

UDK 621.827.174

JIT – ureditev pretočne izdelave pri obdelavi gredi

JANEZ KOPAČ – MILOŠ POŽAR – MITJA SIMČIČ

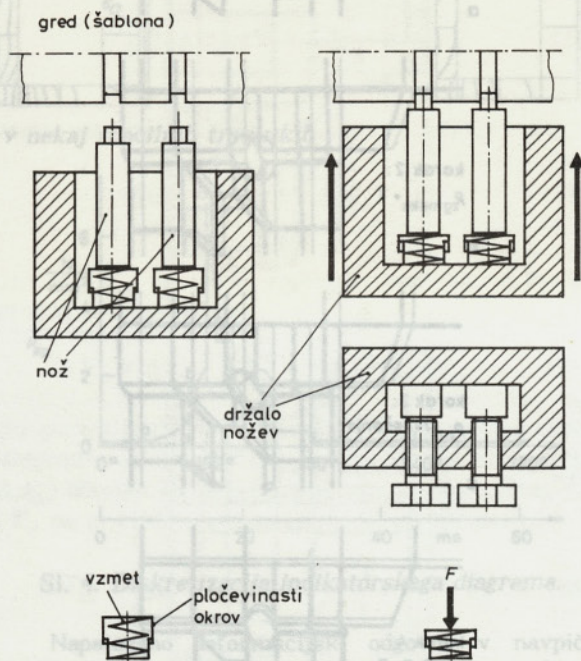
V šestdesetih letih je svet postal pozoren na Japonsko in njen gospodarski čudež. In ker čudeži niso pogosti, je začel iskati vzroke, ki so deželi omogočili, da iz razvalin zgradi sodobno in stabilno industrijo. Pojavilo se je veliko knjig z analizami japonske organiziranosti, produktivnosti in kakovosti. Zdi se, da vemo o Japonski vse, kar se vedeti da. V resnici pa šele počasi začnemo razumevati uspeh japonskih tovarn. Kje je razlika med našim in japonskim produkcijskim sistemom? Mi imamo veliko predpisov, Japonci poenostavljajo. Iz poenostavitve se je po večjem številu stopenj razvil sistem, ki je dobil ime *Just in Time* (JIT), kar lahko poslovenimo *prav ob času* ali *pravočasno*.

Vsebinska sistema je takšna, da o rokih izdelave odločajo naročila in ne vnaprej pripravljen načrt, v kateri se naročila šele vključujejo. Pri standardnem pretoku je krmiljeno delovno mesto v povezavi s prejšnjimi delovnimi mesti. S krmiljenjem izdelek potiskamo (push) skozi izdelavo. Pri JIT je izdelek skozi izdelavo z naročilom vlečen (pull). Da bi bila takšna rešitev mogoča, so bile v izdelavi potrebne mnoge rešitve, ki so omogočile kar najbolj gladek prehod izdelka skozi izdelavo. Rešitve so se začele z izdelavnimi programi, z obvladovanjem kakovosti in so se v končni fazi razširile prek logistike celo na organizacijo dobaviteljev. Pri rešitvah so Japonci upoštevali tudi preprostejše oblike pretoka. Med temeljnimi elementi rešitev je bilo obvladovanje pretoka, vendar za tovarno ni bilo neogibno potrebno, da pretok računalniško krmilijo.

Najlažje je, če se lotimo elementa izdelave (proge, skupine strojev...), ki ga najbolj obvladamo, čeprav lahko prav tu pričakujemo največje odpore vodstva izdelavnega procesa («Pustite nam vsaj to progo, ki teče!»). Tako smo se v ISKRI Avtoelektriki lotili reorganizacije izdelave enosmernega elektromotorja (AMJ) za pogon hidravličnih črpalk pri motornih vozilih, saj pričakujemo povečanje izdelave od sedanjih 65 tisoč motorjev letno na 130 tisoč. Tako moramo izdelavni proces postopno pripraviti na take količine. Hoteli smo ugotoviti, ali je nakup novih strojev nujno potreben ali pa lahko povečamo izdelavo z razpoložljivo opremo in zdajšnjo organizacijo po načelih pretočne izdelave.

