

UDK 658.511:658.52.011.56

**Racionalizacija v serijski proizvodnji po načelih tipske tehnologije****Rationalization of Series Production by Applying the Principles of Type Technology**

ANDREJ POLAJNAR – BORUT BUCHMEISTER – MARJAN LEBER

*V članku je predstavljen primer dejanskega vključevanja tipske tehnologije, v katerem smo najprej postavili ustrezen model tipske tehnologije s potrebnim razvrščanjem elementov do izdelave tipskega delovnega načrta in uporabo takšnega delovnega načrta. Prav tako so prikazani razvoj in delovanje interaktivnega programa za grafično in numerično definiranje tipskega delovnega poteka in risbe ter potreben pretok informacij pri uporabi tipskega delovnega poteka v dejanskih delovnih razmerah.*

*An example is given in the paper of the principles of introducing type technology into production. A model of type technology was set by grouping all necessary elements, a type working plan was created and its application shown in practice. The paper also presents the development and working of an interactive program for graphical and numerical definition of the type working process and of a drawing, and the information flow necessary in applying the type working process in real conditions.*

**0 UVOD**

Skrajševanje pretočnega časa od ponudbe do dobave je nujno potrebno za zagotavljanje prilagodljivosti pri izdelkih in zmožnosti dobave. To lahko dosegamo z optimiranjem izdelovalnih postopkov ob hkratni integraciji konstrukcije, izdelave in zagotavljanju kakovosti. Povezava med temi tremi področji je načrtovanje izdelave, ki določa izdelovalne postopke, izdela delovne načrte, načrte preizkusov, zagotovi potrebne vpenjalne priprave in izdela numerično krmiljene programe.

V serijski proizvodnji, ki je običajna v avtomobilski industriji, še posebej pri proizvodnji motorjev, pa moramo v okviru načrtovanja proizvodnje vključevati tipsko tehnologijo, kjer na podlagi podobnosti geometrijske oblike elementov izdelamo tipski, vnaprej predpisani postopek izdelave. S tem praktično izključimo možnost, da se dva podobna dela izdelujeta po dveh popolnoma različnih teholoških postopkih. Prav tako lahko z uporabo tipske tehnologije razmeroma hitro vnaprej določimo stroške izdelave, potrebna delovna sredstva, morebitne potrebe po novih oziroma dodatnih strojih in podobno [1], [3].

Pri uvajanju tipske tehnologije moramo paziti, da je model tipizacije dovolj prilagodljiv. Model mora namreč omogočati ustrezeno prilaganje pri uvajanju novih tehnologij in novih spoznanj s področja obdelovalne tehnike.

**0 INTRODUCTION**

The reduction of flow time from offer to delivery is indispensable for assuring the increasing necessity for the adaptability of products and deliveries. This can be achieved by optimizing production processes and, simultaneously, integrating in them design, manufacturing and quality assurance. In manufacturing planning, all three fields are linked to define manufacturing processes, elaborate working and testing plans, assure all necessary clamping devices, and prepare NC-programmes.

In series production, which is characteristic for the automobile industry, especially in the production of motors, type technology must be included into production planning. With type technology we elaborate, with respect to the geometric similarity of elements, a previously determined type of the manufacturing process. In this way, we practically exclude the possibility of two similar parts being manufactured by completely different technological processes. We can at the same time determine costs, necessary production means, and possible requirements for new or additional machines relatively quickly in advance etc. [1], [3].

In introducing type technology, we must pay attention to making a sufficiently flexible type model. A model must, namely, allow adequate adaptations in introducing new technologies and new know-how from the field of forming techniques.

## 1 POTREBNA IZHODIŠČA ZA IZDELAVO TIPSKEGA DELOVNEGA NAČRTA

Pri delovnem načrtovanju so priprava, dokumentacija in ponovna uporaba informacij pogosto uporabljene za izdelavo tipskega delovnega načrta. Ta vsebuje vse operacije in računske predpise za skupino izdelkov v obliki, ki ni odvisna od naročila. Vrsta in obseg podatkov sta odvisna od variabilnih parametrov glede na tip skupine izdelkov. Pri zasnovi takih tipskih delovnih načrtov – potekov pa moramo upoštevati razvrstitveni ključ, s katerim postavimo ustreerne skupine za tipsko tehnologijo ter definiramo in nato racionaliziramo tehnologijo izdelave teh skupin [4].

