FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

PÁRHUZAMOS KINEMATIKÁJÚ SZERSZÁMGÉPEK STRUKTURÁLIS LEÍRÁSA

Püspöki János, Dr. Lipóth András

Abstract

The parallel kinematics machine tools (PKMs) are novel machine tool constructions that were demonstrated in the '90s. There exist several design methods and computer-aided design tools for the systematic design of serial machine tools. Today, many structural alternatives of serial machine tools can be synthesized using such systems. PKMs do not own such design methods and design tools. This paper presents a method for the structural description of PKMs. This method will allow the systematic design and computer-aided automatic synthesis of PKMs. A genetic representation can be deduced from such description, which can be used by genetic algorithms for the search of optimal PKM structures.

Bevezetés

A párhuzamos kinematikájú szerszámgépek (PKM-ek) újszerű gépkonstrukciók, amelyek a '90-es években jelentek meg. A hagyományos szerszámgépek tervezéséhez különböző módszerek és számítógéppel segített tervező eszközök léteznek. A hagyományos szerszámgépek tervezésénél az automatikus szintézis útján különböző struktúrájú berendezések generálhatók. A PKM-eknél még nem alakultak ki ilyen módszerek és tervező eszközök. Ez a cikk bemutat egy módszert a PKM-ek strukturális leírásához. Ez a módszer lehetővé teszi majd a PKM-ek módszeres tervezését és számítógéppel segített automatikus szintézisét. Ezen strukturális leírás alapján genetikai reprezentáció is létrehozható majd, amely genetikai algoritmusok alkalmazására is lehetőséget biztosít optimális PKM struktúrák keresésénél.

1. Párhuzamos kinematikájú szerszámgépek

A párhuzamos kinematikájú szerszámgépek (Parallel Kinematics Machine Tools, PKM) alkalmazása a szerszám- és formagyártáson túl is nagy területet hódított meg. A nagysebességű megmunkálásokra jellemző nagy előtolási sebességekből, nagy pontosságból, a jobb felületi minőségből következik a szerszámgépek jelentősége. A legfontosabb előnyei a PKM-nek a hagyományos szerszámgépekkel szemben a kis mozgató tömeg, a nagy mozgási sebességek, gyorsulások, a terhelőerők megoszlása a mozgató tagokon, a nagy merevség [1,2].

1. ábra

A PKM-nél a megmunkáló főorsó a mozgó egységen helyezkedik el (esetleg a munkadarab is lehet), a mozgó egység és az álló váz között a párhuzamos mozgató tagok vannak. Ezek a mozgató tagok vagy állandó, vagy változó hosszúságúak. Egy változó láb hosszúságú típusra mutat példát az **1. ábra** [3], bár ennél lényegesen sokszínűbbek ezek a berendezések.

2. Párhuzamos kinematikája szerszámgépek strukturális leírása

A PKM-ek felépítése változatos, de bizonyos szempontok alapján általános építő elemeket határozhatunk meg. Mindig megtalálható a mozgó egység, az álló váz, valamint a mozgató tagok, amelyeket csuklók kapcsolnak össze. A strukturális leíráshoz nélkülözhetetlen az elemek fő jellemzőinek és egymáshoz való viszonyának ismerete. A főorsó jellemzője a főorsó tengelyiránya, amelyet a globális koordináta rendszerhez képest adunk meg. A mozgó egység és az álló váz jellemzője, hogy milyen a normálisuk iránya a globális koordináta rendszerben, valamint, hogy hány csukló kapcsolódik hozzájuk. Fontos a csuklók elrendezése is, amely optimalizációs lehetőségekre ad módot. A mozgató tagokra jellemző, hogy hány tagból állnak, azokat milyen csuklók kapcsolják össze, és a hajtások hol helyezkednek el. A mozgató tag lehet aktív (ha tartalmaz hajtó tagot) és passzív (ha nem tartalmaz hajtó tagot). Ennek értelmében bevezethetjük az aktív és passzív csuklók fogalmát, aszerint, hogy a csukló tartalmaz-e hajtó egységet vagy nem, továbbá a csuklókat a szabadságfokok alapján jellemezhetjük.

