

Moduláris szerelési paletta oktatási célú kollaboratív robotos munkaállomáshoz

Modular assembly pallet for educational workstation with collaborative robot

SZŰR Dávid¹, M.Sc., fejlesztőmérnök, NACSA János^{1,2}, Ph.D., tud. főmunkatárs, BEREGI Richárd¹, M.Sc., tud. segédmunkatárs, KEMÉNY Zsolt¹, Ph.D., tud. főmunkatárs

¹ SZTAKI, Mérnöki és Üzleti Intelligencia Kutatólaboratórium
H-1111 Budapest, Kende utca 13–17.; Telefon: +36 1 279 6000; Fax: +36 1 466 7503
szur.david|nacsajanos|beregerichard|kemeny.zsolt@sztaki.hu; <http://www.sztaki.hu>

² Széchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont
H-9026 Győr, Egyetem tér 1.; Telefon: +36 96 613 680; jkk.sze.hu

Kivonat

A SZTAKI győri Ipar 4.0 laboratóriumában kialakított kollaboratív mintarendszer erőforrásaira támaszkodva egy Learning Factory tanfolyam keretein belül különféle egyetemeken BsC. hallgatói layout- és folyamattervezési feladaton keresztül oldanak meg komplex műveleteket. A cikk bemutatja a kialakított rendszert, lehetőségeit és korlátait. Részletesen ismerteti a kitzűzött feladatban használt gömbcsap robotos szerelésének lehetőségeit, a szerelhetőséget biztosító ülékek kialakítását, azok modularizációját.

Kulcsszavak: ember–robot kollaboráció; kurzusfejlesztés; layout- és folyamattervezés; összeszerelő egységek tervezése; moduláris összeszerelés

Abstract

Relying on the resources of a collaborative demonstration system developed at the SZTAKI Industry 4.0 laboratory in Győr, students participating in a Learning Factory course perform complex operations in layout and process planning. The article introduces the system, its capabilities and limitations. Furthermore, possibilities of robotised assembly of the selected ball valve type are described, along with the the design of assembly supports and their modularization.

Keywords: human–robot collaboration; course development; layout and process planning; modeling of assembly units; modular assembly

1. BEVEZETÉS

A Learning Factory (LF) [6] típusú képzések az ipari termelés olyan folyamataira összpontosítanak, ahol egyszerűsített környezetben, viszonylag gyorsan megtanulható eszközökkel önálló mérnöki feladatokat kell a diákoknak megoldaniuk a tervezéstől a megvalósításig. A hagyományos oktatással ellentétben itt a gyakorlat és az elmélet szoros és konkrét integrálása a cél. Mivel egy teljes termelési hálózatot nehéz lenne megvalósítani, ezért az ilyen kurzusok általában egy meghatározott absztrakciós szinten maradnak. A néhány napos tanfolyam a prototípus tervezésétől annak sikeres teszteléséig és kiértékeléséig tart, esetleg visszajelzési hurkokkal és iteratív fejlesztéssel.

Az emberek és robotok közös munkatérben történő kollaborációja olyan új technológia, mely az emberek és a gépek eltérő képességeinek előnyös vonásait kívánja kombinálni, és hátrányait kölcsönösen áthidalni [1]. Ennek megtapasztalására és kézzelfoghatóvá tételére alkalmas egy Learning Factory tanfolyam, ahol a kollaboráció elemei tervezendők és megvalósítandók. Jelenleg zajlik a 2020

nyarán első alkalommal meghirdetett tanfolyam összeállítása, a szükséges eszközpark tervezése és elkészítése. [2].

A műszaki probléma, a moduláris összeszerelés széles körben ismert feladat, ahol cél többek között az összeszerelési költségek csökkentése, a szerelési idő redukálása és a logisztikai feladatok könnyítése. A műveletek elosztása – kifejezetten, ha ütemes előszerelés zajlik – kedvezően hat a költségekre [3]. Újszerű kihívást jelent a szerelési lépések felosztása robot és ember között, valamint a robotos szerelési lépések végrehajthatóságának az ellenőrzése.

