

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
GYÁRTÁSTUDOMÁNY ÉS -TECHNOLÓGIA TANSZÉK

**Moduláris készülékek számítógéppel segített tervezése szekrényszerű
alkatrészekhez**

PhD értekezés tézisei

Rétfalvi Attila

Témavezető: Dr. Szegh Imre

2015

Bevezetés

A kutatómunkám számítógéppel segített gyártástervezés témakörével foglalkozik, azon belül a számítógéppel segített munkadarab megfogás tervezéssel. A műszaki tudományok legáltalánosabb felosztásával összhangban a műszaki tervezést konstrukciós és technológiai tervezésre osztjuk fel. A *konstrukciós tervezés* feladata az objektumok illetve gyártmányok definiálása. A *technológiai tervezés* feladata a gyártási folyamat tervének elkészítése. A gyártási folyamat tervezésének eredményei döntően befolyásolják a termék minőségét és a gyártási költségeket. A mai gyártóeszközökre jellemző a szinte teljes körű automatizáció, és a rugalmas gyártórendszerek fejlődésével egyre nagyobb az igény az integrált tervezőrendszerek iránt, ahol a konstrukciós és a technológiai tervezés szoros kapcsolatban állnak. Az integráltság foka azzal mérhető, hogy a rendszer egyes elemei milyen mértékben tudnak kommunikálni egymással, mekkora a rendszerelemek közötti közvetlen adatátvitel mértéke. A konstrukciós tervezés, a technológiai tervezés és maga a gyártás ma már szinte egy időben zajlanak, ennek megfelelően a technológiai tervezésnek gyorsnak és teljes körűnek kell lennie. Ezeknek a követelményeknek a biztosítása érdekében a konstrukciós tervezés és a technológiai tervezés folyamata a korszerű mérnöki gyakorlatban számítógéppel segített mérnöki eljárások révén valósul meg. Ezen eljárások két nagy területe a számítógéppel segített konstrukciós tervezés (CAD – *Computer Aided Design*) és a számítógéppel segített gyártási folyamat tervezés (CAPP – *Computer Aided Process Planning*). A CAD és CAPP rendszerek fejlesztése sokáig egymástól függetlenül történt. Ebből adódóan a CAD rendszerekben a konstrukciós tervezés egyszerűbbé és gyorsabbá tételét szolgáló szempontok; míg a CAPP rendszerekben a gyártástervezés egyszerűbbé és gyorsabbá tételét szolgáló, a munkadarabra és a gyártóeszközökre vonatkozó információk hatékonyabb felhasználását segítő szempontok érvényesültek. A CAD rendszerek fejlődésével mód nyílt feature-alapú tervezésre, de ugyanaz a felületelem csoport (feature) mást jelenthet a konstruktőr, és mást a technológus számára. Példának okáért, ami a konstruktőrnek hőleadó vagy merevítő borda, az a technológusnak lehet, hogy néhány horony kimarása után megmaradó anyagrézsz a munkadarabon.

Természetesen számos próbálkozás született a konstrukciós tervezés és a technológiai tervezés integrálására, valamint a technológiai tervezés automatizálására. A technológiai tervezés automatizálására irányuló törekvések egyrészt a műveleti sorrendtervezés (megmunkálási igények felmérése, a megmunkálási módok kiválasztása, szerszámgépek kiválasztása, bázisfelületek kiválasztása és esetenként – amikor a feladat megoldható univerzális készülékek felhasználásával - a készülék kiválasztása, a műveletek számának és sorrendjének meghatározása) automatizálását célozták meg. Másrészt a műveletek automatikus kidolgozását (műveletelemek tartalma és azok sorrendje, szerszámválasztás, forgácsolási paraméterek meghatározása, szerszám pályák generálása), harmadrészt a készülék tervezés automatizálását (készülék elvi megoldása, készülékelemek kiválasztása, a készülékelemek helyzetének meghatározása, interferencia vizsgálat) célozták meg. A legtöbb próbálkozás keretén belül csak a problémák egy részének megoldásával foglalkoznak, mint pl. a műveleti sorrendtervezés automatizálása, a készülék elvi megoldásának kidolgozása, a készülékelemek optimális helyzetének meghatározása, a szükséges szorítóerő nagyságának meghatározása, stb. Tekintve, hogy az egyes szinteken hozandó döntések meghozatalához a legtöbbször jó lenne ismerni a később meghozandó döntések eredményét, általában a tervezés végén vissza kell lépni és leellenőrizni, hogy a később meghozott döntések összhangban állnak-e a korábbi feltételezésekkel. Ha ellentmondás van, akkor módosítani kell a megoldáson, majd ismét visszalépni az előző szintekre, és ellenőrizni a megoldás helyességét. Ebből következik, hogy csak olyan rendszer tud igazán hatékonyan működni, ahol az egyes szintek közötti kommunikáció gond nélkül meg tud valósulni. A gyártástervezés valamely részfeladatának automatizált megoldására koncentrálnó próbálkozások az aktuális problémát megelőző lépések során meghatározandó megoldásokat adottnak tekintik. Persze a szükséges bemenő adatokat elő