A PKM-ek kinematikai leírásához a fenti jellemzőket használjuk fel. A leírásmód koordináta rendszereket használ, ezért először az alkotóelemeket és a koordináta rendszereket kell definiálni. A strukturális leírás több szinten valósítható meg, annak megfelelően, hogy a tervezési munka melyik fázisában szeretnénk majd azt felhasználni. A mozgó egységet és a vázszerkezetet első közelítésben egy-egy sokszögnek tekinthetjük, csúcsaiknak száma azonos a csuklók számával, a sokszög köré írható kör sugara állandó. A mozgató tagok úgy definiálhatók, mint két merev testből és három csuklóból álló kinematikai mechanizmus (**2. ábra**). A mozgató tag két merev testét összekapcsoló csukló egy vagy több szabadságfokot is szabadon hagyhat, amely szabadságfokok lehetnek lineáris vagy rotációs szabadságfokok is. Ez a csukló lehet aktív vagy passzív is, a gyakorlatban mind a kettőre találhatunk példákat.

A struktúra leírásakor meghatározzuk, hogy milyen az orientációja a főorsónak, a mozgó egységnek, az álló váznak a globális koordináta rendszerben, és hány csomópont található rajtuk. Következő lépésben megadjuk, hogy mely csomópontokat kapcsolnak össze mozgató tagok. A

csukló definiálásakor azt adjuk meg, hogy melyik koordináta rendszerben milyen szabadságfokokat köt meg. Például egy gömbcsukló három tengely mentén az elmozdulást megköti és a három tengely körül az elfordulásokat megengedi. A strukturális leíráshoz tehát szükségünk van egy globális koordináta rendszerre, a vázhoz és a mozgó egységhez rögzített egy-egy koordináta rendszerre, valamint a csomópontokhoz tartozó két-két csukló-koordináta rendszerre (2. ábra).

Ezen adatok ismeretében a legfelső szinten különböző struktúrák képezhetők. Ezen struktúrák leírására jól használható egy olyan mátrix (3. ábra), amely annyi oszlopot és sort tartalmaz ahány csukló található a mozgó egységen és az álló vázon. A mátrixnál a P1..., és a B1... jelek a mozgó egységen és az álló vázon lévő csomópontok jelölése. A PS és BS jelképek a súlypontban lévő csomópontokat jelölik. A mátrixban a mozgató taggal összekapcsolt csomópontoknak megfelelő oszlopok és sorok metszéspontjába 1-t írunk, amelyeket nem kapcsolunk össze, oda pedig 0-t. Az 1-esek számának és elhelyezkedésének változtatásával különböző struktúrákat alakíthatunk ki, majd szűrőfeltételek alkalmazásával a generált változatok egy részét már ezen a szinten könnyen kiszűrhetjük.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
B1	1	0	0	0	0	0	0
B2	1	0	0	0	0	0	0
B3	0	1	0	0	0	0	0
B4	0	1	0	0	0	0	0
B5	0	0	1	0	0	0	0
B6	0	0	1	0	0	0	0
B7	0	0	0	0	0	0	0

.. ..

Ilyen szűrőfeltétel lehet például, ha azt mondjuk, hogy egy csomópontban 2-nél több mozgató tag nem kapcsolódhat. Ilyenkor a mátrixnak egyik sorában és oszlopában sem szerepelhet 2-nél több egyes. Ha meghatározzuk, hogy hány mozgató tagot tartalmazhat a mechanizmus, akkor a mechanizmusban csak ennyi 1-t helyezhetünk el. Ha egy előállított változat nem felel meg a feltételeknek, akkor azokat a struktúrákat már itt el lehet vetni. A generált változatok megfelelő kiszűréséhez további szűrőfeltételeket kell kidolgozni.

