

ÖSSZETETT GYÁRTÁSI FOLYAMATHOZ TARTOZÓ FORGÁCSOLÓ CÉLGÉP TERVEZÉSE

DESIGN OF SINGLE-PURPOSE CUTTING MACHINE FOR A COMPLEX PRODUCTION PROCESS

*Simon Gábor**, *Dr. Rónai László***

ABSTRACT

In the 21st century, companies are implementing automation in more and more areas to increase the number of units to be produced, which is essential for maintaining competitiveness. One possible solution to this is the use of special-purpose machines in production. This paper presents a design and development of a special-purpose machine, which is capable to use for machining process of a house of a differential. 3D models are also presented to visualize the system.

1. BEVEZETÉS

A 21. században a folyamatos fejlesztéseknek és a fogyasztói társadalomnak hála az iparban többször szükséges a termelékenységet fokozni. Ez sokszor azzal jár, hogy az adott alkatrész készre munkálásához már nem elég egy CNC megmunkáló központ, hanem szükséges a kis gyártási ciklusidő megvalósításához a célgépi struktúra alkalmazása. Fontos, hogy az egyedi tervezésű gép drágább, mint egy kereskedelmi forgalomban kapható berendezés, így csak akkor kifizetődő, hogyha az adott terméket hosszú időn át kell gyártani kis ciklusidő mellett.

Az [1] cikk egy motorblokk gyártásánál felmerülő kihívásokat, nehézségeket tárja fel, amelyeket egy célgéppel kívánnak orvosolni a szerzők. Itt a cél a ciklusidő minimalizálása, valamint a nemkívánatos rezgések csökkentése volt. A [2] publikáció egy csiszolókerék automatikus címkézésére alkalmas célgépet közöl. A folyamat öt lépésből áll, ezek a munkadarab betöltés, ragasztás, címkézés, préselés, majd kész termék eltávolítása. A forrás kiemeli, hogy eddig emberi munkaerővel történt a folyamat, amely az automatizálás révén sokkal gyorsabban és precízebben hajtható végre. A konstrukció egy forgó körasztalra épül, amelyet PLC-vel vezérelnek. A [3] cikkben a szerzők kiemelik, hogy az automatizálás napjainkban igen nagy fontossággal bír az ipar területén. Egy lökhárító lyukasztására és gumikonzol beillesztésére alkalmas célgép tervezésével foglalkoznak, amelynek segítségével a naponta 60 darab alkatrész kézi lyukasztása

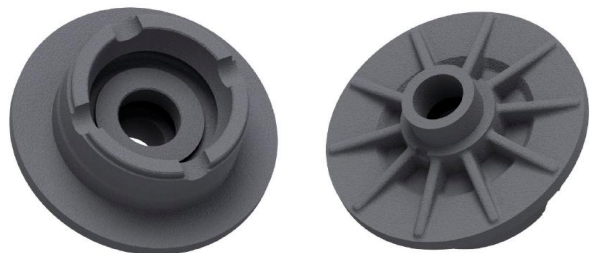
automatizálás után 200 darabra növekedett. A vezérlés központi elemének egy Siemens S7-1200-as PLC-t választottak.

Jelen cikk célja egy forgácsoló célgép tervezésének bemutatása, amely egy differenciálmű ház gyártásához alkalmas. A munkából korábban egy szakdolgozat is készült [4].

A második fejezet foglalkozik az előgyártmánnyal, a támadási irányok meghatározásával. A harmadik fejezet a megmunkálási műveletek vizsgálatát mutatja be, majd meghatározza az időszükségletet. A negyedik fejezet ismerteti a célgépi struktúrát, amelynél a legjobb változat műszaki értékelemzéssel került kiválasztásra. A fejezet a megtervezett célgépekről 3D-s modelleket is be kíván mutatni. Az összefoglalás tartalmazza az elért eredményeket, illetve kitekintést is ad a jövőbeni tervek vonatkozásában.

2. AZ ELŐGYÁRTMÁNY ÉS A KÉSZ TERMÉK BEMUTATÁSA

A differenciálmű ház előgyártmánya egy félkész öntvény, amely már tartalmaz előöntött furatokat. Az öntés utáni állapotot az 1. ábra mutatja. A munkadarab anyaga gömbgrafitos öntöttvas, amelynek egyezményes folyáshatára 340 MPa, míg a szakítószilárdsága 550 és 600 MPa között mozog.



1. ábra Az előgyártmány különböző irányokból

A 2. ábra a célgépi megmunkálást követő eredményt kívánja szemléltetni.