lehetne állítani más kutatók által - az előző lépések valamelyikének megoldására - fejlesztett program segítségével, ám ekkor az adatokat kézi úton kellene bevinni. Abban az esetben, ha a bemenő adatok több (különböző fejlesztők által készített) programból származnak, akkor gondot jelenthet az átadott adatok szerkezetének a különbözősége. Ekkor az adatbevitel megkezdése előtt az adatok szerkezetét össze kell hangolni. A kézi adatbevitel sok esetben hosszadalmas, és ilyenkor számos olyan hibázási lehetőség áll fenn az adatbeviteli folyamat során, mint például valamely adat pontatlan bevitele, vagy valamilyen adat kifelejtése. Az ilyen hibák ellehetetleníthetik a helyes megoldás megtalálását. Az egymástól függetlenül működő, bizonyos gyártástervezési részfeladatok megoldására koncentráló programok használata esetén előfordulhat, hogy ugyanazokat az adatokat többször is be kell vinni (pl. a munkadarab geometriai és topológiai adataira szükség van a műveleti sorrendtervezés, a művelet és műveletelem tervezés és a készüléktervezés során is). Mindezek (kézi adatbevitel, adatok szerkezetének összehangolása, ugyanazon adatok ismételt bevitele) megnövelik a gyártástervezés elvégzéséhez szükséges időt, és egyúttal a termék gyártási idejét is.

Tehát egy integrált rendszer, amely egységesen kezeli a műveleti sorrendtervezés és a készüléktervezés problémáját, amely az alkatrész modelljéből (a konstrukciós tervezés eredményéből) ki tudja nyerni a szükséges információkat, amely a műveleti sorrendtervezés eredményeiből kiindulva elő tudja állítani a szükséges műveletterveket, amely a készüléktervezés eredményeit kiértékelve képes módosítani a készülék vagy akár a munkadarab modelljét, sokkal hatékonyabban tud működni, mint két vagy több, egymástól teljesen függetlenül működő program, amely a gyártástervezés egyes részfeladatait igyekszik megoldani. Természetesen voltak kísérletek olyan rendszerek kidolgozására, amely rendszerek bemenő adata a munkadarab modellje, és egységesen kezelik a műveleti sorrendtervezés és a készüléktervezés problémáját, ám ezek vagy túl általános megoldást keresnek, vagy csak egy szűk területre koncentrálnak. Az első csoportba tartozó rendszerek például nem tudják figyelembe venni, hogy más stratégiát célszerű követni egy tömör alkatrész, és más stratégiát egy hasonló alakú és méretű szekrényyszerű alkatrész esetén. A második csoportba tartozó próbálkozások eredménye pedig olyan rendszer, amely csupán néhány nagyon hasonló alkatrész megfogás tervezéséhez használható.

Kutatómunkám egy olyan integrált rendszer elemeinek kidolgozására irányult, amely szekrényyszerű alkatrészek (elsősorban hajtóműházak) megfogás tervezését, és műveleti sorrendtervezését kívánja gyorsabbá és hatékonyabbá tenni.

