X. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2005. március 18-19.

LAPOS SZÍJJAL HAJTOTT SZERSZÁMGÉP FŐORSÓK STABILITÁS VIZSGÁLATA

Beleznai Róbert, Otrosinka Tibor, Simon Gábor

Summary

In the thesis we examined the belt-drive, which was applied in the sustain of the machine tools and we tried to confirm the theory of the transversal vibration. We made summation about that, how can determine the instabil revolution domain, and how can solve the non-linear differential equations. Then we made measurements in laboratory in order to determine the situation and amplitude of the instabil revolution domain, and examine the effect for some parameters, which modified the amplitude and the situation of the instabil revolution domain.

Összefoglalás

A dolgozatban a szerszámgépek főhajtásaiban alkalmazott szíjhajtást vizsgáltunk, mérésekkel próbáltuk igazolni a transzverzális lengésekre felírt elméletet. Rövid összefoglalást, áttekintést adtunk arról, hogyan lehet meghatározni az instabil tartományok nagyságát és helyzetét, illetve hogyan lehet megoldani a felírt nemlineáris mozgásegyenleteket. Ezek után laboratóriumban méréseket végeztünk arra vonatkozóan, hogy hol alakulnak ki instabil tartományok bizonyos fordulatszám-tartományokban. A mérések során a tartományok nagyságát és helyzetét befolyásoló tényezők hatását is vizsgáltuk.

1. Nem lineáris modellek vizsgálata linearizálási módszerek segítségével

Szíjhajtással találkozhatunk precíziós és ultraprecíziós megmunkáló gépekben. A szíjak felhasználása egyszerű, karbantartást nem igényel, olcsó, zajtalan, hatásfoka jó, védi a gépet a túlterheléstől, a motor (mint jelentős hő – és rezgésforrás) távolabb helyezhető a főorsótól. Azonban a szíj, mint rugalmas elem a hajtást dinamikailag érzékennyé teheti. Ezért tervezéskor a főhajtás dinamikai viselkedését ismerni kell. A szíjakban fellépnek mind longitudinális, mind transzverzális lengések, mi azonban most csak a transzverzális jelenségekkel foglalkoztunk. Ezek jelentősen befolyásolják a gép élettartamát, és káros rezgéseket idéznek elő, s így romlik a megmunkálási pontosság.

1.1. Egyetlen szíj mozgásegyenlet rendszere

1. ábra

Szíjhajtás modellje

A nemlineáris tulajdonságok figyelembevételéhez a szíjra vonatkozó anyagtörvényt

$$\sigma_x = E\varepsilon_x + \beta\varepsilon_x^3$$

alakban írhatjuk fel, ahol σ_x a szíjban ébredő húzófeszültség, ε_x pedig a σ_x irányú fajlagos megnyúlás, E és β pedig anyagállandók, melyeket mérések útján kell meghatározni. A mozgásegyenletek előállítására [1] gondolatmenetét

követve a Hamilton elvet használjuk.

1.2. Transzverzális lengések vizsgálatára alkalmas mozgásegyenletek

Az említett egyszerűbb mozgásegyenletek előállításához alkalmazzuk G. Kirchhoff feltételezését [2]. Így egy integro-differenciál egyenletrendszert kapunk, melynek megoldását Galerkin módszerével trigonometrikus sor alakjában érdemes keresni, s így

$$\rho A \ddot{q}_i + r \dot{q}_i + \frac{i^2 \pi^2}{L^2} \left\{ \frac{i^2 \pi^2}{L^2} I_y E - \rho A v^2 + \frac{AE}{L} \left[u(L, t) - u(0, t) + \frac{\pi^2}{4L} \sum_{k=1}^{\infty} k^2 q_k^2 \right] \right\} \cdot q_i - \frac{2v}{L} \sum_{l=1}^{\infty (l \neq i)} \left\{ l(2\rho A \dot{q}_l + r q_l) \frac{i \left[1 - (-1)^{i+l} \right]}{i^2 - l^2} \right\} = 0 \quad (2.)$$

$i = (1, 2, 3, \dots)$

nemlineáris egyenlet adódik, melynek úgy határozzuk meg a stabilitását, hogy munkapontra linearizáljuk az egyenletet, és ahol a linearizált egyenlet stabil, ott a nemlineáris egyenlet is stabil lesz.

1.3. A stabilitási tartományok vizsgálata

A szíj stabilitása több tényezőtől is függ: szíjhossz, szíjfeszítő erő, szíjkeresztmetszet, stb. A fenti differenciál-egyenletből indulunk ki, mely csak akkor lesz homogén, lineáris, periódikus, HILL-

típusú differenciál–egyenlet, ha a benne szereplő időfüggvény periódikus. Ez csak akkor áll fenn, ha i értéke racionális szám.

