon = E(s) \cdot \varepsilon \quad (2)$$

ahol,

$$- E(s) = E(1 + s \cdot \eta') - \text{operátoros}$$

rugalmassági modulusz, és $\eta' = \frac{\eta}{E}$.

A célkitűzések között a hajlítás során keletkező melegezés meghatározását foglalmaztam meg, így ennek megfelelően azt vizsgálok, hogy az adott viszkoelasztikus modell hogyan viselkedik a hajlító igénybevétel során. Egy Δx hosszúságú ékszíz szakasz hajlítása a 2. ábra szerint értelmezhető:



2. ábra: Az ékszíjszakasz hajlító igénybevételének értelmezése

Feltételezhető, hogy a feszültség és a nyúlás lineárisan változik, és ennek megfelelően a feszültség:

$$\sigma(y) = \sigma(\delta) \cdot \frac{y}{\delta} \quad (3)$$

a nyúlás pedig,

$$\varepsilon(y) = \frac{\varepsilon(\delta)}{\delta} \cdot y \quad (4)$$

Az elfordulás 2. ábra szerinti szöge:

$$\Delta\varphi = \varepsilon(\delta) \cdot \frac{\Delta x}{\delta} \quad (5)$$

A hajlítónyomaték a (3) és (4) összefüggések alapján:

$$M = \int_A \sigma(y) \cdot y dA = \frac{\sigma(\delta)}{\delta} \int_A y^2 dA = \quad (6)$$

$$\frac{\sigma(\delta)}{\delta} \cdot K$$

ahol:

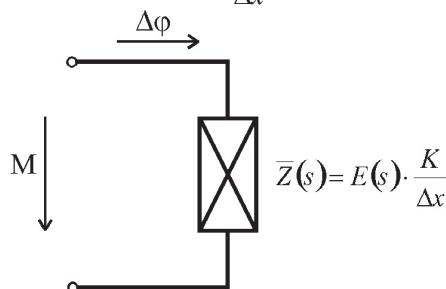
- A - az ékszíz keresztmetszet felülete [mm²];
- K - az ékszíz keresztmetszeti tényezője [mm³].

A fenti egyenletekből a nyomaték az alábbi alakban írható fel:

$$M = \left[E(s) \cdot \frac{K}{\Delta x} \right] \cdot \Delta\varphi \quad (7)$$

Tehát az ékszíz egy mechanikai impedanciaként értelmezhető, ahol az M nyomaték, $\Delta\varphi$ szögelfordulásnak megfelelő "áramot" hoz létre, a 3. ábra szerint [2]:

$$\bar{Z}(s) = E(s) \cdot \frac{K}{\Delta x} \quad (8)$$



3. ábra: Az ékszíz mechanikai impedanciaként történő értelmezése

3. AZ ÉKSZÍJAK ÉLETTARTAMÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK ELEMZÉSE

Az ékszíjak meghibásodását, tönkremenetelét három kategóriára lehet osztani:

1. kifáradás;
2. kopás;
3. szakadás.

A kifáradás az ékszíjak esetén sajátosan jelentkező jelenség, amit az ékszíz szelvény felépítése indokol. Mivel ún. társított/erősített rendszerben működő kompozit anyagokról van szó, a kifáradással jellemzett tönkremenetel oka, az egyes rétegek szétválása, az együttműködés megszűnése. Ez a folyamat az ékszíz belsejében indul el, a kordszálak és az ágyazóanyag között. A folyamat hatására a hajtás terhelhetősége, futáspontossága romlik és az ékszíjat hibásnak kell minősíteni, bár a teljesítmény-átviteli képessége teljesen még nem szűnt meg.

A kopás, mint tönkremenetel elsősorban beállítási hiba következménye lehet. A tárcsák párhuzamossági, vagy éppen szöghibája okozza, valamint a nem megfelelő előfeszítés - vagy túlterhelés - hatására fellépő tényleges csúszás.

A szakadás az extrém túlterhelés hatására következhet be, de a kifáradási folyamat vége is lehet, amennyiben nem ismerik fel a folyamatot időben, a fent említetteknek megfelelően az

alkotó elemek szétválása végső stádiumban szintén szakadáshoz vezethet.

A továbbiakban célszerű az élettartamot, azaz a tönkremenetelt befolyásoló hatásokat elemezni. A ható tényezőket két fő csoportra lehet osztani:

- hajtás beállítási (installálási) tényezők (pl. tárcsák párhuzamossági-, vagy szöghibája, helytelen előfeszítés, stb.)
- mechanikai, fizikai tényezők.