A kutatás tudományos eredményei

Kutatómunkám tulajdonképpen Dr. Stampfer Mihály munkájának folytatása. Dr. Stampfer Mihály kidolgozott egy műveleti sorrendtervező modult, mely a munkadarabra vonatkozó információk kézi úton történő megadása után meghatározza a munkadarab megmunkálásához szükséges műveletek számát és sorrendjét, valamint javaslatot tesz a munkadarab megfogókészülék(ek) elvi megoldására. A kézi adatbevitel egyrészt hosszú és gondos előkészületeket igényel, másrészt maga az adtabevitel is hosszadalmas, és számos hibázási lehetőséget rejt magában. Tanulmányozva a CAD modellek felépítését, a bennük tárolt információkat, valamint a munkadarab technológiai feature alapú modelljének létrehozásához szükséges információkat, és azok célszerű szerkezetét, arra a megállapításra jutottam, hogy a munkadarab geometriai modelljéből a műveleti sorrendtervezéshez, a művelet és műveletelem tervezéshez és a készüléktervezéshez szükséges geometriai információk túlnyomó többsége kinyerhető. Aminek a meghatározásához pusztán a munkadarab geometriai modellje nem elegendő: a ráhagyások nagysága, és a ráhagyások okozta felület módosulások és eltolódások meghatározása. A ráhagyások automatizált meghatározásához egyidejűleg szükség van a munkadarab és az előgyártmány modelljére; vagy a munkadarab modelljére és az előgyártmány készítés technológiájának ismeretére, és ráhagyási adatbázisra. A műveleti sorrendtervezéshez, a művelet és műveletelem tervezéshez és a készüléktervezéshez is a geometriai adatokon felül szükség van bizonyos technológiai adatokra (a mérettűrések osztálya (IT), felületi érdesség (R_a), alak- és helyzetűrések, információ arra vonatkozólag, hogy az egyes furatok tömör anyagból, vagy előöntött bemélyedésekből illetve nyílásokból lesznek kimunkálva). Ezeket az adatokat a munkadarab geometriai modellje nem tartalmazza, ezért ezeket a technológiai szempontból fontos adatokat vagy a felhasználónak kell megadnia, vagy ezen adatok tervezése automatizálva is történhetne. A technológiai adatok automatizált tervezéséhez egyrészt rengeteg információra (a termékben található többi alkatrész adatai, egymáshoz viszonyított helyzetük, az egyes alkatrészek szerepe), másrészt a funkcionális felületek felismerésére és osztályozására képes gépi tudásra (programra) lenne szükség. Amennyiben a technológiai adatok meghatározása automatizálva történik, célszerű a kapott eredményeket leellenőriztetni a konstruktőrrel és a technológussal. A harmadik lehetőség az alkalmazandó megmunkálási eljárásokra és a készülék(ek)kel szemben támasztott elvárásokra kiható adatok (IT, R_a , alak- és helyzetűrések) automatizált kinyerése a műhelyrajzból, de ha semleges formátumban mentjük el az alkatrész modellt és a műhelyrajzot, akkor a felületek asszociativitása sajnos megszűnik.

1. Tézis

Olyan tervezési módszert dolgoztam ki, amely lehetővé teszi, hogy az alkatrész CAD modelljéből - részben automatikusan, részben a technológus interaktív közreműködésével - előállítsuk a műveleti sorrendtervező rendszer bemeneti adatait. Ezáltal a gyakran több órás előkészítést, és a szintén hosszadalmas és rengeteg hibázási lehetőséget rejtő kézi adatbevitelt egy lényegesen rövidebb (kb. tízperces) tevékenységre sikerült leredukálni.

1.1 A módszer lehetővé teszi a munkadarab 3D modelljének IGES (Initial Graphics Exchange Specifications) formátumban elmentett adataiból, az ott tárolt geometriai és topológiai információkból a munkadarab technológiai feature alapú modelljéhez szükséges geometriai és topológiai információk automatikus kinyerését.

