

CÉLGÉPTERVEZÉS AUTOMATIZÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

Leskó Gergő¹, Takács György²

¹hallgató, e-mail: lesko.gergo@outlook.hu

²Intézeti tanszékvezető, egyetemi docens, e-mail: takacs.gyorgy@uni-miskolc.hu

Miskolci Egyetem, Szerszámgépeszeti és Mechatronikai Intézet,

Szerszámgépek Intézeti Tanszéke

3515 Miskolc – Egyetemváros

Összefoglalás

A cikk alapvető célja az, hogy a mai világban nagyon széles körben alkalmazott célgépek tervezésének automatizálási lehetőségeit, nehézségeit, problémáit és a lehetséges megoldásokat tárgyalja. Továbbá célja az, hogy a számítógépet optimálisan ki lehessen használni az ilyen típusú gépek tervezésénél és a tervezési időt minél inkább le lehessen rövidíteni.

Kulcsszavak: *célgép, tervezés, optimalizáció, funkció összevonás.*

Abstract

The basic aim of this paper is to discuss the automation opportunities, difficulties, problems and possible solutions of the planning of single-purpose machines, which are widely hired. Another aim is to use the computer optimally when planning these types of machines and to reduct the time of the planning as much as it is possible.

Keywords: *Single-purpose machine, planning, optimalisation, function contraction.*

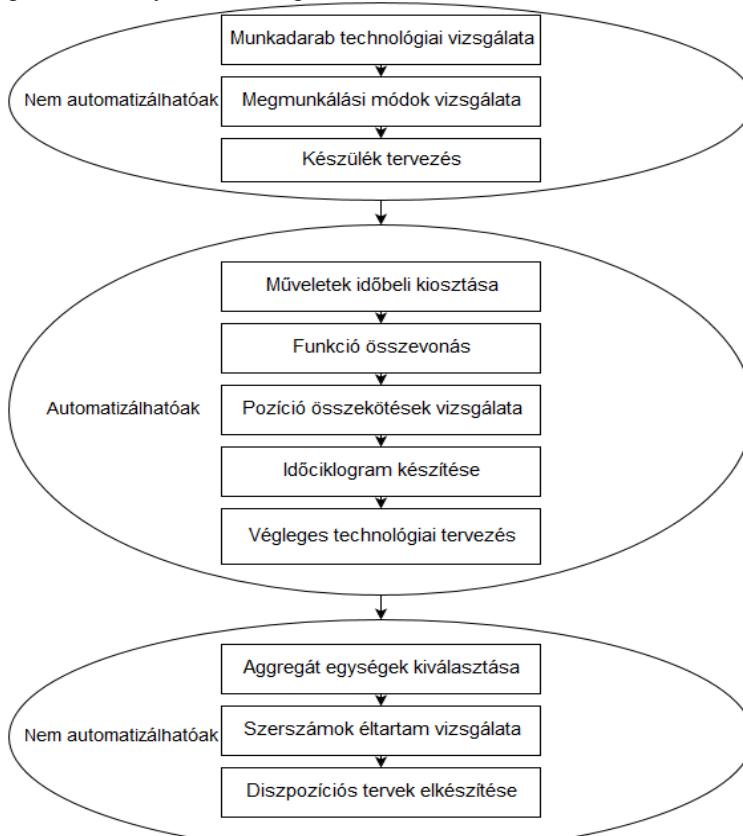
1. Bevezetés

Felgyorsult világunkban, a versenyszférában, ahol a piaci igényekre történő gyors reagálás alapvetően fontos, nélkülözhetetlen szerepet tölt be az idővel történő gazdálkodás. Az a cég tud versenyben maradni, amelyik a leggyorsabban válaszol a piaci igényekre. Minél gyorsabban érkezik meg a válasz az árajánlattal, annál nagyobb az esélye a cégnek egy-egy projekt megnyerésére. A döntéseket alaposan átgondolt költségvetési számítások előzik meg. Kisebb vagy nagyobb mennyiségben igényelt alkatrészek esetén el kell dönteni, hogy melyik géptípus alkalmazása éri meg jobban. Sok megoldás kerülhet szóba, de alapvetően két fő irány lehetséges, célgépet építünk egy adott problémára vagy pedig CNC gépet vagy ezek halmazát alkalmazzuk. A célgépek egyre inkább kezdenek kiszorulni a termelésből, mert manapság a megmunkáló központok alkalmazása még relatíve kevés számú munkadarabnál is előnyös, ráadásul univerzalitásuknak köszönhetően alkalmazhatóak más alkatrészeknél is, de a célgépekről ez nem mondható el. A módszerek közötti döntés adott esetben jelentős összegű is lehet, ezért a cégvezetőknek jelentős kockázatot kell vállalniuk egy-egy projekt megtervezése során. Tovább növeli a nehézségeket, hogy a beruházási döntéseknél túl rövid idő alatt kell meghozni az ilyen jellegű döntéseket. A megmunkáló központok ára adott, de egy célgépet egy konkrét