### 1.1 Razvrstitveni ključ

V Tovarni avtomobilov in motorjev Maribor, za katero smo v okviru večletne raziskave raziskali možnost uporabe tipske tehnologije, smo uporabili razpoložljivi razvrstitveni ključ. Na osnovi tega ključa smo razvrstili vse dele v posamezne skupine. Ko imamo spisek vseh elementov v skupini, moramo še preveriti, ali so v skupini tudi morebitni neaktivni elementi, ki jih izločimo iz obravnave [4].

### 1.2 Pogoji za izdelavo tipske tehnologije

Sedanje stanje tehnologije moramo za uvedbo tipske tehnologije racionalizirati. To uredimo po stopoma:

- Izločitev nekaterih strojev (proizvodnih mest), če ista operacija poteka na dveh podobnih strojih (nekateri elementi skupine na enem, drugi na drugem stroju). Pri tem moramo paziti na zmogljivost in obremenitve strojev.

- Prenos nekaterih operacij na drug stroj, da razbremenimo ali izločimo prvega. Pri tem moramo upoštevati dejanske možnosti (orodja, vpenjalne naprave).

- Zamenjava vrstnega reda operacij, če je to mogoče.

Naš cilj je čim krajši in čim preudarnejši tipski delovni potek.

V danem primeru ene skupine elementov smo po analizi sedanjega stanja izločili šest proizvodnih mest. V končni obliki je vseboval tipski delovni potek le še 33 operacij, namesto 56, s katerimi lahko zajamemo izdelavo vsakega elementa v sedanji skupini [4].

Uvajanje tipske tehnologije izvedemo torej v naslednjem zaporedju:

## 1 NECESSARY GUIDELINES FOR THE CREATION OF A TYPE WORKING PLAN

In work planning preparation, documentation, and repeated use of information are frequently applied in the creation of a type working plan. This plan must include all operations and calculating definitions for a group of products, in a form which is independent of an order. The type and scope of data depend on variable parameters with respect to the type of a product group. In designing such type working plans, a classification key must be considered which helps to define suitable groups and define and rationalize their production technology [4].

### 1.1 Classification key

We applied the existing classification key in the automobile factory in Maribor, for which we have investigated, in the scope of long-term research, the possibility of introducing type technology. With this key, we grouped all parts in individual groups. Once we have a list of all elements in a group, we must check whether inactive elements also feature in the group, and eliminate them from processing [4].

### 1.2 Conditions for the elaboration of type technology

For the introduction of type technology, the existing state-of-the-art must be rationalized. This can be done in several steps:

- Elimination of some machines (workplaces) if the same operation is performed on two similar machines (some group elements on the first machine, others on the second machine). Here, the capacities and loads of machines must be taken into account.

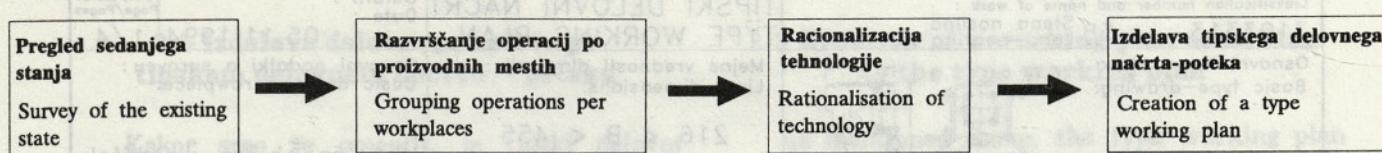
- Transfer of some operations onto the second machine to reduce the load or to eliminate the first machine. Actual possibilities must be considered (of tools, clamping devices).

- Change of the sequence of operations if possible.

Our objective is to obtain as short and rational a type of working process as possible.

In the studied example of a group of elements, six workplaces were eliminated after the analysis of the existing state. In its final form, the type working process contained only 33 operations instead of 56, which were sufficient to cover the machining of all elements in a group [4].

Type technology is introduced by observing the following sequence:



## 2 MODEL IZDELAVE TIPSKEGA DELOVNEGA NAČRTA

### 2.1 Tipski delovni načrt – potek

Zgled tipskega delovnega načrta – poteka prikazuje slika 1, s katere je vidna zgoščena oblika podatkov za izdelavo vseh elementov v skupini. Bistvo tipskega delovnega načrta – poteka je v zbiru vseh možnih operacij posamezne skupine elementov (npr. NOSILNA STENA – sl. 1) in v izkustveni formuli za izračun norme, ki omogoča izračun predpisov za vse dimenzijsko različne elemente v skupini.