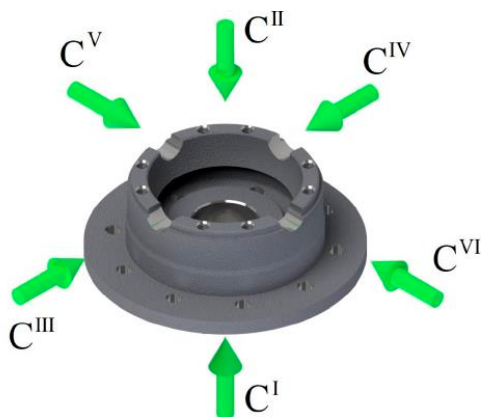
* mesteroktató, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet

** egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet



2. ábra A megmunkálást követő kész alkatrész

A főtengely furatának elvárt felületi érdessége $0,4 \mu\text{m}$, így ezt dörzsárazni szükséges, a többi felületnél a felületi érdesség $6,3 \mu\text{m}$ -re van előírva. A megmunkálás biztosítására összesen 6 darab támadási irányra lesz szükség, melyeket a 3. ábra szemléltet.



3. ábra Támadási irányok definiálása

A támadási irányok száma miatt két külön célgépi struktúra megtervezése célszerű, mivel egy esetben a megfogás irányából a megmunkálás megvalósításához bonyolult készülékre lenne szükség.

A forgácsolási műveletek tartalmaznak fűrást, süllyesztést, élettörést, furatbővítést, dörzsárazást és menetvágást. A C^I és C^{II} irányokból szükséges a legtöbb művelet elvégzése. A $C^{III} - C^{VI}$ irányokból csak furatbővítéseket kell eszközölni. Az első támadási irányból elvégzendő műveletkehez külön célgép alkalmazása történik meg, míg a többi egy másik célgépi struktúra hivatott megoldani.

3. A MEGMUNKÁLÁSI MŰVELETEK SORRENDJE

A műveletek megfelelő párhuzamosításával elérhető a ciklusidő minimalizálása, mint fő cél. Az időbeli kiosztások feltérképezéséhez felületkomplexumok létrehozására van szükség. A komplexumok azon felületeket jelentik, amelyek egy támadási irányból ugyanazon megmunkálási móddal készíthetők el azonos pozícióban [5]. Például az első támadási irányból az első komplexum lehet egy furatbővítés – süllyesztés – élettörés. Komplexumokon belüli párhuzamosításokat fel kell deríteni, hogy a gyártási időszükséglet a lehető legkisebb legyen. Természetesen az egyes komplexumok

közötti párhuzamosításokra és a kötelező sorosodásokra is figyelmet kell fordítani. A kötelező sorosodásra jó példa, hogy egy furatot először ki kell fűrni, majd csak utána lehet dörzsárazni.

A lehetséges időbeli kiosztásokra több megoldásváltozat generálható, amelyekből szükséges a legjobbnak vélt változatot megválasztani.

Az első célgépi struktúrájánál furatbővítés, élettörés, süllyesztés történik egyszerre a központi furatnál, majd ezután megtörténik párhuzamosan a 10 darab furat kifűrése, süllyesztése, élettörése. Az utolsó előtti megmunkálási pozícióban 5 darab, a bordák közti furat kifűrése zajlik, ezután fog történni a központi furat dörzsárazása.

A második célgépen történik a további öt támadási irányból lévő megmunkálások elvégzése. Itt először a C^{III} és C^{IV} irányokból párhuzamosan lesz meg a furatbővítés, ezt követően a C^V és C^{VI} támadási irányokból fog a furatbővítés megtörténni. A végére marad a C^{II} támadási irány, ahonnan egy időben történik az élettörése és a furatbővítése a központi furatnak és a 8 darab furat kifűrése, élettörése. Itt a folyamat a 8 furat menetvágásával ér majd véget.

Az időszükséglet megállapításához fűrésra és menetfűrésra különböző képletek alkalmazandók:

$$t = \frac{L_m}{v_f} + \frac{2L_r + L_m}{v_{gy}}, \quad (1)$$

$$t = \frac{2L_m}{v_f} + \frac{2L_r}{v_{gy}}, \quad (2)$$

ahol L_m a munkameneti utat-, L_r a ráfutási utat jelenti. A munkameneti- és a gyorsmeneti percenkénti előtolást rendre v_f és v_{gy} jelöli. A ráfutási úthossz a számítások során 5 mm-re lett véve, míg a gyorsmeneti sebesség 3000 mm/perc lesz. A percenkénti előtolások értéknek megállapítása a Walter GPS program [6] felhasználásával történik. A felhasználói felületen lehetőség van beállítani a megmunkálandó anyag anyagminőségét, a paramétereket, majd a program forgácsolási adatokat számol, továbbá még szerszámokat is fog ajánlani. A program helyessége ellenőrizhető a [7] könyvben közölt számítások elvégzésével, ezek a főorsó fordulatszám, a fajlagos főforgácsoló erő, a főforgácsoló erő számítása a helyesbítő tényezők felhasználásával. A forgácsolási teljesítmény megkapható a forgácsoló erő és a forgácsolási sebesség szorzatának képzésével.

