

Esettanulmány: CAD/CAM/CNC munkafolyamat rugalmasságának növelése inverz posztprocesszorral

A case study: Increasing the flexibility of the CAD / CAM / CNC workflow with an inverse postprocessor

BACS József¹, Dr. GEIER Norbert adjunktus²

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Gyártástudomány és -technológia Tanszék, H-1111, Budapest, Műegyetem rakpart 3.,
www.manuf.bme.hu,
E-mail: bacsj012@gmail.com, geier.norbert@gpk.bmme.hu

Abstract

A common task in CAD / CAM / CNC workflows is to re-integrate an existing part program into another environment, a task that is extremely costly to perform in the absence of relevant electronic data for production programming. In this case study, the economic conditions, and limitations of the applicability of a self-developed inverse postprocessor were analysed and compared with existing methods. Based on the case study, it can be stated that there is a relevant industrial circumstance where the use of an inverse postprocessor is recommended, in addition, we observed that the economics of using an inverse postprocessor depend primarily on the number of reconfiguration requirement.

Keywords: postprocessor; CNC; CAD/CAM; flexibility

Kivonat

A CAD/CAM/CNC munkafolyamatok gyakori feladata egy meglévő alkatrészprogram más környezethez történő újrainlesztése, mely feladat elvégzése kiemelten költségigényes a gyártásprogramozáshoz szükséges releváns elektronikus adatok meglétének hiányában. A kutatásunk során egy sajátfejlesztésű inverz posztprocesszor alkalmazhatóságának gazdasági feltételeit és korlátjait elemeztük és hasonlítottuk össze meglévő módszerekkel. Az esettanulmány alapján kijelenthető, hogy létezik olyan releváns ipari körülmény, amikor az inverz posztprocesszor használata javallott, ezen felül megfigyeltük, hogy az inverz posztprocesszor felhasználásának gazdaságossága elsősorban az átállások számától függ.

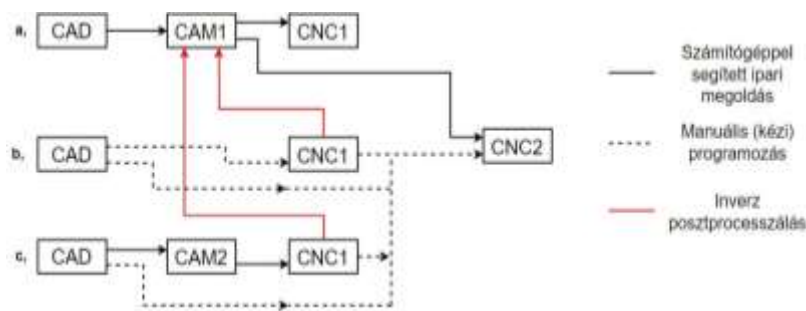
Kulcsszavak: posztprocesszor; CNC; CAD/CAM; rugalmasság

1. BEVEZETÉS

Forgácsolandó alkatrészek CNC szerszámgépen történő gyártása esetén a gyártóprogram előállítása gyakran számítógéppel segített eszközökkel (CAD/CAM) történik [1, 2]. Ezen folyamatot az 1.a ábra szemlélteti. Gyártásprogramozás során gyakori eset, hogy az NC programot alkatrészarajz alapján, kézi programírással hozzuk létre az adott vezérlő környezetére [2], ahogy azt az 1.b ábra mutatja. Előforduló eset továbbá, hogy az NC programot olyan szoftver segítségével generáltuk, amelyhez már nincsen hozzáférésünk (pl.: érvényes licenz) vagy helyette más/újabb szoftvert használunk (1.c ábra). A gyártás során előforduló feladat lehet az egyes gyártási tevékenységek más típusú vezérlésre történő áthelyezése (pl.: újraütemezés, tervezett karbantartás, meghibásodás miatt), amit az ábrán a „CNC2” szerszámgép szemléltet.