### 2.2 Porazdelitev časov pri tipskem delovnem načrtu – poteku

V tipski tehnologiji mora biti izpolnjena zahteva po enakem rezalnem orodju, določenem za operacijo, pri vseh elementih skupine in seveda o enakem materialu za vse elemente skupine. V primeru različnosti materiala moramo pri izračunu norme upoštevati dodatni faktor materiala, s katerim vplivamo na pravilnost izračuna norme.

Norma  $t_1$  je odvisna od razmer pri dani operaciji  $x$  in od dolžine obdelave 1, ki pri frezanju pomeni dolžino obdelave, pri vrtanju, povrtavanju in rezanju navoja globino luknje, pri struženju pa dolžino poti orodja. Odvisnost je podana v obliki:

$$t_1 = x \cdot l \text{ min} \quad (1).$$

Pri tem pomenita:  $l$  – dolžino obdelave ali poti orodja, globino luknje;  $x$  – faktor, odvisen od razmer pri operaciji (stroj orodje – podajanje, vrtilna hitrost, število prehodov), ugotovljen z meritvami.

V nakaterih operacijah (predvsem pri vrtanju in struženju) je podobna odvisnost podana tudi za določitev vrtilne hitrosti, ki je lahko izražena z:

$$n = \frac{y}{d} \text{ min}^{-1} \quad (2).$$

Pri tem pomenita:  $y$  – faktor, odvisen od orodja, ugotovljen z meritvami;  $d$  – premer orodja ali obdelovanca na mestu obdelave.

Norma  $t_1$  za operacijo je vsota tehnoloških časov posameznih faz, pomožnih časov in dodatnih časov. Pri izračunu norme po izkustveni formuli pride na čisti tehnološki čas (čas rezanja) od 32 do 58 odstotkov celotnega časa  $t_1$  [4].

## 2 A MODEL FOR CREATING A TYPE WORKING PLAN

### 2.1 Type working plan

An example of a type working plan is given in Figure 1 from which a condensed form of data for machining all elements can be seen. The essential feature of the type working plan lies in the accumulation of all possible operations for a group of elements (e. g. LOAD-BEARING WALL, Figure 1) and in the empirical formula for calculating the standard for all dimensionally different elements in a group.

### 2.2 Time structure in the type working plan

In type technology, the requirements for a constant cutting tool for an operation and for the same material must be fulfilled for all elements in a group. In the case of different materials, we must consider, in calculating the standard, an additional factor for the material to obtain the correctness of calculations.

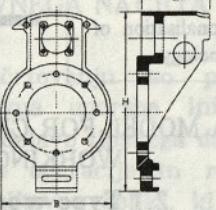
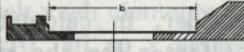
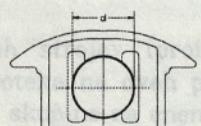
The time standard  $t_1$  depends on the conditions of a given operation  $x$  and of the length of machining 1, which represents the length of machining in milling, the depth of a hole in boring, finish boring, and screw cutting, and the length of a tool path in turning. The dependence is given in the form:

Here  $l$  is the length of machining, the tool path, or the depth of a hole, and  $x$  is the factor dependent on operating conditions (movements of tools towards a machine, rotating speed, number of passes) and determined by measurements.

In some operations (especially in boring and turning) a similar dependence is used also for determining the rotating speed, and expressed by:

Here  $y$  is a tool dependent factor established by measurements, and  $d$  is the diameter of a tool or workpiece at the point of machining.

The time standard  $t_1$  for an operation is the sum of all technological times needed for individual phases, auxiliary times and time allowances. In calculating the standard according to the empirical formula, the net technological time (cutting time) represents from 32 to 58 % of the total time  $t_1$  [4].