munkadarab köré kell felépíteni, és még ha nem is kész konstrukciót készítenek el, de jó közelítéssel meg kell tervezni az adott gépet, hogy a várható költségeket meg lehessen becsülni. Ezért egyre többen foglalkoznak a célgépek tervezésének automatizálási lehetőségeivel [1] [2]. Ehhez nyújt segítséget a következőkben ismertetett algoritmus, ami a célgép tervezés bizonyos szakaszait automatizálva csökkentheti a tervezési időt és ez által a vállalatoknak értékes időt takaríthat meg.

2. Célgéptervezés

A célgép tervezés folyamatának lépései az 1. ábrán találhatóak.



1. ábra. Célgéptervezés lépései

Első és alapvető művelet a munkadarab elemzése. Mivel egy adott alkatrész köré építjük a célgépet meg kell vizsgálni az alkatrészen a megmunkálások elvégzéséhez szükséges támadási irányokat és el kell dönteni, hogy hol lesz befogva a munkadarab. Meg kell vizsgálni a munkadarab készre munkálásához szükséges műveleteket, hogy milyen jellegű technológiák alkalmazására van szükség és hogy tarthatók az előírt tőrészek. A tervezés következő lépése a funkció összevonás. Mivel a célgép alapvető feladata, hogy a lehető leggyorsabban elő tudja állítani az alkatrészt, ezért a megmunkálás során bizonyos sorosításokat és párhuzamosításokat kell elvégezni. Ehhez nyújt segítséget a műveleti

eszközök összevonásának szabályrendszere. Ez alapján megkülönböztetünk elsőfokú, másodfokú, illetve harmadfokú funkció összevonást [3]. A következőkben ezeknek az összevonásoknak a jellemzőit mutatjuk be.

2.1. Funkció összevonások

I. Elsőfokú térbeli összevonás:

A célja az, hogy azonos támadási irányból ható szerszámokat közös forgástengelyre vonjuk össze. Ennek eredménye a programszerszám.

Feltételei:

1. Egyes felületek elkészülési sorrendje nem változhat az összevonás következményeként.
2. Technológiai összeférhetőség: közös forgástengelyen lévő szerszám élek fordulatszáma azonos, de a tengelytől mért távolságuk változhat, és ezzel különböző lesz a megvalósított forgácsolási sebesség. Az előtoló sebességek is közősek, tehát ezek összehangolása szükséges.
3. Összetett szerszámnál gondoskodni kell a forgácselvezetről, hűtésről, szilárdságról, élek pontos beállításairól és cserélhetőségéről.

II. Másodfokú térbeli összevonás:

A célja az, hogy azonos támadási irányból ható szerszámokat, szerszámcsoportokat közös előtoló egységre vonjuk össze. Eredménye a többsós előtét.

Feltételei:

1. Az egyes felületek elkészülési sorrendje nem változhat az összevonás következményeként.
2. Közös előtétben lévő szerszámok előtolási sebessége is közös, ezeket össze kell hangolni. Szerszám fordulatszáma n_i , előtolásuk f_i , és így az előtoló sebesség $v_{ei}=n_i \cdot f_i$. Akkor lesz ez működőképes, ha minden szerszám előtoló sebessége azonos értékű.
3. A szerszámok forgási sebessége és forgásiránya is lehet különböző.
4. Egyetlen előtétben belül nem lehet különböző megmunkálási fázisban lévő felületek szerszámaikat összevonni.
5. Geometriai összeférhetőség: előtétbe szerelt szerszámok konstrukciósan elférjenek, a tengelytávok olyanok legyenek, hogy a megfelelő szilárdságú orsók csapágyszárai elférjenek és a szükséges forgácsolási teljesítmények az egyes szerszámokhoz átvihetők legyenek.

