

# Uspešnost samodejnega programiranja CAM s predlogami za strojno obdelavo v proizvodnji specialnih produkcijskih orodij

Maciej Kowalski<sup>1,2</sup> – Przemysław Zawadzki<sup>1,\*</sup> – Adam Hamrol<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tehniška univerza v Poznaniu, Fakulteta za strojništvo, Poljska

<sup>2</sup> MK-Tech, Poljska

Proizvodnja specialnih tehnoloških orodij je primer proizvodnje po naročilu (ang. ETO ~ engineering to order), kjer konstrukcija orodja bazira na kupčevem modelu izdelka. Proces je zamuden in pogosto tudi precej neučinkovit (pri proizvodnji skupin izdelkov), saj ga je treba izvesti v celoti za vsak model izdelka posebej, čeprav si izdelki delijo podobne proizvodne operacije. Avtorji so že razvili poseben postopek ACPUT (samodejno programiranje CAM s predlogami za obdelavo), ki zapolnjuje nekaj vrzeli v programiranju CAM in omogoča pohitritev tega procesa (vsaj v teoriji). Glavni cilj pričujoče raziskave je bil preučitev uspešnosti in učinkovitosti postopka ACPUT v primerjavi s tradicionalnim programiranjem CNC-strojev v industrijski praksi.

Uvedba metod za samodejno programiranje CAM kot je ACPUT v oddelkih za tehnologijo proizvodnih podjetij je načeloma možna, zahteva pa napredno znanje in veščine na področju CAM ter dostop do implicitnega znanja v podjetju. Priprava takih rešitev je težavna in časovno zamudna, zato je bilo treba preveriti, kdaj je avtomatizacija programiranja CAM sploh smiselna.

Opravljen je bil test za primerjavo učinkovitosti ACPUT in tradicionalnega programiranja. Sodelovalo je 10 programerjev CAM, od tega 5 strokovnjakov z več leti delovnih izkušenj in 5 začetnikov z le nekaj meseci izkušenj. V analizi so bili primerjani naslednji kazalniki:

1. potrebni čas za pripravo programa za obdelavo posameznega dela orodja  $T_i$  [min],
2. kumulativni čas za obdelavo, ki je potreben za pripravo skupine orodij  $T_c$  [min],
3. vsota stroškov programiranja in obdelave vsakega orodja  $C_m$  [EUR].

Za preizkuse je bilo izbrano orodje za montažo plastičnih cevi, ki je sestavljeno iz 50 delov in se izdeluje na CNC-rezkalnem stroju.

Preizkusi v industrijskih pogojih so pokazali, da lahko postopek ACPUT skrajša potrebni čas za razvoj programov za obdelavo, kar pozitivno vpliva na skupne stroške izdelave orodij. Uspešnost postopka ACPUT je bila preizkušena na osnovi analize potrebnega časa za pripravo CNC programov in samega časa izvajanja obdelovalnih operacij (na osnovi simulacij v paketu CAM). Čas priprave programa je neposredni (poleg kakovostnih zahtev) kazalec uspešnosti postopka ACPUT. Analiza rezultatov je pokazala, da samodejna rešitev prinaša signifikantne časovne prednosti, zlasti v primerjavi z manj izkušenimi tehnologi. Rezultati samodejne rešitve so bili celo boljši od rešitev izkušenih strokovnjakov. Poudariti pa je treba, da je uspešnost postopka ACPUT odvisna predvsem od izkušenj ljudi, ki pripravijo predloge.

V prihodnjih raziskavah bi bilo smiselno preveriti možnost ustvarjanja programov za specifične tipe CNC krmilnikov. Do tedaj pa bodo bolj neposredne raziskave osredotočene na razvoj metod za hitro oceno tehnološke podobnosti delov, ki so kandidati za pripravo predlog za obdelavo. Če so razlike med deli prevelike, priprava predlog in uporaba postopka ACPUT nista ekonomsko upravičeni – v tem primeru ima prednost tradicionalni postopek programiranja.

ACPUT je nova metoda programiranja v sistemih CAM, ki je osredotočena na avtomatizacijo ponavljajočih se opravil, zlasti v proizvodnji orodij. Metoda temelji na namensko ustvarjeni bazi znanja in na predlogah za obdelavo, ustvarjenih v sistemu CAM. Rezultati bodo zaradi praktične uporabnosti v industrijski proizvodnji uporabni tako za industrijske in procesne inženirje, kakor tudi za raziskovalce v proizvodnih podjetjih.

**Ključne besede:** generativni proces CAM, CNC programiranje, avtomatizacija tehnološke priprave, na znanju temelječi inženiring