Az alkatrészprogram adott vezérlőhöz történő újrainlesztésének elősegítése, valamint a CAD/CAM/CNC munkafolyamatok rugalmasságának növelése érdekében C# fejlesztőkörnyezetben létrehoztunk egy inverz posztprocesszort (a piros nyíllal szemléltetett folyamat megvalósításához), amely lehetővé teszi az NC program CLDATA adatokká történő visszaalakítását, majd lehetőséget ad a vezérlő környezetéhez történő ismételt posztprocesszálásra [3]. Ezen esettanulmány fő célja a sajátfejlesztésű inverz

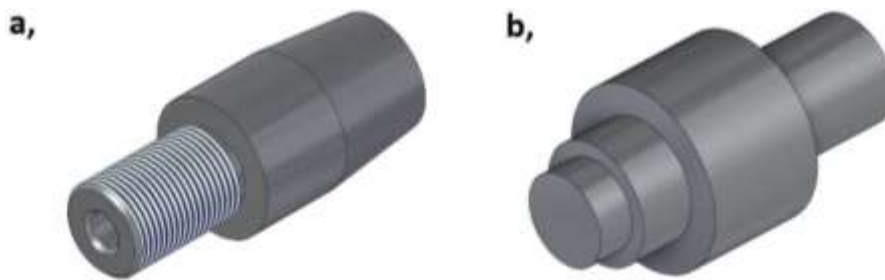
posztprocesszor alkalmazhatóságának gazdasági feltételeinek és korlátjainak elemzése és összehasonlítása meglévő módszerekkel.



1. ábra. CAD/CAM/CNC munkafolyamatok: (a) számítógéppel segített tervezés és programozás CAM1 szoftverrel, (b) manuális programozás, (c) számítógéppel segített tervezés és programozás CAM2 szoftverrel

2. ESETTANULMÁNY PEREMFELTÉTELEI

Egy egyszerűbb (2. a ábra) és egy bonyolultabb (2. b ábra) – 2 tengelyes (továbbiakban: 2D-s) esztergálási megmunkálásokat igénylő alkatrész esetében megvizsgáltuk az ipari környezetben alkalmazott CNC alkatrészprogramok újrainesztési folyamatainak idő- és költségvonzatait és összehasonlítottuk az általunk fejlesztett inverz posztprocesszorral történő CNC program újrainesztéssel. A vizsgált esetek bemeneti értékeit és peremfeltételeit az 1. táblázatban foglaltuk össze.



2. ábra: Az esettanulmányban vizsgált alkatrészek: egy (a) egyszerűbb és egy (b) bonyolultabb CNC programozást igénylő alkatrész testmodellje

Az újrainesztési módszerek bemeneti paramétereit és peremfeltételeit

1. táblázat

Jelölés	Megnevezés	Bemeneti paraméterek	Peremfeltételek
A	Manuális programírás	Régi CNC program alkatrészrajz	Van számítógép, program belövése szükséges
B	CAD/CAM rendszerrel történő programozás és posztprocesszálas	Régi CNC program alkatrészrajz	Van CAD/CAM szoftver
C	CAM rendszerrel történő programozás és posztprocesszálas	Régi CNC program Alkatrészrajz CAD fájl	Van CAM szoftver
D	Meglévő CAM fájl alapján posztprocesszálas	Régi CNC program Alkatrészrajz CAD fájl CAM fájl	Van CAM szoftver
E	Inverz posztprocesszálas	Régi CNC program alkatrészrajz	Van inverz posztprocesszor

Megvizsgáltuk az alkatrészprogram újrainesztéséhez szükséges idő- és költségfordításokat –mely paramétereket a 2. táblázat tartalmazza–, valamint azt az átállási határszámot, amely esetén egy inverz posztprocesszor alkalmazása gazdaságilag kedvezőbb lehet a meglévő ipari megoldásoknál.

Jelölés	Megnevezés	Jelölés	Megnevezés
$t_{CAD,i}$	alkatrész CAD modellezése (h)	K_{sz}	Szoftverköltés (Ft)
$t_{CAM,i}$	CAM szoftverrel történő megmunkálásprogramozás (h)	K_m	humán erőforrás költség (Ft)
$t_{pp,i}$	CAM szoftverrel történő posztprocesszálas (h)	K_g	programbelövés idejére
$t_{k,i}$	kézi programozás (h)		termelésből kieső gép költség
$t_{be,i}$	kézi programozás esetén a program finomhangolása (h)		(Ft)
$t_{ipp,i}$	inverz posztprocesszálas (h)		