Klasifikacijska številka in naziv dela : Classification number and name of work : <b>3193313 .... 58 Stena nosilna</b> <b>3193313 .... 58 Load-bearing wall</b>		<b>TIPSKI DELOVNI NACRT</b> <b>TYPE WORKING PLAN</b>		Datum : Date : <b>05.11.1994</b>	List/Listov Page/Pages <b>1/4</b>
Osnovni tip – skica : Basic type-drawing: 		Mejne vrednosti dimenzij : Limit dimensions: $216 < B < 455$ $302 < H < 455$ $22,5 < L < 141$		Osnovni podatki o surovcu : Basic data on rawpiece: Vhodna oblika : Odlitek Input shape: Casting Material : NL 60	
Štev. oper. No.of op.	Opis delovnega postopka Description of working process	Skica obdelave Machining drawing	Osnovno rezilno (1), vpenjalno (2) in merilno (3) orodje Basic cutting (1), clamping (2) and measuring (3) tools	Str.m. , pr.m. st. in naziv stroja Location code, No. and name of machine	t <sub>pz</sub> (min)
005	Frezati ploskev Milling a plane		(1) Frezalna glava JRSP 315 ND  (2) Vpen. priprava 7403-316  (3) Pomično merilo Mspg 150 Merilni list 0,1 ; 0,2	2714 2732  Vertikalni progr. frezalni stroj  27 53 3 005	
			(1) Milling head JRSP 315 ND  (2) Clamping device 7403-316  (3) Vernier caliper Mspg 150 Thickness gage 0,1 ; 0,2	2714 2732  Progr. vertical milling machine  27 53 3 005	V <sub>C</sub> = 89 m/min f = 125 mm/min n = 90 min <sup>-1</sup> t <sub>1</sub> = 0,014*
010	Frezati ploskev Milling a plane	 l=dolžina ploskve b l=length of plane b	Glej operacijo 005	2714 2732  Vertikalni progr. frezalni stroj  27 53 3 005	Glej operacijo 005
			See operation 005	2714 2732  Progr. vertical milling machine  27 53 3 005	See operation 005
015	Vrtati Boring	 l=globina luknje l=depth of hole	(1) Sveder Ssk(d-0,5) Povrtno Rmn (d)  (2) Vrtalna priprava 7304-247  (3) Merilni trn Mrt (d) H10	2714 2038  Steberni vrtalni stroj  20 20 7 026	V <sub>C</sub> = 12 m/min f = 0,25mm/vrt n = 4000/d t <sub>1</sub> = 0,2*
			(1) Borer Ssk(d-0,5) Finish-borer Rmn (d)  (2) Boring device 7304-247  (3) Plug gauge (d) H10	2714 2038  Column type drilling machine  20 20 7 026	
020	Stružiti na NC Turning on NC	 l=dolžina poti orodja l=length of tool path	(1) Stružni nož z MPP; CNMA120412-držaj 5919-0347- SPGN120312-držaj 5919-0346-  (2) Trodeljustnik 7103-167 Vpenjalne čeljusti 7103-169-  (3) Pomično merilo Mspg 150 Obroč, kalibrski nos. Mdr(d)	2714 1890  Čelna vertikalna CNC stružnica  18 29 4 002	V <sub>C</sub> = 130 m/min f = 0,12mm/vrt n = 4000/d t = 0,1*
			(1) Turning tool with MPP; CNMA120412-držaj 5919-0347- SPGN120312-držaj 5919-0346-  (2) Three jaw 7103-167 Clamping jaws 7103-169-  (3) Vernier caliper Mspg 150 Ring calibrated piece Mdr(d)	2714 1890  Front-operated CNC lathe  18 29 4 002	

Sl. 1 Del tipskega delovnega načrta za skupino elementov NOSILNA STENA [4]

Fig. 1. A part of the type working plan of the group of elements LOAD-BEARING WALL [4]

### 2.3 Izdelava delovnega načrta po tipskem delovnem načrtu – poteku

Kakor smo že omenili, je tipski delovni načrt – potek vsota vseh operacij z ustreznimi podatki za izdelavo vseh elementov v skupini. Po izdelanem tipskem delovnem načrtu – poteku lahko tehnolog izdela določeni delovni načrt – potek za element v skupini. Pri tem upošteva dejanske izmere elementa, ki v delovnem načrtu – poteku vplivajo na izračun norme  $t_1$ , in potrebne operacije iz tipskega delovnega načrta – poteka. Seveda je lahko to delo opravljeno s prepisovanjem potrebnih podatkov iz tipskega delovnega načrta – poteka ali pa je računalniško podprt [4].

### 3 KOMPLEKSNA ZASNOVA OBRAVNAVANE TIPSKE TEHNOLOGIJE Z UPORABO RAČUNALNIKA

Za izdelavo tipskega delovnega načrta – poteka moramo najprej določiti skupino elementov, ki jo bomo obravnavali. Za določitev skupin uporabimo razvrstitveni ključ. Z njim lahko skupino elementov nedvoumno določimo. Ko je skupina določena, jo lahko začnemo obravnavati po modelu za izdelavo tipskega delovnega načrta – poteka. Kompleksnost rešitev na računalniku je razvidna iz prikazane strukture ukazov v programu (slika 2) [5].