A megkapott paraméterek ismeretében számítható a ciklusidő a két célgépnél. Hogyha a műveletek egymás utáni elvégzése áll fenn párhuzamosítások nélkül és a megmunkálások közötti idő 3 sec, akkor az első célgépen a ciklusidő ~50 sec, míg a második berendezésnél ~70 sec. 250 munkanapot és 8 órás műszakot feltételezve a termelékenységgé számítható:

$$Q = 250 \frac{8 \cdot 60 \cdot 60}{t}. \quad (3)$$

Az első célgépnél $Q = 144000 \text{ db/év}$, míg a 2. gépnél $Q = 103000 \text{ db/év}$ körüli a gyártott darabszám. Természetesen a lehetséges párhuzamosítások alkalmazásával az értékek növekedhetnek, de szükséges figyelembe venni a javítási-, a szerszámcseré időket is.

4. CÉLGÉPI STRUKTÚRA ISMERTETÉSE

A célgépekhez felhasznált agregát egységek piacon elérhető termékekből kerültek kiválasztásra [8]. Annak érdekében, hogy a feladathoz a legjobb struktúra kiválasztása biztosítva legyen, műszaki értékelemzés történt.

1. táblázat Az első célgép értékelemzése

	M1	M2	M3	M4
S1	0	1	1	1
S2	1	1	1	1
S3	1	1	0	0
S4	0	1	1	1
S5	1	0	0	1
S6	0	0	1	1
S7	0	0	0	1
S8	1	0	0	1
S9	0	1	1	0
SZUM	4	5	5	7

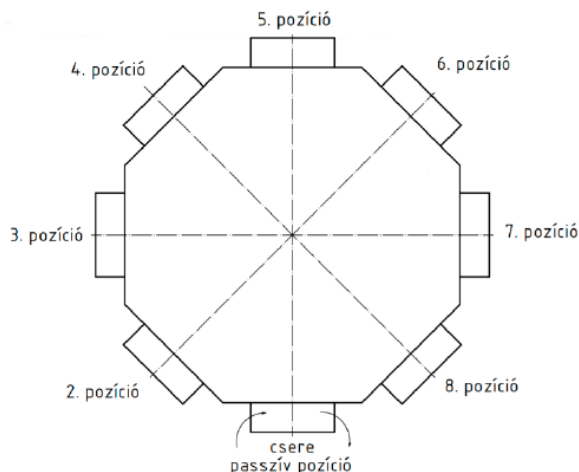
2. táblázat A második célgép értékelemzése

	M1	M2	M3	M4
S1	0	1	1	1
S2	0	1	1	1
S3	0	1	0	1
S4	0	1	1	1
S5	1	0	0	1
S6	0	0	1	1
S7	0	0	0	1
S8	1	0	0	1
S9	0	1	1	0
SZUM	2	5	5	8

A megoldásváltozatok: M1-léptetett hosszasztal, M2-lineáris sor, M3-gyűrűs körasztal, M4-dobos struktúra. Az értékelési szempontok (S): S1-termelékenység, S2-pozíciószám, S3-igénybe veendő támadási irányok száma, S4-feltöltöttség, S5-helyigény, S6-tipizált elemekből építhetőség, S7-struktúra összetettség, S8-költség, S9-megmunkált darab mérete. A pontozás során 1 jelenti, hogy alkalmas az adott szempont szerint a megoldásváltozat, míg 0 esetén nem felel meg. A legtöbb pontot érő megoldásváltozat lesz a legmegfelelőbb.

Az 1. és 2. táblázatok eredményei alapján látható, hogy mindkét esetben a dobos struktúra alkalmazása a legcélravezetőbb.

Az első és a második célgépnél a dob egyaránt 8 osztással fog rendelkezni (lásd: 4. ábra). Az első pozíció passzív lesz, ez szolgál a munkadarab cseréjére.



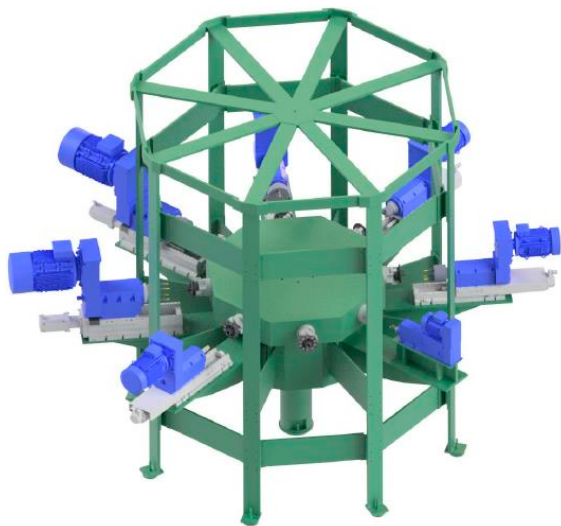
4. ábra A dobos struktúra pozíciói

A munkadarab rögzítéséhez, annak kialakítása függvényében satut vagy tokmányt kell választani. Coulomb féle súrlódási törvényt felhasználva, továbbá a legnagyobb, a munkadarabot kikényszeríteni vagy elfordítani akaró erővel számolva megkapható a szorítóerő nagysága. Egy hárompofás tokány fogja a munkadarab rögzítése feladatát ellátni.