A tervezett Learning Factory kurzus helyszíne a SZTAKI által tervezett, épített és üzemeltetett győri Ipar 4.0 labor [5,7]. A labor otthont ad hagyományos automatizált mintarendszereknek is, így a hallgatók közvetlenül is összehasonlíthatják a két különböző gyártási paradigmát. Az önálló tanfolyam a már elkészített eszközök és informatikai megoldások megismerésével kezdődik, majd az önálló csapatokban kidolgozott sikeres megoldások kiértékelhetők és egymással összehasonlíthatók.



1. ábra Kollaboratív robotos szerelő munkaállomás

2. KIALAKÍTOTT RENDSZER

A létesítmény négy munkaállomást tartalmaz, amelyek mindegyike egy robotkar felszerelésére alkalmas és szabadon konfigurálható felülettel rendelkezik (1. ábra), valamint előre elkészített, palettákra osztott felületi elemekkel is fel van szerelve. A paletták az asztalokra sínek segítségével rögzíthetők, melyek mindegyike párban tetszés szerinti pozícióban helyezhető el, figyelembe véve a robot munkaterét, a közös-, illetve az emberi munkavégzés területeit. Az alkatrészekhez és a szereléshez szükséges ülécék a palettákon fix helyen, csavarok segítségével kerülnek rögzítésre. A kurzushoz szükséges kellékek (ülécék) előzetesen 3D nyomtatóval készülnek el. Az állomások körüli asztalok elrendezése, a szerelésre rendelkezésre álló tér elhelyezkedése minden állomásnál különbözik a többitől, illetve adott határok közt szabadon választható.

A szerelési feladatban összeállítandó gömbcsap nyolc alkatrészből áll, melyek közül több is előszerelvény formájában kerül beépítésre. Az összeszerelés során a legnagyobb problémát a rugalmas alkatrészek robottal történő helyes megfogása és helyre illesztése jelenti. Emiatt szükséges a kollaboráció, hiszen az emberi kéz ügyességét kihasználva ezek a műveletek lényegesen egyszerűbben kivitelezhetők.

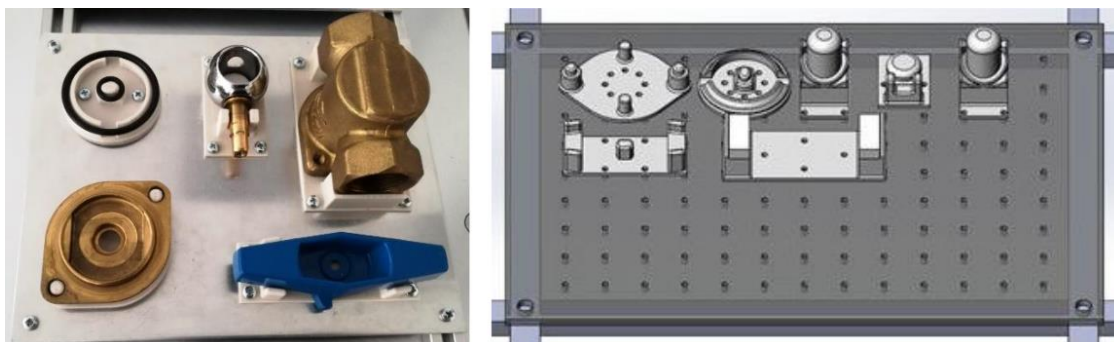
3. PALETTÁK ÉS ÜLÉKEK MODULARIZÁCIÓJA

Annak érdekében, hogy a fejlesztés (programozás) időigénye ne kössön le ésszerűtlenül sokat a Learning Factory kurzus időkeretéből, a palettákat modulárisra kell tenni, illetve a 3D nyomtatási eljárással készülő ülécéket eszerint módosítani, biztosítandó a nagyobb döntésteret megengedő

csereszabotosságot. A tervek szerint az ülékek rögzítése továbbra is csavarral történik, és annak érdekében, hogy a layout változtatható legyen, fix kiosztású raszteres paletta készítése vált szükségessé.