Najprej smo se omejili na progo za izdelavo ustreznih gredi. Na strojih izdelujemo tudi druge gredi, zato je treba pri vsaki spremembi izdelka na teh strojih zamenjati orodje ali stroje nastaviti na nove geometrijske parametre. Analiza porabljenega časa za pripravo stroja za obdelavo druge gredi kaže, da lahko brez večjih vlaganj precej skrajšamo čas

mirovanja strojev. Na primer pri žagi prihranimo 35 minut (18 odstotkov celotnega časa) samo, če je na dosegu roke vse, kar potrebujemo za delo (orodje, deli za zamenjavo, šablone, krpe ...), če so enotni vijaki in če namesto vijcev uporabljamo pištole za privijanje. Vse to je mogoče pripraviti medtem, ko stroj deluje. Analize so pokazale, da se največ časa porabi za vnovično nastavljanje orodij in poskusno obratovanje (do 50%) [6], [2], tu je torej vredno iskati prihranke. Primer bistvene poenostavitve nastavljanja orodja je prikazan na sliki 1.

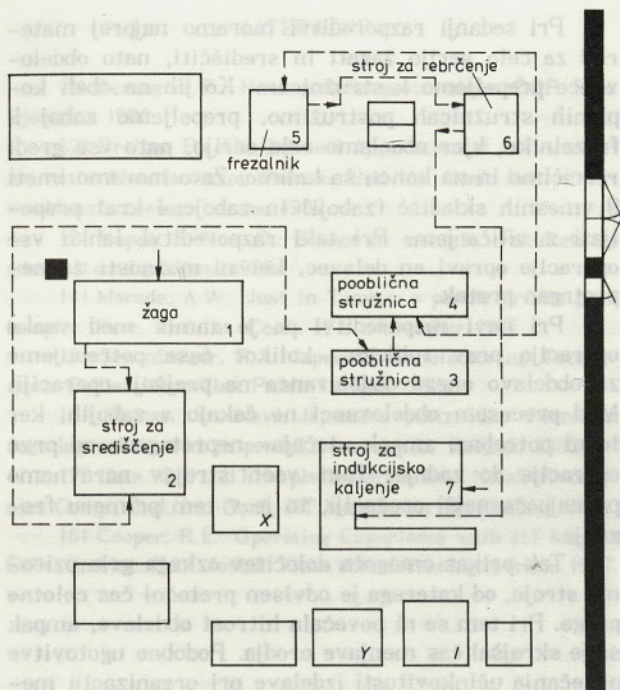


Sl. 1 Primer poenostavitve nastavljanja noža na prečnem supрту kopirne stružnice.

Pod nož damo vzmet, ki olajša primikanje in pozicioniranje. Držalo nožev premikamo navzgor (levo, desno), dokler se konici nožev ne ujameta z utori na šablono (postružena, mirujoča gred). Ko se noža ujameta v utor, privijemo vse vijake in pozicioniranje je končano. Podobni preprosti prijemi so mogoči pri večini strojev.