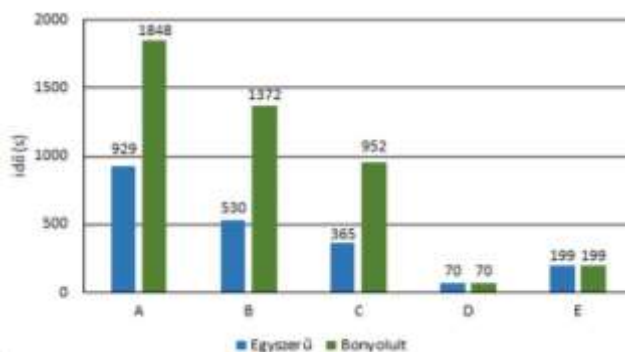
Szoftverköltésként az inverz posztprocesszort éves szinten $K_{ip}=100.000$ Ft-ra áraztuk be, míg a ZW3D CAD/CAM szoftver [4], ($K_{CADCAM}=1.690.000$ Ft) valamint az Inventor CAM szoftver, ($K_{CAM}=930.000$ Ft) piaci árait vettük figyelembe. A manuális programírás során az átállás DOOSAN LYNX 300 esztergagép Fanuc vezérlőjéről NCT 204 típusú vezérlőre történt. Az alkatrészprogram előállításának költsége n munkadarab esetén a szükséges szoftveres háttér költségéből, a programbelövés idejére termelésből kieső gép költségéből, valamint a humán erőforrás költségéből származik, az alábbi egyenlet szerint:

$$K_{pr} = c \cdot K_{sz} + \sum_{i=1}^n (t_{pr,i} + t_{be,i}) \cdot K_m + \sum_{i=1}^n t_{be,i} \cdot K_g \quad (1)$$

Ahol K_{pr} a programozási költség (Ft), $K_{sz} = K_{ip} + K_{CADCAM} + K_{CAM}$ a szoftverköltés Ft-ban, n az átállások száma, $c = 0,1$ a (szoftver) felhasználás arányossági tényezője, mely tapasztalatok alapján választott-környezetfüggő- paraméter megmutatja, hogy a CAD/CAM szoftvert milyen arányban alkalmazzuk megmunkálóprogramok átírására, $t_{pr,i} = \sum_{i=1}^n (t_{CAD,i} + t_{CAM,i} + t_{pp,i} + t_{k,i} + t_{ip,i})$ a programozási idő, $t_{be,i}$ a program finomhangolásának ideje órában.

3. EREDMÉNYEK

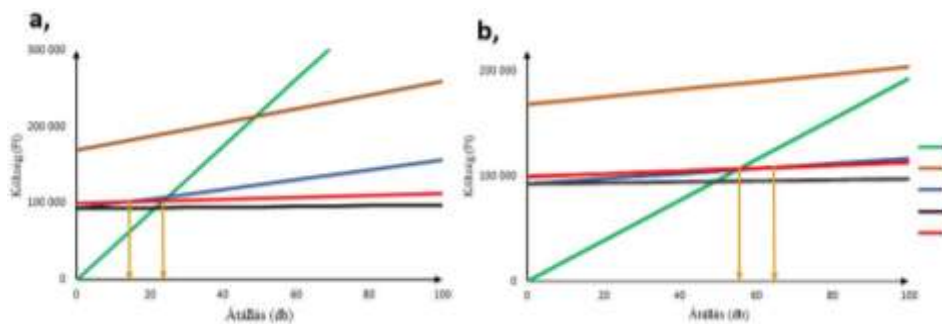
Az általunk végzett becslések és számítások segítségével az egyes kimeneti paraméterek alapján értékeltük a probléma megoldásában felmerülő lehetőségeket. A kapott eredményeket a 3. (idő) és a 4. (költség) ábrákon grafikusán szemléltetjük.



3. ábra. Alkatrészprogram előállításának időszükséglete egyszerű és bonyolult munkadarab esetében

A 3. ábrán jól látható, hogy egy alkatrész másik CNC gépre történő átállása esetén a megmunkálásprogramozás akkor a leggyorsabb, ha rendelkezésre áll számunkra a hozzá tartozó CAM fájl (D eset). Amennyiben az alkatrész CAM programja nem létezik, a leggyorsabb átállás érdekében érdemes megvizsgálni az ismételt alkatrészprogramozás helyett az inverz posztprocesszor segítségével történő átállás lehetőségét. Az általunk végzett számítások és mérések alapján, még bonyolultabb alkatrészek esetén sem ad jelentős többlet időráfordítást (2,84-szer nagyobb időigény) más megoldásokhoz (13,6-26,4-szer nagyobb időigény) képest. A vizsgált 2D-s alkatrészek esetében, amennyiben az átállásnál szükség van ismételt CAD/CAM rendszerrel történő modellezésre, és megmunkálás programozásra, jelentősen növekedik az alkatrészprogram létrehozásának az időigénye. A manuális programírás esetében a programozási idő mellett a programbelövési idő is jelentősen növeli a megmunkológépek közötti átállási időt.