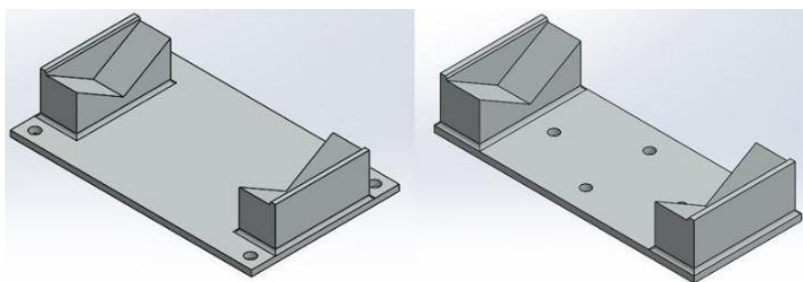
Ennek során figyelembe kellett venni az asztalon rögzített sínek és a paletták egymáshoz képesti méretét és helyzetét, hogy a rögzítés könnyedén kivitelezhető legyen. Ennek érdekében egy 13×9 furatos, raszteres kiosztású terv készült, melyben a furatok egymástól való távolsága 20 mm, és a sín mellett is elegendő helyet hagy az ülékeket rögzítő csavarok elhelyezéséhez. A paletta a párhuzamosan futó sínekre mindkét szemközti oldalpárja mentén felhelyezhető a sokoldalúbb elrendezés érdekében.

A 2. ábra bal oldalán látható az eredeti állapot, melyen előre definiált helyre kerültek fel az ülékek. A kép jobb oldala az első koncepciót mutatja, melyben a munkaasztalra rögzítés már az eredetihez képest merőlegesen is megvalósulhat, továbbá egy kiválasztott elrendezésben felkerültek a szerelőülékek is. Jól látható, hogy a raszteres kialakítás számos további layout-variáció összeállítását is lehetővé teszi. A robot becsült mozgáspályája, a kollaboráció egyéb szempontjai alapján fogják az LF tanfolyam hallgatói kialakítani a saját layout-jukat. Természetesen az ülékek elhelyezésénél a robotos megfogás kritériumait is figyelembe kell majd venni. A 2. ábra elrendezése egy olyan szituációt szemléltet, amelyben a robot munkaterébe csak a paletta felső része esik. A fennmaradó terület továbbra is hasznosítható kézi szerelési műveleteket támogató segédberendezések rögzítésére és használatára.



2. ábra Szerelendő gömbcsap és a raszteres palettavariációk

Az ülékek rögzítése két csavar segítségével történik. A csavarhelyek kialakítása során figyelembe kellett venni az ülékek alakját és méretét, miszerint ahol lehetséges, törekedni kell a lehető legkisebb méretre, ezáltal a csavarok középpontjához közeli elhelyezésére. Az ülékek méretének a csökkenése az elrendezések lehetséges számát is növeli. Ezen felül egymásra merőleges furatpárok is kerültek a darabokra – ezáltal az ülékek elforgatva is felhelyezhetők a szerelőpalettára, ami adott esetben a robot szükséges futásidejét is csökkentheti.



