

Automatizált palettacserélő CNC megmunkáló központokhoz

Ing. Bálint Ferenczi *, Doc. Ing. Iveta Čáčková, PhD., Doc. Ing. Viliam Čáčko, PhD.

ÚVIP, SjF, STU, Bratislava, Slovakia

Absztrakt

Az automatizált palettacserélő rendszer célja a CNC megmunkáló központok hatékonyságának növelése és az állásidők minimalizálása. Központi eleme a rakodóegység, amely két egymástól függetlenül működő villával végzi a paletták gyors és pontos mozgatását, így jelentősen csökkenti a mellékidőt. A szerkezet moduláris, teljesen elektromos hajtású, lineáris hajtóművekkel és villanymotorokkal, amelyek magas pontosságú pozicionálást biztosítanak. A konstrukció tervezése és ellenőrzése végeselem-módszerrel történt, garantálva a stabilitást és megbízhatóságot. Újdonság a félköríves palettatároló, amely nagyobb kapacitást és kompaktabb elrendezést kínál a hagyományos lineáris rendszerekkel szemben, valamint a forgó rakodóállomás, amely tovább csökkenti a gyártási mellékidőt. A koncepció funkcionális prototípusa additív technológiával, PLA műanyagból készült, amely Arduino rendszerrel van vezérelve. A gép szabadalmi bejelentés alatt áll, jelezve ipari hasznosíthatóságát és technológiai értékét.

1 Bevezetés

A modern gyártásban a termelékenység és hatékonyság növelése stratégiai fontosságú, különösen a globális verseny és a magas minőségi követelmények miatt. A CNC megmunkáló központok, mint a korszerű gyártási rendszerek alapvető elemei, kiemelt szerepet játszanak a különböző iparágakban. Ugyanakkor ezen berendezések teljesítményét és kihasználtságát jelentősen befolyásolja a mellékidő, amely a főműveleten kívüli tevékenységeket foglalja magában. [1]

A mellékidő egyik legnagyobb forrása a munkadarabok manuális cseréje és az ezzel járó előkészítési folyamatok. Amikor a gépnek meg kell állnia egy új munkadarab befogására vagy a kész darab eltávolítására, értékes gépidővész kárba, ami csökkenti a termelékenységet. A modern ipar ezért egyre nagyobb hangsúlyt helyez olyan automatizált megoldásokra, amelyek képesek minimalizálni az emberi beavatkozást, csökkenteni a hibalehetőséget, valamint lehetővé teszik a gépek szinte folyamatos üzemét. [1]

A palettacserélő rendszerek automatizálása ennek egyik kulcseleme. Az automatizált palettaváltás révén biztosítható, hogy a CNC központ a főművelet végzése közben párhuzamosan előkészíthető legyen a következő munkadarab, ezáltal gyakorlatilag megszűnik

* Kapcsolattartó szerző. Ferenczi Bálint
E-mail cím: balint.ferenczi@stuba.sk

az állásidő a megmunkálási folyamatok között. Ez nemcsak a termelékenységet növeli, hanem a gyártás rugalmasságát és a gépek megtérülését is jelentősen javítja.

Számos nemzetközi gyártó, pl.: Hermle, Mazak, DMG MORI, Okuma, Haas Automation, GROB-WERKE kínál különféle palettakezelő megoldásokat, amelyek közül a leggyakoribbak a kétpalettás váltók, a forgó palettatárolók és a nagykapacitású lineáris palettarendszerek. Ezek a rendszerek azonban sok esetben kompromisszumokat kívánnak: a nagyméretű lineáris rendszerek kiemelkedő kapacitással rendelkeznek, de beruházási költségük magas és nagy helyigényűek, ezzel szemben a kisebb palettaváltók kompaktak, de korlátozott a kapacitásuk és a bővíthetőségük. [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]

2 Kiindulópontok

A fejlesztés kiindulópontját egyrészt a szerző korábbi – koncepcionális jellegű – záróvizsgamunkája az alapképzésen (SjF-104454-110698) jelentette, amelyben első alkalommal került kidolgozásra egy automatizált palettacserélő rendszer alapelve. A most bemutatott munka ennek továbbfejlesztéseként, részletesebb mérnöki tervezési és ellenőrzési folyamatokra épül. [1]

Másrészt fontos szerepet játszott a piaci felmérés, amely során áttekintésre kerültek a vezető gyártók által kínált megoldások. A vizsgálat rámutatott, hogy a jelenleg elérhető rendszerek többsége vagy túlzottan költséges és helyigényes, vagy pedig kapacitásban és bővíthetőségben korlátozott. [2], [3], [4], [5], [6], [7]

A koncepció kialakításához ezért meghatározásra kerültek a legfontosabb műszaki paraméterek és tervezési szempontok, amelyek a következők:

- a rendszernek 500×500 mm méretű palettákkal kell dolgoznia,
- a paletták maximális terhelhetősége 400 kg,
- a konstrukció legyen moduláris felépítésű, hogy a felhasználói igényekhez rugalmasan igazítható legyen.