III. Harmadfokú térbeli összevonás:

A célja a műveleti eszközök egy részének a munkadarab köré történő csoportosítása, a közös munkatér kialakítása. Eredménye a célgépi pozíciók és pozíció változatok. Ezen összevonásoknak köszönhetően gyakorlatilag kialakul a célgép struktúra vázlata és eldől az is, hogy milyen aggregát egységekből épül majd föl.

Feltételei:

1. Egyes felületek sorrendje itt sem változhat, de az egyes támadási irányokból ható szerszámcsoportok követő vagy előző időrendje, ha technológiai korlát nincs, akkor felcserélhetők.

2. Közös munkatérben, pozícióban lévő technológiák nem zavarhatják egymást.
3. Ne legyenek szélsőségesen eltérő forgácsolási teljesítmények a nagy eltérő erőhatások miatt.
4. Pozícióban a megmunkáló egységeknek el kell férniük úgy, hogy a szükséges szerszámcserek, tisztítási, karbantartási és ápolási feladatok is elvégezhetőek legyenek.
5. A célgépnak szerelhetőnek kell lennie.

Felvetődik a lehetősége annak, hogy bizonyos geometriai és forgácsolásméleti megfontolásokat figyelembe véve a funkció összevonások automatizálhatóak, csak kell egy minden paraméterre kiterjedő univerzális kód a munkadarabról. A következőkben a funkció összevonási lehetőségek lesznek vizsgálva a furatok szempontjából.

2.2. Funkció összevonások nehézségei furatok esetében

Az első probléma abból adódik, hogy a számítógépes algoritmusoknak fel kellene ismernie a műszaki rajzot és azon belül is a furatábrázolást. Továbbá el kellene dönteni, hogy egy adott furatot alulról vagy felülről érdemes kifúrni, hogyan lehet több megmunkálendő felületelemet összevonni, vagy hogyan fognak elférni később a megmunkáló egységek. Fel kell ismernie a furatok tengelyeit, hogy azok egybeesnek-e vagy sem, metsződik-e a tengelyük vagy sem. Ha egybeesnek a tengelyek, akkor az átmérők ismeretében meg kell vizsgálni, hogy mely furattal célszerű kezdeni a megmunkálást. Ha egy síkban metsződnek a tengelyek meg kell tudni állapítani, hogy a furat mélysége lehetővé teszi-e a párhuzamosítást. Abban az esetben, ha a tengelyek kitérőek ellenőrizni kell a furatmélységet illetve a furatátmérőt és azt, hogy megfelelő mennyiségű anyag van-e a két felület között a furat elkészítéséhez. Több furat megmunkálásánál sorrendet kell felállítani a műveletek között, fel kell ismerni, hogy mely művelet mi után következhet a későbbi szerszám-törés elkerülésének érdekében. A követelményeket úgy kell teljesíteni, hogy a furatok kódolásakor a lehető legkevesebb adatot kelljen megadni a könnyebb áttekinthetőség érdekében.

A számítógépeknek kódokra és matematikai műveletekre van szükség, míg a felhasználóknak könnyű kezelhetőségre illetve minimális energiaráfordításra, könnyen tanulható kódrendszerre. Ezen követelmények kielégítésére szolgáló javaslat kerül bemutatásra a következőkben.

3. A furat-felismerő algoritmus működése

Ha nincs 3D-s modell, akkor a számítógép számára nincs olyan információ, ami alapján automatikusan fel tudná ismerni az alkatrészben lévő furatokat. Ezért a megmunkálendő furat jellegű felületeket olyan kóddal kell ellátni, hogy a kód információtartalma elegendő legyen számítógépi feldolgozásra. Minden megmunkálási módot [4], melyet az alkatrészben a technológus észlel egy megfelelő betűjellel kell majd ellátni a kódolás során. Ez a betűjel utal majd a későbbiekben a megmunkálás jellegére.

Megmunkálás betűjelei:

1. D: dörzsárazás,
2. E: élettörés,

3. F: fúrás,
4. FB: furatbővítés,
5. H: homloksüllyesztés,
6. M: menetfúrás,
7. S: süllyesztés.

A megmunkálások elvégzésénél természetesen nem mindegy a sorrend, például nem lehet menetet fúrní illetve dörzsárazni, míg nincs furat.

Megmunkálások közötti műveleti, precedencia sorrend:

1. Fúrás (F), ha belefér az átmérő feltételbe, akkor össze lehet vonni az E és H művelettel.
2. Furatbővítés (FB); élettörés (E); homloksüllyesztés (H).
3. Süllyesztés (S), melyből van kúpos és csapos.
4. Dörzsárazás (D).
5. Menetfúrás (M).