V bazi so podatki za tipski delovni potek med seboj povezani tako, kakor ga prikazuje slika 3.

Tipska delovna risba je podrejena tipskemu delovnemu poteku in vezana na številko tipskega delovnega poteka, številko operacije in zaporedno številko risbe za to operacijo. Skupna je za vse dele, ki imajo to operacijo. Če vseh faz operacije ne moremo narisati na eno risbo, ima ta operacija več tipskih delovnih risb. V tipskem delovnem poteku je določeno število delovnih risb za operacijo.

Delovne risbe izdelamo za vsak element oziroma del, ki ima to operacijo. Podrejena je tipski delovni risbi in vezana na element dela, številko operacije in zaporedno število risbe za to operacijo.

Zaradi medsebojne podrejenosti podatkov moramo najprej definirati tipski delovni potek, nato tipsko delovno risbo in na koncu delovno risbo.

Zato vpeljemo indikatorje stanja, ki označujejo, v kateri fazi definiranja je skupina podatkov. Tukaj je skupina podatkov tipski delovni potek ali tipska delovna risba [6].

### 2.3 Creation of a working plan according to the type working plan

As mentioned above, the type working plan or process is a sum of all operations containing adequate data for manufacturing all elements in a group. With the type working plan, a technologist can prepare the actual working plan for an element in a group. Here he must consider the actual dimensions of elements which influence the calculation of the standard  $t_1$ , and all necessary operations from the type working plan. This work can be done by copying the necessary data from the type working plan, or it may be computer supported [4].

### 3 COMPLEX DESIGN OF THE PRESENTED TYPE TECHNOLOGY BY THE USE OF A COMPUTER

To create a type working plan we must first define the group of elements which we want to study. To define groups, we use a classification key which allows us to define a group of elements without ambiguity. When a group has been defined, we can proceed according to the model for the type working plan. The complexity of a computer solution is evident from the illustrated structure of commands in the program (Fig. 2) [5].

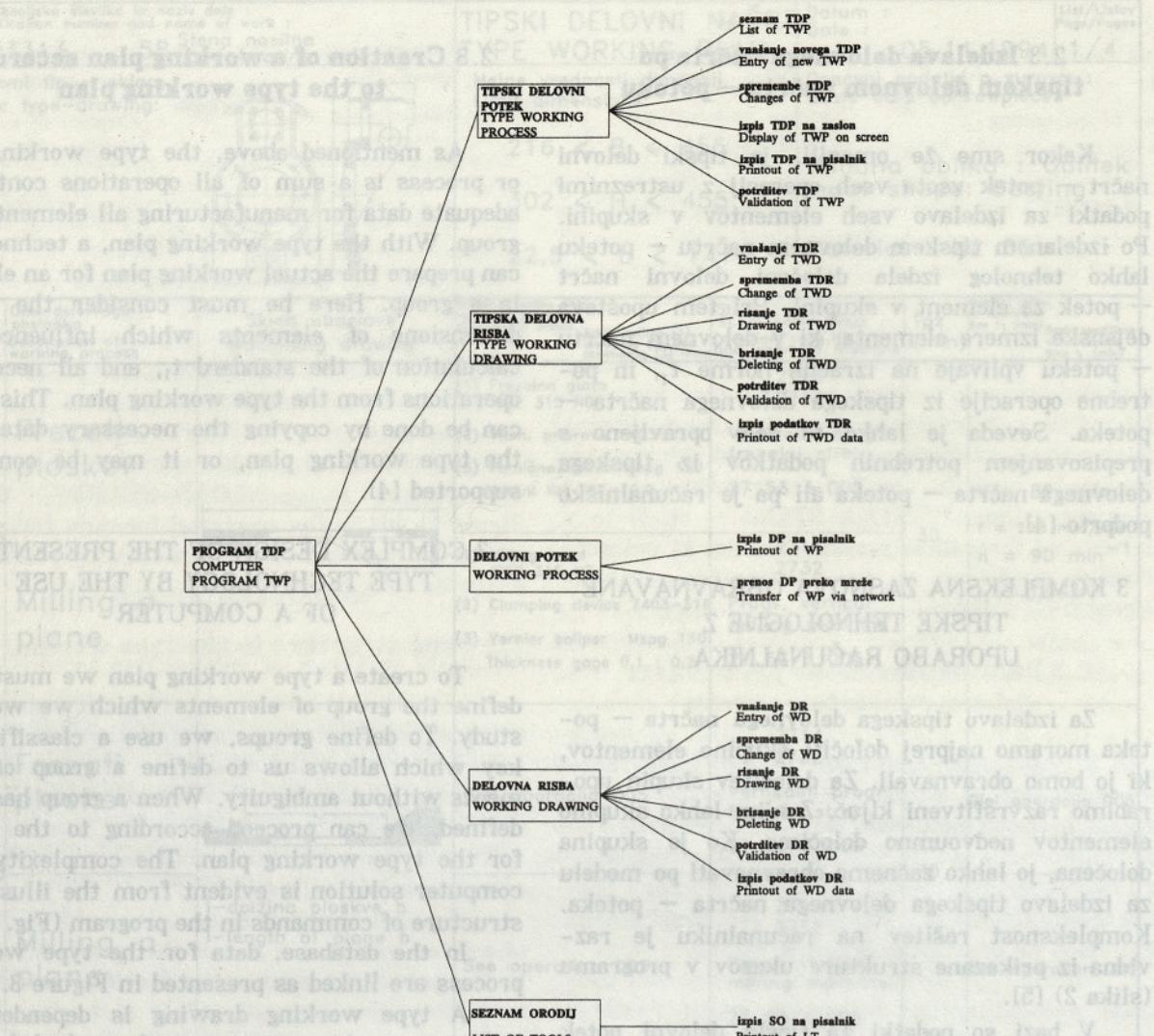
In the database, data for the type working process are linked as presented in Figure 3.