1.2 A módszer segítségével a bemenő információkhoz interaktív módon hozzárendelhetők a technológiai feature alapú modell létrehozásához szükséges további technológiai információk, miközben a kérdéses feature-ök és jellemző adataik megjelenítésre kerülnek.

1.3 A módszer biztosítja a műveleti sorrendtervező modul által kezelni képes feature-ök halmazának igény szerinti bővítését, a kidolgozott program jelentős mértékű módosítása nélkül.

Az imént felsoroltakat felhasználva kidolgoztam egy modult, amely a munkadarab semleges IGES formátumban elmentett geometriai modelljén automatikusan felismeri a hajtóműházakon leggyakrabban előforduló felületelem csoportokat, automatikusan kinyeri és rendszerezi azok készüléktervezés és megmunkálás szempontjából fontos jellemző adatait. Azokat a technológiai adatokat, amelyeket a geometriai modell nem tartalmazza, a felhasználó interaktív módon adhatja meg. A modul a kimeneti adatokat a műveleti sorrendtervezéshez, a művelettervezéshez és a készüléktervezéshez szükséges formában, elrendezésben tárolja el.

A tézishoz kapcsolódó publikációk: [7], [9], [13], [15], [17]

Tanulmányoztam néhány meglevő moduláris elemekből összeállítható készülék rendszer elemkészletét, rendszereztem az elemeket funkciójuk és egymáshoz illeszthetőségük szerint. Megvizsgáltam a meglevő készüléktervezési módszereket, és arra a megállapításra jutottam, hogy a meglevő tervezőrendszerek vagy túl általános megoldást adnak, vagy csak néhány hasonló munkadarab készüléktervezéséhez használhatók. A túlságosan általános megoldásokkal az a legnagyobb gond, hogy nem veszik figyelembe azt, hogy más tervezési stratégia követendő például egy szinte tömör, és más egy vékonyfalú alkatrész esetén; hisz például azonos szorítási mód és szorítási pontok esetén egy azonos nagyságú forgácsoló vagy szorítóerő sokkal nagyobb deformációkat okozhat egy vékonyfalú alkatrész esetén, mint egy szinte tömör munkadarab esetén. A túlságosan általános megoldások keresésekor a másik nagy gond, hogy esetenként nem az alkatrészhez legjobban illeszkedő készüléket tervezik meg, mivel csak a leggyakrabban használatos módszerekben gondolkodnak, és a speciális megoldásokat figyelmen kívül hagyják. Viszont gyakran, a szabványos készülékelemeket egy – a célnak megfelelően megmunkált, a munkadarabhoz jól illeszkedő - speciális elemmel kiegészítve, jelentős mennyiségű fölidő takarítható meg azáltal, hogy a munkadarabhoz jobban illeszkedő készülékkel nagyobb fogásmélységet és/vagy előtolást engedhetünk meg. Vagy előfordulhat, hogy egy speciális elem használatával csökkenteni tudjuk a szükséges befogások számát, ezáltal jelentős mennyiségű mellékidőt tudunk megtakarítani, és egyúttal a készülékkel szemben támasztott pontossági követelményeket is csökkenteni tudjuk, ha a speciális elemnek köszönhetően minden helyzettűréssel összekötött felületet azonos befogásban meg tudunk munkálni.

2. Tézis

Tervezési módszert dolgoztam ki a készüléktervezés automatikus megoldására. A kidolgozott módszer szerényes alkatrészek (elsősorban hajtóműházak) készüléktervezését gyorsítja fel, teszi könnyebbé.

2.1 A készüléktervezési módszer (szabályrendszer) az alkatrész technológiai feature alapú modelljének, a készülék elvi megoldásának, a moduláris készülékelem adatbázisban levő modelljeinek ismeretében lehetővé teszi a készülék automatikus megtervezését.

2.2 A módszer azokra az esetekre is ajánl megoldást, amikor az adatbázisban található készülékelemek nem felelnek meg az elvárásoknak. Ilyenkor az elvárásoknak megfelelő elemek CAD modelljének generálása – és szükség esetén a módosítása - automatikusan történik.