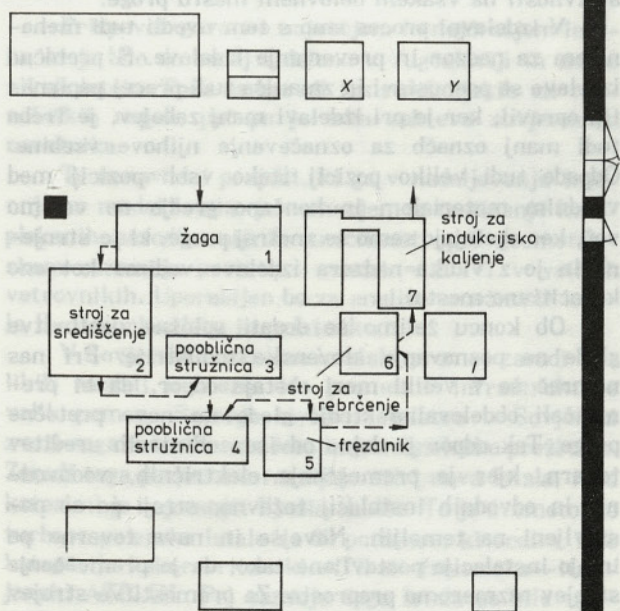
Ko je tako vsak stroj zase pripravljen za optimalno delovanje, se osredotočimo na povezave med stroji. Na sliki 2 je prikazana stara postavitev proge za obdelavo gredi.

Palice za žaganje pripelje viličar, delavec vsako dvigne na zalogovnik žage. Žaga (1) ima avtomatično podajanje, odrezani kosi padejo v zaboj, iz katerega jih delavec jemlje in nalaga na transporter stroja za



Sl. 2. *Tloris stare postavitve strojev.*

središčenje (2). Po končani operaciji padejo obdelani kosi v zaboj, ki ga viličar odpelje h kopirnim stružnicama (3, 4). Vlaganje in izpenjanje je ročno, zaboj pa premakne viličar. Delavec nalaga obdelovance na zalogovnik frezalnika (5), nato padejo v zaboj, ki ga prepelje na rebrčenje (6). Delavec dviga gredi na stroj, nato odlaga v zaboj, ki ga viličar odpelje k stroju za induktivno kaljenje (7). Ročno nalaganje na



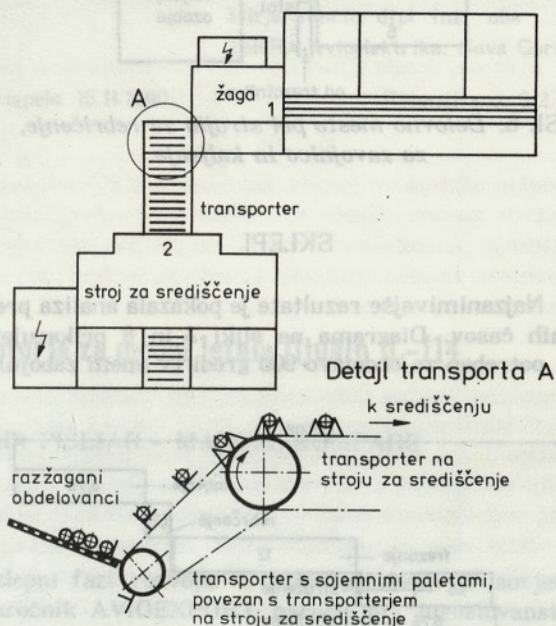
Sl. 3. *Tloris nove postavitve strojev.*

transporter, vlaganje in snemanje je avtomatično, gred pade v zaboj, ki je pripravljen na vožnjo do naslednje operacije.

Po optimiranju razmestitve strojev in ob upoštevanju pretoka vseh preostalih gredi, ne samo AMJ, je nastala nova podoba proge, prikazana na sliki 3.

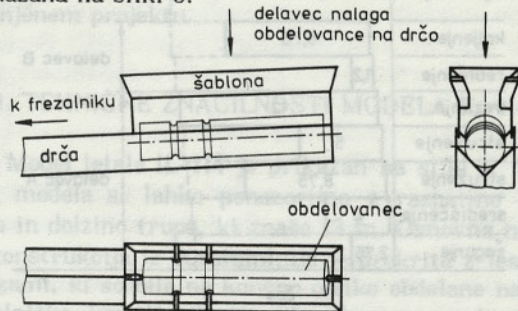
Stroji so združeni in razporejeni v obliki črke »U«, tako da sledijo vrstnemu redu operacij. Oblika obdelovalne celice omogoča povezavo zaporednih operacij, zato zaboji med operacijami niso več potrebni. Za povezavo med stroji smo izbrali preproste rešitve, kakor so tekoči trakovi, drče itn.