Az egyes szinten lévő megmunkálások párhuzamosíthatók, ha nincsenek geometriai korlátai az összevonásnak.

Mivel furatokról illetve furat jellegű megmunkálási módokról beszélünk térbeli hengerek definiálása szükséges. Ehhez meg kell adni egy egytetemes koordináta rendszert. A felhasználó által definiált koordináta rendszer tetszőlegesen felvehető bármely pontban, de a javaslat az, hogy egy metszeti képhez kössük az XY síkot, a felülnézeti képhez az XZ síkot és az oldalnézethez pedig az YZ síkot, ahogyan a 2. ábra mutatja. Ez a koordináta rendszer definiálási módszer bármely munkadarabra alkalmazható.

Ez után lehetséges a térbeli henger definiálása. A [5] szerint egy henger definiálásához kell, a henger középpontja, ami most C ponttal van jelölve, kell a henger tengelyének egységnyi hosszúságú irányvektora, ami egy \vec{W} vektorral van jelölve, továbbá kell a henger r sugara és h magassága (3. ábra).

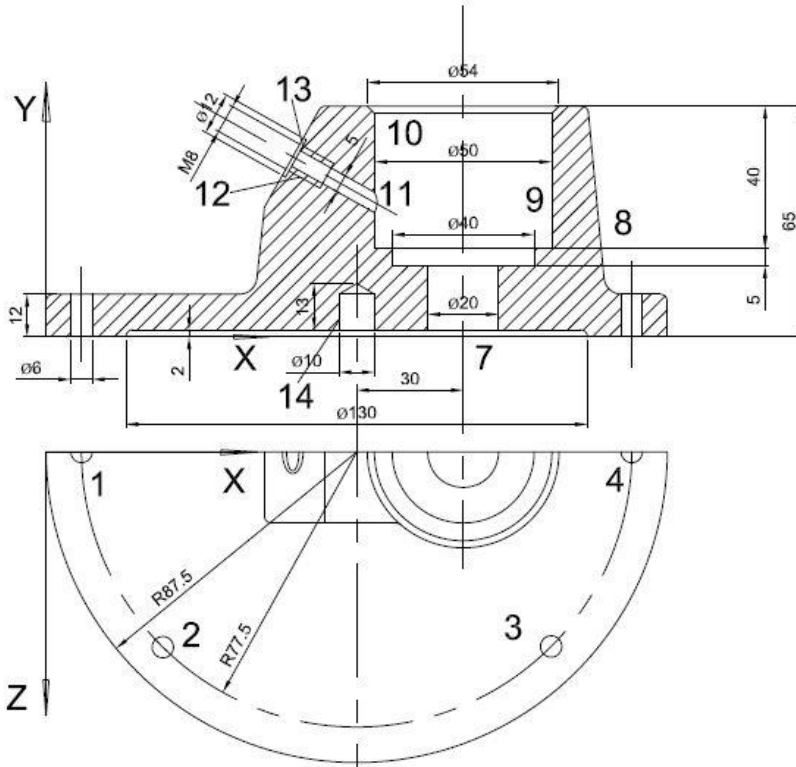
Ezek alapján a henger összes pontja megadható az alábbi összefüggéssel:

$$P(\theta, t) = C + (s \cdot \cos \theta) \cdot \vec{e}_x + (s \cdot \sin \theta) \cdot \vec{e}_y + t \cdot \vec{e}_z. \quad (1)$$

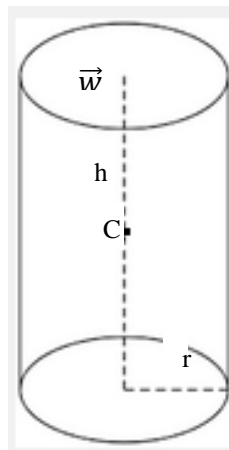
Ahol a $0 \leq s \leq r$; $|t| \leq \frac{h}{2}$; $\theta \in [0, 2\pi]$.