Ezen alapkövetelményekhez kapcsolódóan a teljes rendszer három fő szerkezeti egységből áll:

1. **Rakodóegység** – különlegessége a két, egymástól függetlenül mozgatható villa, amelyek a paletták gyors és pontos áthelyezését végzik, miközben párhuzamos folyamatokat is képes végrehajtani, így jelentősen csökkenti a mellékidőt.
2. **Palettatároló egység** – félköríves elrendezésben, amely helytakarékos kialakítást és nagyobb kapacitást biztosít a hagyományos lineáris tárolókkal szemben.
3. **Rakodó-/kiadóállomás** – forgó kialakítású, amely tizenkét paletta befogadására képes, ezzel tovább csökkentve az állásidőt és növelve a folyamat rugalmasságát, illetve másodlagos tárolóegységként is szolgál.

A fent részletezett kiindulópontok szolgálták alapul a teljes konstrukció kidolgozásához. A tervezés során a rendszer CAD-modellezéssel került megalkotásra, amelyet végeselemes analízis (FEM) követett a szerkezeti szilárdság, merevség és stabilitás ellenőrzésére. E módszerek alkalmazása biztosítja, hogy a rendszer ipari környezetben is megbízhatóan és hosszú távon működtethető legyen.

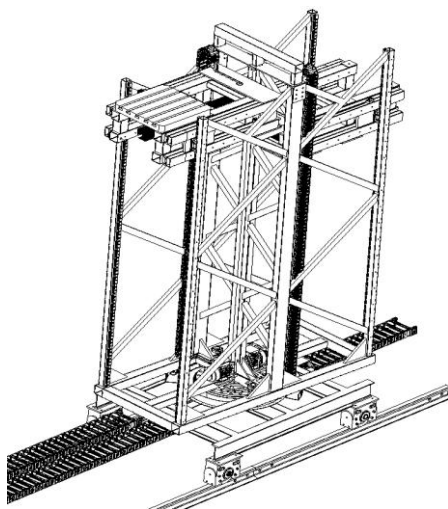
3 Eredmények

3.1 Rakodóegység tervezése

A rakodóegység a rendszer központi funkcionális eleme, amely biztosítja a paletták mozgását a tároló, a berakodóállomás és a CNC megmunkáló központ között. A tervezés során kiemelt cél volt a párhuzamos műveletvégzés lehetőségének megteremtése, amelyhez innovatív módon két, egymástól függetlenül mozgatható villa került alkalmazásra. Ez az elrendezés lehetővé teszi, hogy miközben az egyik villa a megmunkálásra előkészített palettát a gépbe szállítja, a másik villa egy másik palettát tárolóból vesz ki vagy a berakodóállomáson helyez el.

A szerkezet kialakítása során a lineáris aktuátorok és villanymotorok alkalmazása biztosítja a pontos és ismételhető pozicionálást. Az elektromos hajtás előnye, hogy energiahatékony, alacsony karbantartási igényű, valamint könnyen integrálható a CNC központ vezérlőrendszerével. A hajtásrendszer tervezése során figyelembe vettük a maximális 400 kg-os palettaterhelést, amelyhez megfelelő biztonsági tényezőt rendeltünk.

A végeselemes analízis (FEM) eredményei igazolták, hogy a rakodóegység szerkezeti szilárdsága megfelelő. A biztonsági tényező minden vizsgált csomópontban 2 feletti értéket mutatott, amely megbízható és tartós üzemeltetést garantál. Az 1. ábrán látható a megtervezett rakodóegység.



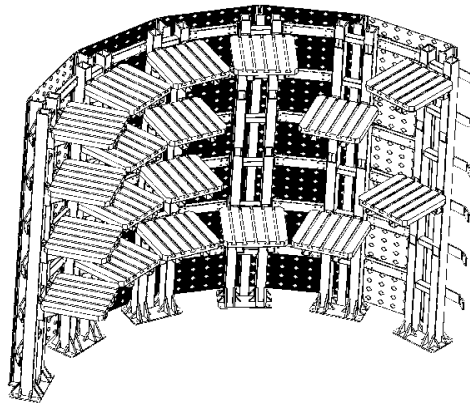
1. ábra Rakodóegység

3.2 Tárolóegység tervezése

A tárolóegység a rendszer kapacitásának és rugalmasságának egyik legfontosabb meghatározója. A jelenlegi ipari rendszerekben jellemzően lineáris elrendezésű tárolókat alkalmaznak, amelyek nagy helyigénnyel rendelkeznek, különösen akkor, ha több mint 10–12 paletta kezelésére van szükség. A kutatás egyik fő eredménye a félköríves palettatároló kialakítása, amely azonos alapterületen nagyobb számú paletta befogadására képes.

Ez a megoldás nemcsak helytakarékos, hanem ergonómiai szempontból is előnyös, mivel a paletták elrendezése átláthatóbb, a tároló karbantartása pedig egyszerűbb. A félköríves elrendezés moduláris módon bővíthető, így a gyártási igények változásához rugalmasan igazítható.