2.3 A módszer az olyan esetek automatikus megoldását is lehetővé teszi, amikor nem kell teljesen új elemet generálni, hanem elegendő, az elemkészletben meglevő, bizonyos adapter elemeket módosítani.

Ezek alapján elkészítettem egy olyan modult, mely az elemek kiválasztása során figyelembe veszi az integrált rendszer műveleti sorrendtervező modulja által javasolt felfektetési, pozicionálási és szorítási módot, valamint a javasolt felfektetési és pozicionálási bázisfelületek és szorítási felületek alakját, méretét, helyzetét, a munkadarab alakját és méreteit, a készülékelemek méreteit, funkcióját, csatlakozási felületeit, állítható elemek esetén az állíthatóság mértékét. A modul kiválasztja a megfelelő elemeket, és technológiailag és készülékszerkesztésszerűen helyesen összeállítja a munkadarab befogó készüléket. A készülékelemek helyzetének meghatározásakor ügyel arra is, hogy az egyes elemek ne hatoljanak sem egymásba, sem a munkadarabba. A modulnak köszönhetően az esetenként több órát igénybevevő készüléktervezési munkafolyamatok pár perces tevékenységgé zsugoríthatók.

A tézishoz kapcsolódó publikációk: [2], [3], [10], [11], [14], [16], [18]

A technológiai tervezés különböző szintjein meghozandó döntések szoros kapcsolatban állnak egymással. Például az, hogy hány befogásban tudok készre munkálni egy adott munkadarabot, függ attól, hogy milyen szerszám(ek)et, milyen készülék(ek)et és milyen szerszámokat használok a megmunkálás során. Az, hogy milyen készülékeket használhatunk (a műveleti sorrendtervezés szintjén meghozandó döntés) a megmunkálás során, függ a munkadarab alakjától, méretétől (az előtervezés illetve a műveleti sorrendtervezés szintjén meghozandó döntés), de a kiválasztott szerszámgéptől (a műveleti sorrendtervezés szintjén meghozandó döntés) is függ. Az, hogy mely felületeket tudjuk egyugyanazon befogásban megmunkálni, attól függ, hogy a szerszám mely felületekhez tud hozzáférni, ez pedig egyrészt attól függ, hogy hol vannak a készülékelemek és mekkorák ezek a készülékelemek (a készüléktervezés szintjén meghozandó döntés), másrészt attól is függ, hogy milyen és mekkora szerszámot (a művelet tervezés szintjén meghozandó döntés) használunk a megmunkálás során. Mindebből az következik, hogy csak egy olyan rendszer képes igazán hatékonyan működni, melynél biztosított az egyes szintek közti kommunikáció lehetősége. Ehhez egy olyan integrált rendszerre van szükség, melynél az egyes modulok kimenő adatait a többi modul értelmezni tudja. Az integrálás előnye továbbá az, hogy az egyes modulok kimeneteleit közvetlenül fel tudjuk használni a következő modul bemenetéül, így nem kell azokat kézi úton bevinni. Olyan esetben, amikor ugyanazok az adatok több modul bemeneti adatai közt is szerepelnek (például sok olyan adat van, amelyek mind a műveleti sorrendtervezés, mind a művelettervezés, sőt a készüléktervezés elvégzéséhez is szükségesek), olyankor nem kell ezeket az adatokat többször is kézi úton begépelni. Ennek köszönhetően egyrészt felgyorsul a gyártástervezés, másrészt csökkennek a hibázási lehetőségek.

3. Tézis

Megalkottam a konstrukciós tervezés, a műveleti sorrendtervezés és a készüléktervezés egységes moduláris rendszerét (1. ábra). A rendszerbe sikeresen integráltam a korábban kifejlesztett műveleti sorrendtervező modult. A sorrendtervező modul tudását kibővítettem többszintű munkadarabokon történő átmenőfurat keresésének képességével. Meghatároztam az illesztőfelületek helyét és feladatait.