Az algoritmus működéséhez nem szükséges a középpontot megadni, hanem a furat kezdőpontját érdemes, mert ezt a program egy konstans szorzóval átalakítja a furat középpontjává. Az adott konstans szorzó:

$$Const = \frac{h}{2} \cdot |\vec{W}|. \quad (2)$$



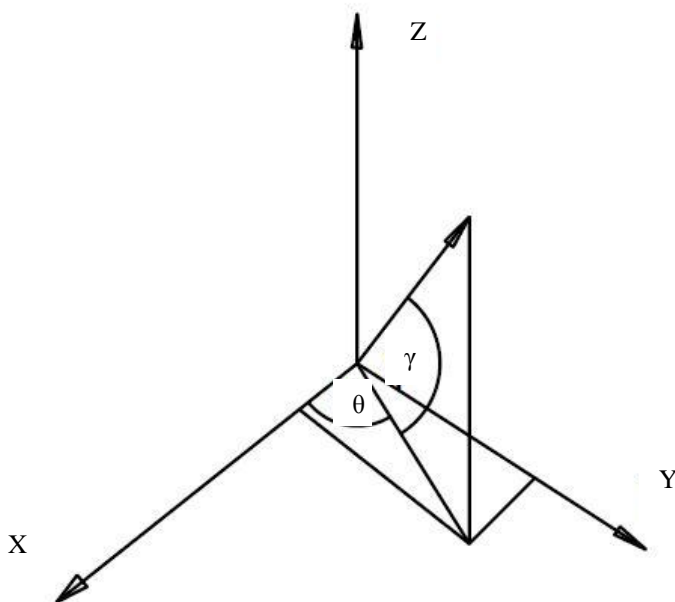
2. ábra. Koordinátasíkok definiálása



3. ábra. A henger nevezetes pontjai, vonalai

Nehézséget a tengely irányvektorának megadása jelenthet. Az első szög, amit θ -val jelölünk, az XY síkban a furat tengelyének az X tengellyel bezárt szöge. A másik szög,

amit γ -val jelölünk, pedig a tengelynek az XY síkkal bezárt szöge. A 4. ábra szemlélteti a szögek felvételi módját.



4. ábra. A henger tengelyének definiálása

Ezen szögek segítségével meg lehet adni a furat tengelyének egységvektorát az alábbi képlet segítségével:

$$\vec{w} = (\cos \theta \cdot \vec{e}_x + \sin \theta \cdot \vec{e}_y) \cdot \cos \gamma + \sin \gamma \cdot \vec{e}_z. \quad (3)$$

Tehát a kód, mely egy A jelű furat megadásához szükséges a következőképpen néz ki a felhasználó számára:

$$A(F;C(x,y,z);\theta, \gamma;r;h). \quad (4)$$

A megadott hengereknek, (ebben az esetben a furatoknak) a vizsgálata akkor indul meg, ha kettő vagy több furat kódolását adjuk meg. Az algoritmus a következő a furatok csoportosításánál. Először is számolunk egy \vec{D} vektort, ami a két henger középpontjának különbsége:

$$\vec{D} = C_1 - C_0. \quad (5)$$

Majd vesszük a két henger tengelyének vektorát és elvégezzünk egy vektoriális szorzást, melynek eredménye egy, a két tengely által kifeszített síkra merőleges vektor lesz. Ennek a vektornak nagy jelentősége lesz a későbbiek során, ugyanis ennek segítségével fog a program síkokat beszúrni és vizsgálni, hogy az adott sík metszi-e valamelyik hengert:

$$\vec{M} = \vec{w}_0 \times \vec{w}_1. \quad (6)$$

Majd kiszámoljuk ennek a vektornak a hosszát.

Az alap elgondolás, amiért ki kell számolni a két tengely vektoriális szorzatát a (7) jelű képletből egyértelműen világossá válik.

$$|a \times b| = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

Egy szorzat akkor és csak akkor nulla, ha valamelyik tényezője nulla. A két vektor nem lehet nulla, mert azok a koordinátatengelyek egységvektorai, így csak a $\sin \alpha$ lehet nulla. Ha $\sin \alpha$ nulla, akkor a tengelyek párhuzamosak, bizonyos átmérő feltételek mellett a megmunkálás összevonható. Egyéb esetben a tengelyek nem párhuzamosak és más szempontok alapján kell vizsgálgódn. Párhuzamos helyzetben két lehetőség van: meg kell vizsgálni, a két furat tengelyének távolságát a sugarakat összeadni és különbséget képezni. Másik esetben nem a sugarak, hanem a magasságok miatt érhetnek össze. Ha pedig nem párhuzamosak, akkor egy öt lépésből álló tesztet futtatunk le, amely síkokat húz a hengerek közé. Ha a síkok érintik mind a két hengert, akkor a megmunkálás nem vonható össze

Furatok összevonásának esetében nem elegendő pusztán a geometriai korlátoknak megfelelni.