A jelen dolgozatban az élettartamot befolyásoló tényezők közül a hőmérséklet hatását vizsgáljuk.

Az ékszíjgyártói adatok alapján megállapítható, hogy az „alaphőmérséklet” (70 °C) 10 °C-kal történő emelkedése a várható élettartam 50%-os csökkenését okozhatja.

Az ékszíjban kialakuló hőmérsékletet az alábbi hajtásjellemzők határozzák meg:

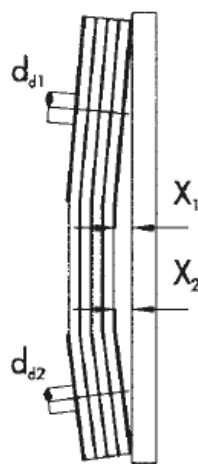
- szíjfeszítés,
- szíjfrekvencia,
- tárcsaátmérő,
- környezeti hatások,
- szíjcsúszás,
- geometriai beállítás.

Kutatómunkánk során a geometriai (hajtásbeállítás) beállítás hatásának a vizsgálatát tűztük ki célul.

4. A HAJTÁSBEÁLLÍTÁSI JELLEMZŐK

Az ékszíjhajtás működésével kapcsolatosan a legnagyobb figyelmet a helyes előfeszítő erő beállítására fordítják. Ez részben indokolt is, hiszen ez alapvetően meghatározza, hogy a hajtás alkalmas lesz-e a kívánt teljesítmény átszármaztatására – minimális (üzemszerű) szlip mellett -, ugyanakkor indokolatlan túlterhelés nem éri az ékszíjat. Mind az ún. tényleges csúszás (nem üzemszerű állapot), mind a szíjágak túlterhelése jelentősen csökkentik az ékszíj várható élettartamát.

Ezek mellett azonban figyelmet kell fordítani a geometriai beállítás pontosságára is, amely gyakran háttérbe szorul és idő előtti meghibásodáshoz vezet. Az 5. ábra a szíjgyártók által ajánlott beállítási jellemzőket mutatja. Ehhez a katalógusok a tárcsaátmérők függvényében a megfelelő határértékeket is közlik.

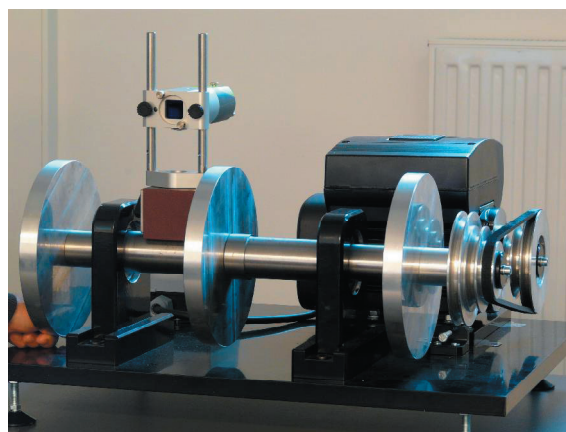


5.ábra: Geometriai beállítások jellemzői

5. A VIZSGÁLATI BERENDEZÉS ÉS ESZKÖZEI

A vizsgálatot egy két tárcsából álló nyitott szíjhajtás elrendezésű próbapadon végeztük. A hajtómotor vezetősínben történő elmozdításával a megfelelő előfeszítés beállítható, és a rögzítő csavarok alá szerelt hézagoló lapokkal a helyes geometriai beállítás is elvégezhető.

A geometriai beállítást Fixturelaser XA Geometry gépbeállító rendszerrel végeztük. A méréshez az RM mérőegységet használtuk, amely 2 axisú detektorral és beépített szögérzékelővel rendelkezik. A mérőegységet mágneses talpon rögzítve helyeztük el a megfelelő felületekre. Lézeradóként T220 diódalézer típusú egységet alkalmaztunk. A beállítás eszközeit a 6. ábra szemlélteti.



6.ábra: A lézeres geometriai beállítás

A hőmérséklet mérése NEC H2640 típusú infrakamerával történt. Az infravörös

detektora nagy felbontású (640x480), a hőmérséklet mérési tartománya $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjed. A mérendő objektumtól kb. 1 m-es távolságban helyeztük el, így a minimálisan érzékelt mérési pont (felület) $0,6 \times 0,6\text{ mm}$, amely a vizsgálat szempontjából tökéletesen elegendő. A vizsgálati elrendezést (beállítást) a 7. ábra mutatja.