Slika 4 prikazuje del transporta obdelovancev med žago in strojem za središčenje.



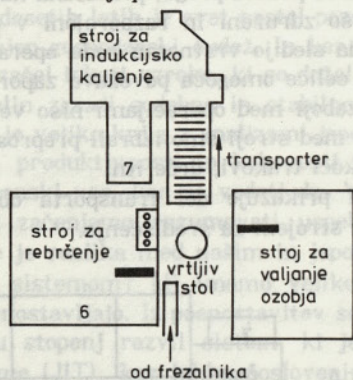
Sl. 4. *Transport med žago in strojem za središčenje.*

Poka-Yoke (Baka-Yoke) [5] je metoda, po kateri je izdelana naprava, ki preprečuje nastajanje napak. Namestimo oziroma uporabimo jo na(pred) stroju (jem), da avtomatično preverja in preprečuje morebitne napake v procesu [1]. Naprava je shematsko prikazana na sliki 5.



Sl. 5. *Nastavek na drči, skozi katerega padejo na drč samo pravilno usmerjeni obdelovanci (Poka-Yoke).*

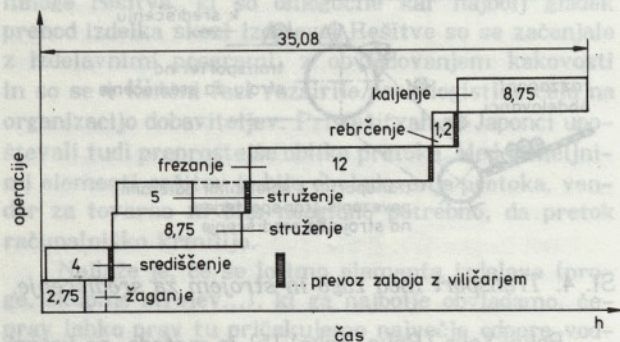
Kjer bi bili stroški za uvedbo avtomatičnega podajanja previsoki, oz. kjer pričakujemo nov stroj s podajalnikom, ostaneta dodajanje in odvzemanje ročno. Ker so stroji dovolj skupaj, lahko delavec, ki streže stroje, sedi na ergonomsko oblikovanem stolčku med stroji [3]. Na sliki 6 je prikazano takšno delovno mesto.



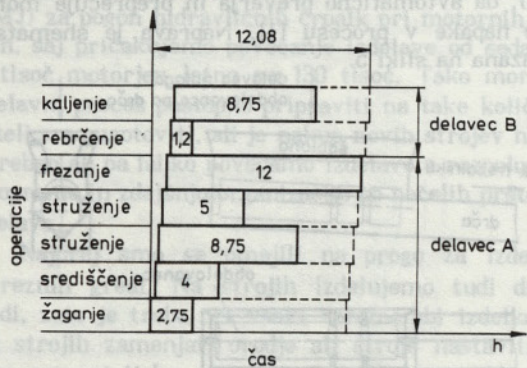
Sl. 6. Delovno mesto pri strojih za rebrčenje, za zavojnico in kaljenje.

SKLEPI

Najzanimivejše rezultate je pokazala analiza pretočnih časov. Diagrama na sliki 7 in 8 prikazujeta čas, potreben za obdelavo 900 gredi (v enem zaboju).



Sl. 7. Diagram porabljenega časa za obdelavo gredi pri sedanji razporeditvi strojev.



Sl. 8. Diagram porabljenega časa za obdelavo gredi pri novi razporeditvi strojev.

Pri sedanji razporeditvi moramo najprej material za celo serijo žagati in središčiti, nato obdelovance prepeljemo k stružnicam. Ko jih na obeh kopyrnih stružnicah postružimo, prepeljemo zaboj k frezalniku, kjer obdelamo celo serijo, nato vse gredi rebrčimo in na koncu še kalimo. Zato moramo imeti 9 vmesnih skladišč (zaboji) in zaboje 4-krat prepegljati z viličarjem. Pri taki razporeditvi lahko vse operacije opravi en delavec, ker ni možnosti za nepretrgan pretok.