A következő lépés az egyes mozgató tagok definiálása, és csak ezek ismeretében lehet a mechanizmus szabadságfokáról nyilatkozni. A definiálásakor meg kell adni, melyik csukló-koordinátarendszerben értelmezzük a csukló kötöttségeit, és milyen kötöttségeket definiálunk. Ezek után az alábbi képlettel (1) meg tudjuk határozni a mechanizmus szabadságfokát.

$$F = \lambda \cdot (n - j - 1) + \sum_i f_i \quad (1),$$

ahol λ -mozgás paraméter ($\lambda=3$, ha síkbeli, $\lambda=6$, ha térbeli), n -mechanizmus elemeinek a száma, j -csuklók száma, f_i -az „ i ”-edik csukló által megengedett szabadságfok ($i=1..j$).

A mozgató tagok egy karaktersorral jellemezhetők, ahol minden csuklóhoz 7 db karakter tartozik. Az első tagja azt adja meg, hogy melyik koordináta rendszerben definiáljuk a szabadságfokokat. Ha a csukló koordináta-rendszer I.-ben (2. ábra) adjuk meg a szabadságfokokat, akkor 0-t, ha pedig a csukló koordináta-rendszer II.-t használjuk, akkor 1 kódot alkalmazunk. A következő hat pedig 1 értékű, ha megköti az adott szabadságfokot és 0 értékű, ha

szabadon hagyja a csukló azt a szabadságfokot. Jelölje a szabadságfokokat ($T_x, T_y, T_z, R_x, R_y, R_z$), ahol a T_x, T_y, T_z az adott irányú elmozdulás, az R_x, R_y, R_z pedig az adott irány körüli elfordulás. Egy gömbcsukló a csukló koordináta-rendszer II.-ben ekkor a (1 111000) kóddal jellemezhető.

További változatok dolgozhatók ki a hajtótagok meghatározásával. A hajtásokat különböző helyekre helyezhetjük el, a csukló által szabadon hagyott szabadságfokhoz hozzárendelhetünk 1-1 hajtótagot. A csuklók több szabadságfokot is szabadon hagynak, így különböző változatok generálhatók. A vonalakból, csomópontokból, síkidomokból álló modell egyes elemeihez célirányosan kialakított adatbázisokból tényleges szerkezeti elemek rendelhetők. Egy modelltaghoz különböző szerkezeti elem is elképzelhető, így további változatok hozhatók létre. Megfelelő geometriai kötöttségek definiálása után 3D-s, parametrikus modellek is létrehozhatók, amelyek vizsgálatokkal, szimulációs eljárásokkal tovább javíthatók.

3. További feladatok

A struktúrák megfelelő válogatásához meg kell találni azokat a feltételeket, amelyek a szerszámgépek szempontjából biztosítják azt, hogy megvalósítható, műszaki tartalommal rendelkező konstrukciókat kapjunk. Ezek ismeretében ki kell dolgozni a programozási algoritmusokat, a megfelelő szoftverek együttműködését, hogy a CAD rendszerek működését megfelelően tudjuk segíteni, a tervezői munkát támogatni.

A struktúra leírásának eddigi eredményei alapján a genetikus algoritmusok működéséhez szükséges reprezentációt is ki lehet dolgozni. A fitness tényezők kidolgozása után mód nyílik az első vagy második generációs algoritmusok [5] alkalmazására is.

4. Irodalom jegyzék

- [1] Christian Ottó: HSC mit Parallelkinematik, Werkstatt und Betrieb, Hanser, 4/2001., 30.-31.
- [2] Reimund Neugebauer: Erfahrungen mit einer Hexapoden-Fräsmaschine, Werkstatt und Betrieb, Hanser, 5/1999., 67.-72.
- [3] Dr.-Ing. E. h. M. Weck: Das Hexapod-Prinzip, WZL der RWTH Aachen, 09./1997
- [4] M.Weck: Parallel Kinematic Machine Tools-Current State and Future Potentials, Annals of the CIRP, 51/2/2002., 671-681.
- [5] Dr. Bercsey Tibor: Genetikai algoritmusok alkalmazása a konstrukciós tervezésben 2002., GÉP 2002./6-7.LVIII. évfolyam, 3-7.0.

Püspöki János / PhD hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépgyártástechnológia Tanszék

1111 Budapest, Egry József u. 1.

+36-1-463-25-12, puspoki@manuf.bme.hu