Egyrészt szükséges volt kidolgozni egy olyan illesztőfelületet, amely a munkadarab IGES formátumú (szöveges ASCII kódú file) modelljében tárolt adatokat értelmezni tudja, és segítségével újra elő tudja állítani a megfelelő entitásokat, és azokból a feature felismeréshez szükséges adatokat ki tudja nyerni (ILLESZTŐ 1). A CAD modell posztprocesszálo modul a technológiai feature alapú modell előállítás után, az adatokat - a műveleti sorrendtervező modul számára értelmezhető alakba rendezve - elmenti egy ASCII kódú szöveges file-ba (ILLESZTŐ 2). Harmadrészt szükséges volt biztosítani, hogy a műveleti sorrendtervező modul kimenő adatait (szintén ASCII kódú szöveges file) a készülékszerkesztő modul értelmezni tudja, azokból a készülék megszerkesztéséhez nélkülözhetetlen információkat a készülékszerkesztő modul automatikusan ki tudja olvasni (ILLESZTŐ 3). Továbbá azt is biztosítani kellett, hogy a készülékszerkesztő modul a készülékelemek modelljeiből automatikusan ki tudja nyerni azokat a geometriai adatokat, amelyek a készülék építés során lényegesek. A modulok kidolgozásakor ügyeltem arra, hogy az egyes modulok kimeneti adatai ne csak a következő szint (modul) számára legyenek értelmezhetők, hanem a többi modul számára is, így a CAD modell posztprocesszálo modul kimenő adatait nem csak a műveleti sorrendtervező modul, de a művelet és műveletelem tervező modul is értelmezni tudja, fel tudja használni. A felsorolt illesztéseket végző programrészek Visual Prolog 6.3 programozási környezetben készültek el. Végezetül a készüléktervező modul kimenő adatait (a készülékelemek típusa, száma, helyzete, orientációja, egyes esetekben a módosításra vonatkozó információk) és a Solid Edge modellező program közötti illesztő felületet is ki kellett dolgozni (ILLESZTŐ 4). Ehhez Visual Basic 6 programozási nyelvben készítettem illesztő modult.

A Dr. Stampfer Mihály által kifejlesztett műveleti sorrendtervező modul nem vizsgálta a különböző furatok egymáshoz viszonyított helyzetét, hanem amikor esélyt látott a munkadarab

átmenő furaton történő rögzítésére, megkérdezte a felhasználót, hogy található-e a munkadarabon megfelelő átmenő furat. Kidolgoztam egy szempontrendszert, mely segítségével többszintes munkadaraboknál (olyan üreges munkadarabok, melyeknél a két szélső fal közt van egy vagy több velük párhuzamos fal) automatikusan ki lehet értékelni, hogy adott esetben alkalmazható-e az átmenő furaton történő rögzítési módszer.

A tervezés végeredményeként előáll a készülék(ek) Solid Edge modellje, ezzel lehetőség nyílik arra, hogy egy CAM modullal megnyissuk azt, és a szerszámok generálása előtt a készülékelemeket Check Body-ként (olyan testek, melyeket nem szabad forgácsolni, és amelyekkel nem szabad a szerszámoknak ütközniük) definiáljuk, így a CAM modul a szerszámmozgások generálása során ügyelhet arra, hogy elkerülje a készülékelemekkel való ütközést. A rendszer lehetséges továbbfejlesztési iránya egy CAM modullal való teljes integrálás, vagyis az hogy a rendszer a műveleti sorrendtervezéshez és a készüléktervezéshez szükséges adatokat, és a műveleti sorrendtervezés és a készüléktervezés eredményeit automatikusan a CAM modul számára értelmezhető alakra hozza. Így, az ismételt adatbevitel kiküszöbölésével, további jelentős mennyiségű tervezési időt takaríthatnánk meg.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [1], [5], [6], [8], [9], [10], [11], [12], [14], [15], [16], [17], [18]