1.4. Az $i \neq 1$ áttételű hajtás stabilitás vizsgálata

A HILL típusú differenciálegyenlet stabil és instabil tartományainak határán T és $2T$ periódusú megoldások lépnek fel, ahol T a függvény periódusa. A stabilitási tartományok határainak meghatározását Bolotin módszere alapján az ún. HILL–féle determinánsokkal végezzük el. A megoldásokat végtelen trigonometrikus sorok formájában kereshetjük.

A homogén lineáris algebrai egyenlet – rendszert felírva

$$\underline{D_{2T}} \cdot \underline{g} = 0 \quad (3.)$$

adódik. $\underline{D_{2T}}$ az egyenlet – rendszer együttható mátrixa. Ennek a determinánsát nevezik HILL – féle determinánsnak. Ezek után meg kell határoznunk a determináns elemeit. Nem részletezett számítások után, kifejezhető a szíjtárcsa azon szögsebesség tartománya, ahol transzverzális lengések kialakulhatnak.

$$\nu_z = 2pk\pi \sqrt{\frac{E[k^2\pi^2 I_y + LA(u_0 \pm e_2 \cos(\varphi_0))]}{\rho AL^2(4k^2\pi^2 R_1^2 + L^2 z^2)}} \quad (4.)$$

$$\nu_p = 2k\pi \sqrt{\frac{E[k^2\pi^2 I_y + LA(u_0 \pm e_1)]}{\rho AL^2(4k^2\pi^2 R_1^2 + L^2)}} \quad (5.)$$

2. Szíjak stabilitásának kísérleti meghatározása, [3]

2. ábra

Szíjak vizsgálatára alkalmas kísérleti

A szíjfeszítés súlyokkal történik, a szíjtárcsák excentricitása állítható. A motor szabályozható frekvenciaváltóval ellátott kétpólusú szinkronmotor. A szíjstabilitási vizsgálatot megfigyelés alapján végeztük el. Minden vizsgálatnál a feszített szíjágat figyeltük. Mikor a szíjág elérte az instabil tartomány kezdetét, ill. végét feljegyeztük a frekvenciaváltón leolvasható frekvencia értékét. Először excentricitás nélkül (csak a gyártási hibával) mértünk, majd az egyik, azt követően mindkét szíjtárcsán jelentősebb excentricitást

hoztunk létre. Így figyeltük meg az excentricitás hatását a stabilitás tartományaira. A méréseket három áttétel esetén végeztük el. Minden esetben különböző szíjfeszítő erőket állítottunk be. A vizsgált fordulatszám intervallum 0-3000 1/min volt. Ezen fordulatszám intervallumban több instabil tartományt is tapasztaltunk – a beállított paraméterektől függetlenül.

2.1. Mérési eredmények kiértékelése

Áttétel: $i=1$

$e_1=0.01, e_2=0.04$

$e_1=2.01, e_2=0.04$

$e_1=2.01, e_2=0.04$

Áttétel: $i=0.5$

$e_1=0.01, e_2=0.04$

$e_1=0.01, e_2=2.04$

Excentricitás a hajtott tengelyen: e_1
Excentricitás a hajtó tengelyen: e_2

Az ábrákon a szíjfestítő erő van ábrázolva a fordulatszám függvényében. Görbe-párokat láthatunk, melyek közül a sötét vonalak jelölik az instabil tartományok kezdetét, a világosabb vonalak az instabil tartományok végét.

A diagramok jellegét tekintve felfedezhető az összhang a mérési eredmények és az elmélet között. Az excentricitás hatásaként az instabil tartományok magasabb fordulatszám intervallumban vannak jelen, míg az áttétel hatása a tartományok kiszélesedésében tapasztalható

Áttétel: $i=0.4$

$e_1=0.01, e_2=0.04$

$e_1=0.01, e_2=0.04$

Irodalomjegyzék

- [1] Kirchhof G., Mathematische Physik, Teubner Verlag, Leipzig, 1876
- [2] Faragó Károly, Szíjhajtással kombinált szerszámgép főhajtóművek nemlineáris rezgései, kandidátusi értekezés 1986 Miskolc
- [3] Beleznai R. – Otrósinka T. – Simon G.: Szíjhajtású szerszámgép főorsók stabilitás vizsgálata, 2004, Miskolc

Név, tudományos fokozat: Beleznai Róbert, okleveles gépészmérnök

Munkahely, cím: Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány, Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet
3519 Miskolctapolca, Igloi út. 2.

Telefon: 06/46-560-133, 06/20-410-4629; E-mail: beleznai@bzlogi.hu

Név, tudományos fokozat: Simon Gábor, okleveles gépészmérnök

Munkahely, cím: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Szerszámgépek Tanszék, PhD hallgató
3515 Miskolc, Egyetemváros

Telefon: 06/70-243-3415; E-mail: simong@szgtirix.sztg.uni-miskolc.hu

Név, tudományos fokozat: Otrósinka Tibor, egyetemi hallgató

Munkahely, cím: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Szerszámgépek Tanszék
3515 Miskolc, Egyetemváros

Telefon: 06/20-224-6092; E-mail: otirt@freemail.hu