A következő feltételek alapján vonhatóak össze a geometriai megfelelésen túlmenően. Három új bemenő adattal szükséges kibővíteni az alapkódolást, ami a korábbiakban bemutatásra került. A három új paramétert pedig a gyártók elég nagy százalékban meg szokták adni a termékeik mellé. A három paraméter a forgácsolási sebesség (v_c), az előtoló sebesség (v_f) és az előtoló erő (F_f). A végeleges kód általános alakja a következőképpen néz ki:

$$A(F;C(x,y,z);\theta, \gamma;r;h;v_c, v_f, F_f). \quad (8)$$

Technológiai összeférhetőségi feltételek egy tengelyen lévő furatoknál:

1. A maximális furatátmérő 15 mm telibe fúrásnál, az ettől nagyobb furatokat elő kell fúrni. [4]
2. Az optimális forgácsolási sebességtől legfeljebb 21,5 %-ban lehet eltérni pozitív illetve negatív irányba egy tengelyen levő fúró élek esetében. [4]
3. A szerszám élettartamoknak hasonlóknak, vagy egymás többszöröseinek kell lenniük.
4. A fúrási gépi fődőknek is egymás többszöröseinek kell lenniük.

A korábban ismertetett megfontolások, elvek és a megadott kód alapján a 2. ábrán feltüntetett munkadarab furatok szerinti lekódolása a következő:

- 1 F,20,12,0,-90,0,6,12,330,3.5,300
- 2 F,97.5,12,134,-90,0,6,12,330,3.5,300
- 3 F,252.5,12,134,-90,0,6,12,330,3.5,300
- 4 F,330,12,0,-90,0,6,12,330,3.5,300
- 5 F,252.5,12,-134,-90,0,6,12,330,3.5,300
- 6 F,97.5,12,-134,-90,0,6,12,330,3.5,300

- 7 F,205,17,0,-90,0,10,17,416,6.1,450
- 8 F,205,22,0,-90,0,20,5,416,5.3,900
- 9 F,205,60,0,-90,0,25,40,416,4.7,1100
- 10 E,205,62,0,-90,0,27,2,416,4.41,1150
- 11 F,145,55,0,-30,0,2.5,15,416,7.4,250
- 12 M,145,55,0,-30,0,4,10,130,4.8,100
- 13 H,145,55,0,-30,0,6,15,416,6.2,300
- 14 F,175,0,0,90,0,5,13,416,6.1,300

4. Összefoglalás

Az ismertett funkció összevonások figyelembevételével és bizonyos geometriai, forgácsolási paraméterek definiálásával el lehet érni, hogy egy számítógépi program felállítson egy műveleti sorrendtervet és meghatározza a soros illetve párhuzamosan végezhető műveletek sorszámait a furat jellegű megmunkálások esetében. Ez az elv és megvalósítás nagymértékben lecsökkentheti a tervezési folyamatokat bizonyos lépéseket kihagyva illetve átugorva. A későbbiekben ez az elv ki lesz terjesztve a marás jellegű megmunkálásokra is. Továbbá a végcél az, hogy a megmunkálásokat figyelembe véve a program nem csak műveleti sorrendtervet, hanem jellemző célgépi struktúrát is ajánljon fel a megvalósítás még gyorsabb eléréséhez.

5. Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő, Mechatronikai és Logisztikai Kiválósági Központ keretében, a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

6. Irodalom

- [1] Prof. P. R. Swant, Mr. R. A Barawade, Design and development of spm a case study in multi drilling and tapping machine
- [2] Majid Tolouei-Rad, Intelligent Analysis of Utilization of Special Purpose Machines for drilling Operations
- [3] Takács, Gy., Zsiga, Z., Szabóné Makó, I., Hegedűs, Gy: Gyártóeszközök módszeres tervezése, Nemzeti tankönyvkiadó, Miskolc – Egyetemváros, 2011 február
- [4] *Manufacturing Technology II.*, link: http://fmcet.in/MECH/ME6402_uw.pdf
letöltés ideje: 2016.06.02.
- [5] <http://www.geometrictools.com/Documentation/IntersectionOfCylinders.pdf>
- [6] Erdélyi, F.(szerk.): Szerszámgépek automatizálása II. Miskolc, Egyetemi jegyzet, 1985