Fontos kimeneti paraméter az alkatrészprogram előállításához szükséges idő mellett a költségráfordítás is, amelyet a 4.a (bonyolult alkatrész) és a 4.b ábra (egyszerű alkatrész) szemléltet.



4. ábra. Egyszerű (a) és bonyolult (b) 2D-s alkatrészek megmunkálóprogramjának költségvonzata, $c=0,1$

A fenti ábrák alapján jól látható, hogy azon lehetőségek, amelyek kisebb szoftveres ráfordítást igényelnek kevesebb átállás esetén jelentősen kevesebb költséggel rendelkeznek, azonban több átállás esetén kedvezőbb lehet olyan megoldások alkalmazása, ahol a munkaerő alkalmazásából, és a megmunkáló gép termelési folyamatból történő kiesésből származó költségek kevésbé növekednek. Ilyen megoldás lehet egy CAM szoftver alkalmazása. Amennyiben ez nem áll rendelkezésre, kedvező lehet egy inverz posztprocesszor alkalmazása is. Az inverz posztprocesszor alkalmazása bonyolultabb 2D-s esztergálás esetén (i) 24 átállást követően gazdaságosabb lehet a manuális programírással szemben, míg (ii) 15 átállás után válik gazdaságosabbá a CAM szoftverekkel történő ismételt megmunkálásprogramozással összehasonlítva. Egyszerűbb esetekben a 4. ábrán látható módon, 64 átállást követően térül meg az inverz posztprocesszor alkalmazásához szükséges többlet kiadás a CAM szoftverekkel szemben, valamint 56 átállást követően gazdaságosabb a manuális programírásnál.

4. KITEKINTÉS ÉS ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgált esetek alapján egyértelműen megállapítható, hogy gyakoribb átállások vagy szűkös humán erőforrás esetében kedvező lehet az inverz posztprocesszor alkalmazása (amennyiben nincs meglévő CAM fájl) idő- és költséghatékonyság szempontjából. A kapott eredmények alapján az is látható, hogy bonyolultabb és több tengelyes megmunkálást igénylő alkatrészek esetén érdemesebb inverz posztprocesszort alkalmazni. Eredményeink azonban egyértelműen mutatják azt is, hogy főleg kevesebb újraillesztési feladat esetén, bár időigényesebb, mégis költséghatékonyabb a manuális programírást választani. A folyamat rugalmasságát jelentősen növelheti azonban egy CAD/CAM rendszer alkalmazása, amivel az adott vezérlőre történő átállás esetén akár a technológiai adatokat is módosítani tudjuk. Ezen rugalmasságot megőrizve, egy CAD/CAM rendszer és egy inverz posztprocesszor egyidejű alkalmazásával –ugyan nagyobb költségek mellett, de– gyorsabb átállás is megvalósítható.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző részvételét az OGÉT 2021 konferencián az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő NTP-HHTDK-20 pályázata támogatta. A publikációban megjelenő eredmények az ITM NKFIA által nyújtott TKP2020 IKA támogatásból, az NKFIH által kibocsátott támogatói okirat alapján valósultak meg (projekt azonosító: TKP2020 BME-IKA-NAT).

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Jozef Majerik, Jaroslav Jambor, *Computer Aided Design and Manufacturing Evaluation of Milling Cutter when High Speed Machining of Hardened Steels*, Procedia Engineering, 2015, 100, 450-459.
- [2] Carsten Schaede, Stefan Seifermann, Joacim Metternich, *Automated generation of CNC programs for manufacturing of individualized products*. Procedia CIRP, 2018, 72, 1251-1257.
- [3] Bacs J.: *Inverz posztprocesszor fejlesztése, programozása és validálása 2D-s esztergálási és 2,5D-s marási környezetben*, TDK dolgozat, BME Gépészmérnöki Kar, 2020
- [4] ***, *ZW3D user's manual*. ZW3D, <https://www.zwsoft.com/zw3d/support/user-manual> (2021.02.19)