1. ábra Integrált műveleti sorrend- és készüléktervező rendszer

Néhány, moduláris elemekből összeállítható készülék építéséhez használatos elemeket gyártó cég elemkészletét megvizsgálva, arra a felismerésre jutottam, hogy belső hengeres felületeken történő pozicionáláshoz csupán különböző álló és határoló ülékeket találhatunk. Ezek egy része olyan, amelyet a felhasználónak kell készre munkálnia. Az álló és határoló ülékekkel történő helyzetmeghatározáskor figyelembe kell vennünk az előgyártmány előállításához használt technológiai eljárás méretszórását. Belső hengeresfelületen történő pozicionálás alkalmával az ülékeket úgy kell elhelyezni, hogy a legkisebb (még elfogadható) átmérő esetén is fel tudjuk helyezni a munkadarabot a készülékre. Emiatt amikor olyan munkadarabot helyezünk fel, melynél a pozicionáláshoz kiválasztott belső hengeres felület a legnagyobb (még elfogadható) méretre készült el az előgyártmány elkészítése során, olyankor a pozicionáló felület közepe – és vele együtt az egész munkadarab – az ideális helyzethez képest elmozdul. Az elmozdulás mértéke egyrészt az előgyártmány mérettűrésének nagyságától, másrészt a pozicionáló elemek helyzetétől függ. Három álló csap segítségével történő helyzetmeghatározás esetén a legkisebb hiba akkor fordul elő, ha a csapokat egymáshoz viszonyítva 120° -os szög alatt helyezzük el. A moduláris elemkészletekben az alaplapokon meghatározott távolságra (általában 50 vagy 25 mm-enként) vannak egymástól a moduláris elemek csatlakoztatását lehetővé tevő furatok. Ebből kifolyólag csak ritkán fordul elő az, hogy az alaplapon levő furatok lehetővé teszik, hogy a munkadarabhoz illeszkedő átmérőn pont 120° -onként legyenek a pozicionáló elemek. Ilyenkor vagy eltérünk a 120° -os elrendezéstől – ami a középpont nagyobb mértékű elmozdulását eredményezi, és ez a munkadarab bizonyos felületein nagyobb ráhagyás előírását vonhatja maga után; vagy állítható elemek közbeiktatásával oldjuk fel a problémát. Az állítható elemek közbeiktatásakor meg kell határozni az egyes elemek helyét, helyzetét úgy, hogy az egyes csapok jó helyre kerüljenek, és az állítható elemeket is rögzíteni tudjuk az alaplapon található furatokhoz. A megfelelő helyzetek kikeresése meghosszabbítja a készüléktervezést, és mielőbb elemet építünk be, anél jobban csökken a szerelvény végső merevsége.

Műszaki eredmény

A moduláris elemekből összeépíthető készülék rendszerek a belső hengeres felületeken történő pozicionáláshoz kevés lehetőséget biztosítanak, ezért javaslatot tettem három viszonylag egyszerű, és gyors munkadarab cserét lehetővé tevő készülékelemre.

Levezettem a határoló ülékekkel történő helyzetmeghatározás maximális pontatlanságának kiszámítását lehetővé tevő képletet. A képletet különböző esetekre alkalmazva arra a felismerésre jutottam, hogy bizonyos esetekben a pozicionálási pontatlanság jelentős többlet ráhagyás biztosítását teszi szükségessé az előgyártmányon. Az általam javasolt elemek egyrészt – a hézagmentes központosításnak köszönhetően - a munkadarabon kisebb ráhagyás előírását teszik lehetővé. Másrészt megkönnyítik a munkadarab megfogás tervezés automatizálását, hisz könnyebb egy elemet (a csatlakozó felületek szempontjából) megfelelő helyre tenni, mint három elemet jó helyre tenni úgy, hogy közben az általuk meghatározott kör középpontja is a megfelelő helyen legyen. Harmadrészt számos esetben a javasolt elemek segítségével merevebb készüléket kapunk, mint amelyet állítható elemek közbeiktatásával kapnánk.