Pri novi razporeditvi pa je zamik med vsako operacijo prav tolikšen, kolikor časa potrebujemo za obdelavo enega obdelovanca na prejšnji operaciji. Med procesom obdelovanca ne čakajo v zabojih, ker to ni potrebno, ampak »tečejo« nepretrgano od prve operacije do zadnje. Takt vseh strojev naravnamo po najpočasnejši operaciji, to je v tem primeru freziranje.

Tak prikaz omogoča določitev ozkega grla oziroma stroja, od katerega je odvisen pretočni čas celotne proge. Pri tem se ni povečala hitrost obdelave, ampak se je skrajšal čas menjave orodja. Podobne ugotovitve povečanja učinkovitosti izdelave pri organizaciji menjave orodij opazimo tudi pri evropskih izdelovalcih [12].

Najpomembnejša pridobitev je skrajšanje pretočnega časa na 35 odstotkov, to pa pomeni povečanje proizvodnje za 185 odstotkov z istimi stroji.

Po novi razporeditvi zalog med operacijami ni, zato ne potrebujemo zabojev, viličarja pa tudi ne. Prav tako prihranimo dragocen prostor (stroji so bližje, vmesnih skladišč ni). Pot izdelka se skrajša s 70 m na 13 m, kar je le petina stare poti. Izboljšana je preglednost izdelave, poenostavljeno načrtovanje in nadzor. V vsakem trenutku lahko nadzorujemo aktivnosti na vsakem delovnem mestu proge.

V izdelavni proces smo s tem uvedli tudi mehanizem za nadzor in preverjanje izdelave. S pretočno izdelavo se poenostavi in zmanjša tudi precej papirnatih opravil; ker je pri izdelavi manj zabojev, je treba tudi manj označb za označevanje njihove vsebine. Odpade tudi veliko pozicij (tako vseh pozicij med vhodnim materialom in končano gredjo ne vodimo več, ker obstajajo samo še znotraj proge, ki je strnjena in jo z vidika nadzora izdelave vodimo kot eno kapacitivno mesto).

Ob koncu želimo še dodati splošne ugotovitve glede na poznavanje slovenske industrije. Pri nas namreč še v veliki meri obstaja odpor, da bi premeščali obdelovalne stroje glede na nove pretočne proge. Tak odpor je delno odvisen od starih ureditev tovarn, kjer je premeščanje električnih, vodovodnih in odvodnih instalacij težavno, stroji pa so postavljeni na temeljih. Novejše in nove tovarne pa imajo instalacije postavljene tako, da je premeščanje strojev razmeroma preprosto. Za premestitve strojev v omenjenem primeru zadošča že čas enega kolektivnega dopusta.

LITERATURA

- 111 Beranger, P.: Nova pravila proizvodnje. ČGP Delo. Ljubljana 1989.
- 112 Brohan, P.: The Internal Application of Just-in-Time to the Manufacturing Process. 2nd Int. Conf. Just in Time Manufacturing. London 1987.
- 113 Kopač, J.-Noe, D.: Strega in montaža. Fakulteta za strojništvo. Ljubljana 1989.
- 114 Marsde, A.W.: Just in Time - a people driven philosophy. Proc. 2nd Int. Conf., IFS. November 1987.
- 115 Schonberger, R.J.: Japanese Manufacturing Techniques. Collier Macmillan Publ., London 1982.
- 116 Shingo, S.: Nova Japanska proizvodna filozofija. Jugoslovanski zavod za produktivnost rada. Beograd 1985.
- 117 Gate, G.P.: JIT Implementation in a Small Electronics Comp., 2nd. Int. Conf. JIT Manufacturing. London 1987.
- 118 Cooper, R.E.: Operating Experience with JIT Kanban Cells. 2nd Int. Conf. Just in Time Manufacturing, London 1987.