A konstrukció modellezése során vizsgáltuk a tárolókarok és tartószerkezetek szilárdságát is. A FEM analízis kimutatta, hogy a tároló elemei a maximális terhelés mellett is a megengedett határokon belül maradnak. Ez biztosítja, hogy a tároló egység hosszú távon stabilan és biztonságosan működtethető legyen ipari környezetben. A 2. ábrán látható a megtervezett tárolóegység.

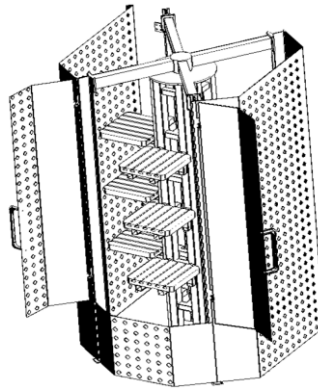


2. ábra Tárolóegység

3.3 Berakodóállomás tervezése

A berakodó-/kiadóállomás a rendszer és a kezelő közötti kapcsolódási pont. Feladata, hogy a megmunkálásra szánt munkadarabok előkészítése és a kész darabok eltávolítása a gép működésétől függetlenül történjen. A tervezett állomás forgó kialakítású, amely 12 paletta befogadására alkalmas.

Ez a megoldás jelentős időmegtakarítást eredményez, különösen több műszakos, folyamatos gyártás esetén, amikor a mellékidők minimalizálása stratégiai fontosságú. A forgómozgást egy szervomotoros meghajtás biztosítja, amely pontos és ismételhető pozicionálást nyújt, így a paletták cseréje gyorsan és biztonságosan valósul meg. A 3. ábrán látható a megtervezett berakodóállomás.



3. ábra Berakodóállomás

3.4 Makett elkészítése

A koncepció gyakorlati ellenőrzésére és demonstrálására egy funkcionális makett készült, amely additív technológiával, PLA műanyagból került legyártásra. A makett méretarányos modellként szolgált, amely tartalmazza a rakodóegységet és a félköríves tárolót.

A mozgatás megbiztosítására különféle szervomotorok és léptetőmotorok lettek elhelyezve. A vezérlés megvalósítására egy Arduino mikrokontrolleres rendszer szolgált, amely szimulálta a rakodóegység és a tároló működését. A makett célja nem a mechanikai terhelések valós tesztelése volt, hanem a rendszer működési logikájának szemléltetése.

4 Következtetések

A kutatás célja egy olyan automatizált palettacserélő rendszer megtervezése és működési koncepciójának validálása volt, amely a CNC megmunkáló központok termelékenységét jelentősen növeli, miközben a beruházási és üzemeltetési költségeket alacsony szinten tartja. A fejlesztés során sikerült egy olyan moduláris és kompakt konstrukciót létrehozni, amely ötvözi a nagy ipari rendszerek teljesítményét a kisebb automatizálási egységek rugalmasságával.

A tervezés eredményeként megvalósult rendszer három kulcsfontosságú egységből épül fel:

- a rakodóegység, amely két, egymástól függetlenül mozgatható villával gyors és precíz palettakezelést biztosít,
- a félköríves tárolóegység, amely nagyobb kapacitást kínál azonos alapterületen,
- valamint a forgó berakodóállomás.

A végeselemes analízis (FEM) igazolta a szerkezet szilárdsági megfelelőségét és üzembiztonságát, míg az additív technológiával előállított PLA makett és az Arduino vezérlésű kísérleti rendszer megerősítette a koncepció működőképességét és logikai helyességét. A gép szabadalmi bejelentés alatt áll, jelezve ipari hasznosíthatóságát és technológiai értékét.

Köszönetnyilvánítás

Ez a kutatás a VEGA 1/0387/24 számú projekt („Analýza HAZ index kompozitov vystužených plastmi z uhlíkových vlákien (CFRP) pomocou kvázi-kontinuálnej vlny (QCW) vláknový laser“) keretében valósult meg, a Szlovák Köztársaság Oktatási, Tudományos, Kutatási és Sportminisztériuma (MŠVVaM SR), valamint a Szlovák Tudományos Akadémia (SAV) Tudományos Grantügynöksége (VEGA) támogatásával.

Felhasznált irodalom

- [1] B. FERENCZI, 2023. Návrh automatizovaného prípravku na výmenu palety s obrobkom. Bakalárska práca. [online]. <https://opac.crzp.sk/?fn=docview2ChildMC7BJ&record=08878EB2E7E37CD09D9071C0752B&seo=CRZP-Prehliadanie-pr%C3%A1c>
- [2] Hermle AG. Automatizace Hermle [online]. <https://www.hermle.de/en/machining-centres-automation/automation/pallet-changer/>
- [3] Yamazaki Mazak UK Ltd. Automatizace [online]. <https://www.mazak.com/cz-cs/vyrobky/automatizace-obrabeni/>
- [4] DMG MORI. Manipulace s paletami [online]. <https://en.dmgmori.com/products/automation/pallet-handling>
- [5] Okuma Europe GmbH. Palletace [online]. <https://www.okuma.eu/palletace/>
- [6] Haas Automation, Inc. Pallet-Changing [online]. <https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/vc-series.html>
- [7] GROB-WERKE GmbH & Co. Automation [online]. <https://www.grobgroup.com/en/products/product-range/automation/>