A műszaki eredményhez kapcsolódó publikáció: [4]

Publikációk

- [1] M. Stampfer, A. Rétfalvi: *Integrated Process and Fixture Planning System*, SISY 2006, 4th Serbian – Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems, Subotica, Serbia, p 547-562, 2006
- [2] M. Štampfer, I. Szegh, A. Rétfalvi: *Konstrukcija steznog pribora za kutijaste delove na bazi tipiziranih rešenja parcijalnih funkcija pribora i analiza mogućnosti montažnih steznih pribora*, KOD 2006, 4th Symposium with International Participation, Palić, Serbia & Montenegro, p 293-296, 2006
- [3] Stampfer M., Szegh I., Rétfalvi A.: *Szekerényszerű alkatrészek készüléktervezése, a részfeladatok tipizálásával, az elemekből összeszerelhető készülékek lehetőségeinek figyelembevételével*, Gép LVII/12, p 19-22, 2006
- [4] Rétfalvi A., Stampfer M., Szegh I.: *Moduláris készülékelemek alkalmazásának nehézségei belső hengeres felületeken történő pozicionálás esetén, és megoldási javaslatok körvonalazása*, Gépgyártás XLVII, 2.-3., p 57-63, 2007
- [5] A. Rétfalvi, M. Stampfer, I. Szegh: *IGES-based Setup and Fixture Design System for box-shaped parts*, GÉPÉSZET 2010, 7th International Conference on Mechanical Engineering, Budapest, Hungary, p 288-293, 2010
- [6] A. Rétfalvi, M. Stampfer, I. Szegh: *IGES-based setup and fixture planning system for box-shaped parts*, Manufacturing 2010, XX. International Conference of GTE on Manufacturing and related technologies, Budapest, Hungary, DVD ROM, 2010
- [7] A. Rétfalvi: *IGES-based CAD model post processing module of a Setup and Fixture Planning System for box-shaped parts*, SISY 2011, 9th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia, p 247-255, 2011
- [8] M. Stampfer, A. Rétfalvi: *Expert System for Fixture Planning and Design for Box-shaped parts*, TEAM 2012, Proceedings of the 4th International Scientific and Expert Conference, Slavonsi Brod, Croatia, p 161-164, 2012
- [9] A. Rétfalvi, M. Stampfer, I. Szegh: *Fixture and Setup Planning and Fixture Configuration System*, 46th CIRP Conference on Manufacturing 2013, Procedia CIRP 7 (2013) p 228-233, 2013
- [10] A. Rétfalvi, M. Stampfer: *The key steps toward automation of the fixture planning and design*, Acta Polytechnica Hungarica, Vol 10, No. 6, p 77-98, 2013 IF: 0,471
- [11] A. Rétfalvi, M. Stampfer: *Automatic modification of the adapter plate elements*, SISY 2013, 11th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia, p 205-208, 2013
- [12] A. Rétfalvi, M. Stampfer: *Integrating possibilities of the SMRA fixture design system and CAM*, MECHEDU 2013, 2nd International Conference on Mechatronics and Education, Subotica, Serbia, p 57-59, 2013
- [13] Rétfalvi A., Stampfer M., Szegh I.: *Feature-alapú technológiai modell létrehozása automatizált készüléktervezéshez*, Gép LXV/2, p 27-32, 2014
- [14] A. Rétfalvi, M. Stampfer: *Automated modification of adapter plates of modular fixtures*, MECHEDU 2015, 3rd International Conference on Mechatronics and Education, Subotica, Serbia, p 134-139, 2015
- [15] A. Rétfalvi, M. Stampfer: *Aspects of clamping a workpiece over a through hole*, SISY 2015, 13th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia, p 61-66, 2015

- [16] A. Rétfalvi, M. Stampfer: *Aspects of the Use and Automatic Modification of Extra Locator Elements of Modular Fixtures*, SISY 2015, 13th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia, p 73-77, 2015
- [17] A. Rétfalvi: *Clamping of the workpiece over a through hole with a fixture planning and design system*, International Review of Aerospace Engineering, Vol. 8, No. 3, p 107-117, 2015
- [18] A Rétfalvi: *Fixture Design System with Automatic Generation and Modification of Complementary Elements for Modular Fixtures*, Acta Polytechnica Hungarica, accepted for publication, 2015 IF: 0,649