119 Dangelmaier, W.: Ideje za praktične sisteme planiranja rasporeda opreme. Planiranje i upravljanje proizvodnjom. 1983/4-5.

1101 Matthee, R.: Razmještaj strojeva orijentiran na optimalni tok materijala. Planiranje i upravljanje proizvodnjom. 1976/1.

1111 Theunissen, T.J.: Throughput Time as a Critical Factor. 2nd Conf. Just in Time Manufacturing. London 1987.

1121 Werkzeuge - Kosten im Nebel. Werkzeugmanagement. Werkzeuge. December 1990.

Naslovi avtorjev: docent dr. Janez Kopač, dipl. inž.
Fakulteta za strojništvo v Ljubljani.
mag. Miloš Požar, dipl. inž. in
Mitja Simčič, dipl. inž. oba
ISKRA Avtoelektrika, Nova Gorica

Prispelo: 15.11.1990

Recenzirano: 3.2.1991

UDK 629.7.035.3

Razvoj in izdelava turbopropelerskega motorja za model letala Iljušin IL-114

BRANE ŠIROK - EDVARD HÖFLER - MIHA PIŠLJAR - MARCEL KOMPARE

0. UVOD

Prispevek govori o največjem in najdražjem letalu, ki je bilo do sedaj izdelano v Jugoslaviji in ne bo nikoli letelo. Toda ne zaradi konstrukcijskih ali tehnoloških napak, pač pa je taka zahteva sovjetskega naročnika.

Ta nenavadni projekt, ki ga v nadaljevanju imenujemo model letala, je namenjen za testiranje kompleksnih aerodinamičnih značilnosti pri geometrijskem razmerju prototip : model = 2 : 1 v velikih vetrovnikih. Uporabljen bo za analizo zmožnosti letala IL-114 pri vzletu in pristanku.

V Sovjetski zvezi ima letalski promet zaradi velikih razdalj in nerazvite prometne infrastrukture velik pomen. Sedanje civilno letalstvo v Sovjetski zvezi sega v šestdeseta leta in je tehnološko preživeto. Zaradi tega pospešeno razvijajo štiri nova letala, med katerimi je najmanjši Iljušin IL-114. To je dvomotorno turbopropelersko letalo za 60 potnikov, ki sodi v isto kategorijo kakor britanski ATP ali francosko--italijanski ATR [1]. Pri razvoju tega letala so bile uporabljene sodobne konstrukcijske in raziskovalne metode, med katere spadajo tudi meritve na modelu v

sklepni fazi razvoja. S tem namenom je sovjetski naročnik AVIOEXPORT naročil pri jugoslovanskem združenju letalske industrije razvoj in izdelavo omejenega modela. V sklopu zahtev je naročnik zahteval tudi razvoj in izdelavo dveh turbopropelerskih motorjev s skupno močjo 920 kW pri vrtilni hitrosti propelerja 2400 min^{-1} in omejeni skupni masi 1400 kg. Turboinštitut je sprejel izziv in razvil motorje, ki so bili izdelani po delih širom po Jugoslaviji.

V prispevku želimo pregledno opisati obseg razvojno-raziskovalnega dela, ki je bilo opravljeno na omenjenem projektu.

1. TEHNIČNE ZNAČILNOSTI MODELA IL-114

Model letala IL-114 je prikazan na sliki 1. Velikost modela si lahko ponazorimo z razpetino krila 15 m in dolžino trupa, ki znaša 13 m. Osnovna nosilna konstrukcija iz duraluminija je prekrita z lesnimi oblogami, ki so bile na končno obliko obdelane na računalniško krmiljenih strojih. Po nanosu kemične zaščite in barvnega sloja je bila preverjena točnost izdelave, obrisov s trikoordinatnim merilnikom DEA.