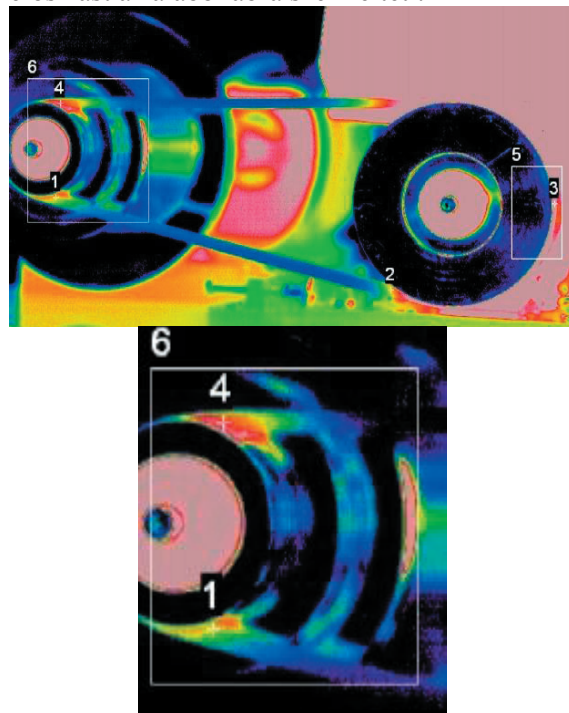
7. ábra: A próbapad a vizsgálati beállítás során

Az infrakamerás hőmérséklet mérésénél az emissziós hőmérsékletet kell mérnünk. Ehhez azonban ismernünk kell a mért objektum (test) ún. emissziós tényezőjét (ϵ), hiszen egy „valós” test (nem abszolút fekete test) esetén az emisszió túl visszavert és áteresztett hőmennyiség is jelentkezhet. Az emissziós tényező pontos meghatározásával és beállításával lehet megfelelő pontosságú az infrakamerás hőmérsékletmérésünk. A vizsgált objektumot tapintó hőmérővel (TMTL 1400K) ellenőrizve határoztuk meg az emissziós tényező értékét.

5. A VIZSGÁLAT ÉRTÉKELÉSE, EREDMÉNYEK

A vizsgálati berendezésen kialakuló ékszíj alaphőmérséklet megállapításához elvégeztük a lézeres gépbeállítással a hajtó és a hajtott tengelyekre szerelt ékszíjtárcsák egy síkban történő futásának a beállítását. Ilyen beállítás mellett – rögzített hajtásparáméterek esetén – meghatározható az ékszíjban kialakuló hőmérséklet, illetve figyelemmel kísérhető a hőmérséklet eloszlása és változása a szíj hossza mentén. Különös figyelmet kívánunk fordítani a tárcsáról lefutó, illetve a tárcsára felfutó szíjszakaszokra, ahol a leginkább megfigyelhető lehet a geometriai beállítások hibájának a hőmérsékletre, ezzel együtt a várható élettartamra, valamint a hatásfokra

gyakorolt hatása. A kialakult hőmérséklet eloszlást az alábbi ábra szemlélteti.



8. ábra: A teszt során készített hőkamerás felvétel

Jól érzékelhető, hogy a tárcsáról lefutó szíjág esetében magasabb hőmérséklet érték figyelhető meg.

Eddigi vizsgálataink alapján megállapítható, hogy az infravörös termográfia alkalmas az ékszíjak működésközbenei diagnosztikai vizsgálatára. Az ékszíjak optimális használatához igen nagy figyelmet kell fordítani a – gyakran felületesen kezelt – hajtásgeometriai beállításokra is.

A vizsgálati eljárás tesztelését követően megkezdjük különböző beállítási és hajtásparáméterek esetére a mérések elvégzését, és azok értékelését.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- DESSEWFFY O. - KAPPEL L.: Gumik és műanyagok vizsgálata. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.
- KÁTAI L. – SZENDRŐ P. – VINCZE GY. – SZABÓ I.: Determination of Inner Viscosity of V-belts by Bending Test. In: *Hungarian Agricultural Engineering*, 14/2001 december p.31-33.
- KÁTAI L.: Kötő- és támasztóelemek, Hajtások 40-54 p. In: SZENDRŐ et al.: *Géptan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2003.