3. ábra Gömbcsap házat tartó ülék eredeti és raszteres változata

A 3. ábrán látható a furatok módosított elhelyezésének koncepciója: a raszter kiosztásainak megfelelő furatok a közelebb kerültek az ülék középpontjához, ezáltal a darab lényegesen kisebb lett. Az alapfelületet vizsgálva csak ez a művelet több, mint 30%-os méretcsökkenést eredményezett. Mindez már önmagában hozzájárul a layout-variációk számának növeléséhez. A robotos szereléshez különféle kiegészítő ülékek is szükségesek, melyek szintén különálló palettákon állnak a hallgatók rendelkezésére. A robotos gömbcsapszerelés több lépése is komoly kihívást jelentett. Az O-gyűrűk felhelyezéséhez külön karmos megfogópofát kellett kialakítani, a csavarozáshoz pedig egy 3D-nyomtatott speciális saturendszerrel kellett az összeszerelt házat rögzíteni. Ez utóbbi helyett került megtervezésre a 4. ábrán

két oldalról látható ülék, melyre a gömbcsap oldalról ráhúzható és kellő stabilitást biztosít a robotos csavarozás számára



4. ábra Gömbcsap csavarozását támogató házfixáló passzív tartóelem

A LF tanfolyamon abban is fognak különbözni a csoportok, hogy kinek milyen segédelem-készlet áll rendelkezésre a feladat végrehajtásához. Ez a tényező döntően fogja befolyásolni, hogy melyik műveletet lehet/érdemes a robotra bízni, és mit kell az embernek elvégeznie.

A munkaállomás elrendezésének egyrésze fix (munkaasztal, robot, paletta rögzítő sínrendszerek, perifériás adagolási és/vagy összeszerelési helyek), a többi elem (paletták, rajtuk az alkatrész ülékek) pontos helyét az egyes hallgatói csapatok dolgozzák ki önálló projektmunkában. A feladatot több különálló állomáson végzik el cserélhető eszközökkel a raszteresen módosított palettákon. A virtuális modellek és a rendszer segítségével elvégzett konkrét szerelések méréseinek elemzése alapján értékelik ki eredményeiket.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a tervezett Learning Factory kurzus infrastruktúrájának részét képző prototípusok tervezését mutatta be, melynek során szem előtt kellett tartani a moduláris felépítést és az ember–robot kollaboráció szempontjait. A gömbcsap szerelést emberi és robotos műveletekre osztva, az egyes elemi lépéseket pedig a valóságban is megvalósítva (megtervezve és programozva) állítják elő a kész munkadarabokat. A hallgatók valós feladat komplett megoldásán keresztül jutnak ember–robot kollaborációs tapasztalathoz Ipar 4.0 környezetben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatást részben az Európai Unió H2020-as EPIC (www.centre-epic.eu/) projektje ((No. 739592) támogatta. A kutatáshoz szükséges infrastruktúra pedig az „Ipar 4.0 kutatási és innovációs kiválósági központ” projekt (GINOP-2.3.2-15-2016-00002) keretében valósult meg. Nacsa János külön köszöni a „Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program – Digitális ipari technológiák kutatása a Széchenyi István Egyetemen” projekt (20523-3/2018/FEKUTSTRAT) támogatását.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Zs. Kemény, R. Beregi, J. Nacsa, Cs. Kardos, D. Horváth, Example of a problem-to-course life cycle in layout and process planning at the MTA SZTAKI learning factories, *Procedia Manufacturing* 31 (2019): 206–212
- [2] Zs. Kemény, R. Beregi, B. Tipary, K. Abai, J. Nacsa, Recent advances in learning content and infrastructure development for layout and process planning courses at the SZTAKI learning factories, accepted for the 10th Conference on Learning Factories 2020 and will be published in *Procedia Manufacturing*
- [3] S. Shovala, M. Efatmaneshnik, M. J. Ryan, Probabilistic Approach To Modular Assembly, *IFAC PapersOnLine* 50-1 (2017): 5688–5693
- [4] Zs. Kemény, R. Beregi, J. Nacsa, Cs. Kardos, D. Horváth, Human-robot collaboration in the MTA SZTAKI learning factory facility at Győr, *Procedia Manufacturing* 23 (2018): 105–110
- [5] Ipar 4.0 kutatási és innovációs kiválósági központ, <https://ipar40kutatas.hu/>
- [6] E. Abele, J. Metternich, M. Tisch, *Learning Factories - Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples* (2019) Springer Verlag