A munkadarabok cseréjére előzetesen 5 másodpercet véve, majd az egyes megmunkálási pozíciókban adódott időkből megkapható a tényleges ciklusidő. Az asztal léptetési ideje a számításoknál 2 sec volt. A kritikus időt az a pozíció adja, amelynél a legtöbb ideig tart a megmunkálás. Az 1. gép esetében ez a 2. pozícióra adódott (11,38 sec), ahol a központi furat megmunkálása zajlik. A 2. célgépnél a ciklusidő 17,3 sec lesz, itt a 3. megmunkálási pozícióban lesz a legtöbb ideig a munkadarab. Az időket alapul véve a napi gyártható darabszám 1000 körüli értéket fog képviselni. Az első célgépi struktúrát az 5. ábra mutatja, míg a másodikat az 6. ábra.

Az 1. egység magassága 3,7 méter, legnagyobb vízszintes kiterjedése 5,2 méter. A 2. egység magassága megegyezik az előzőével, viszont a legnagyobb vízszintes kiterjedése 3,9 méter.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

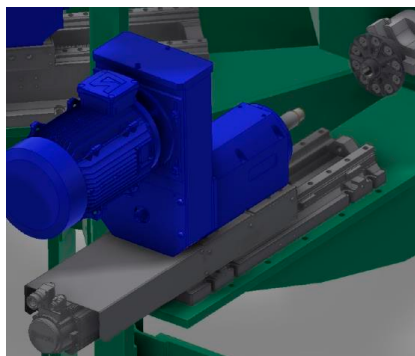


5. ábra Az első célgép 3D-s modellje



6. ábra A megtervezett 2. célgép 3D-s modellje

Az első célgépnél a 2. pozícióban lévő központi furat megmunkálását a 7. ábra érzékelteti.



7. ábra Az első célgépen történő egyik megmunkálási folyamat

Az iparban többször előfordulhat olyan eset, amikor egy hagyományos megmunkáló központ már nem tud megfelelő gyártási darabszámot biztosítani egy adott időn belül, ekkor a cég számára megoldást jelenthet egy célgép megtervezése.

A cikkben közölt forgácsoló célgép egy differenciálmű házának készre munkálását hivatott elvégezni kis ciklusidő biztosítása mellett. A 3D-s modellezés előtt szükségesek voltak mérnöki számítások, amelyek kulcsfontosságúak az aggregát egységek kiválasztásához. A megmunkáláshoz felhasznált aktuátorok kereskedelmi forgalomból elérhetők.

A jövőbeni tervek között szerepel más típusú célgépek tervezési feladatának megfogalmazása, amelyek nemcsak forgácsolásra valók, hanem pl. szerelésre, ragasztásra stb.

6. IRODALOM

- [1] BAPAD P., ACHARYA J. Y.: *Case Study of Designing a Special Purpose Machine*, Novateur Publications, IJERT, Vol. 1., Issue 1., 2014.
- [2] MUKHERJEE A., THAKRE C., UMATE I. N., KHANDADE S. S., BOOB G.: *Design of Special Purpose Machine for Labelling of Grinding Wheel*, Research and Development in Machine Design, Vol. 4., Issue 2., 2021.
- [3] KAPSE A., NIMSE M., BHALEKAR A., ZAMBARE U., ROUT J., HINGE T.: *Design and Development of Special Purpose Machine for Sensor Hole Punching and Bracket Pasting Operation*, International Conference on Computing, Communication and Green Engineering, IEEE, 2021.
- [4] KIS D.: *Forgácsoló célgép tervezése differenciálmű ház gyártásához*, Miskolci Egyetem, GÉIK, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 2021.
- [5] TAKÁCS GY., ZSIGA Z., SZABÓNÉ MAKÓ I., HEGEDŰS GY.: *Gyártóeszközök módszeres tervezése*, Nemzeti tankönyvkiadó, 2009.
- [6] WALTER AG.: *Walter GPS program*
<https://www.walter-tools.com/hu-hu/gps>
- [7] DUDÁS I.: *Gépgyártástechnológia I.*, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2000.
- [8] SUHNER GmbH weboldala:
<https://www.suhner.com>