A type working drawing is dependent on the type working process and marked by the number of the type working process, number of operation, and the running number of the operation drawing. This is a joint drawing for all parts whose manufacture contains this operation. If all the phases of an operation cannot be drawn on one drawing, the operation has more type working drawings. The type working process defines the number of working drawings for an operation.

Working drawings are made for all parts that need this operation. They are dependent on the type working drawing and marked by the identification number of a part, number of operations, and running number of the operation drawing.

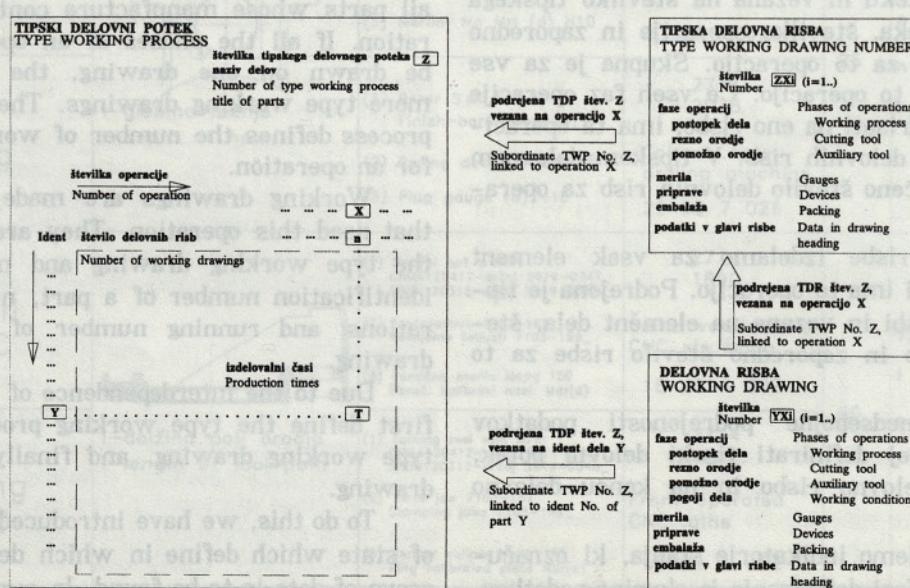
Due to the interdependence of data, we must first define the type working process, then the type working drawing, and finally the working drawing.

To do this, we have introduced the indicators of state which define in which defining phase a group of data is to be found. In our case, a group of data is a type working process, a type working drawing or a working drawing [6].



Sl. 2. Struktura ukazov v programu tipskih delovnih potekov

Fig. 2. Structure of commands in the program for type working processes



Sl. 3. Povezanost podatkov v tipskem delovnem poteku [6]

Fig. 3. Interconnection of data in the type working process [6]

#### 4 VKLJUČEVANJE IZDELAVE TIPSKEGA DELOVNEGA NAČRTA V INFORMACIJSKI SISTEM PODJETJA

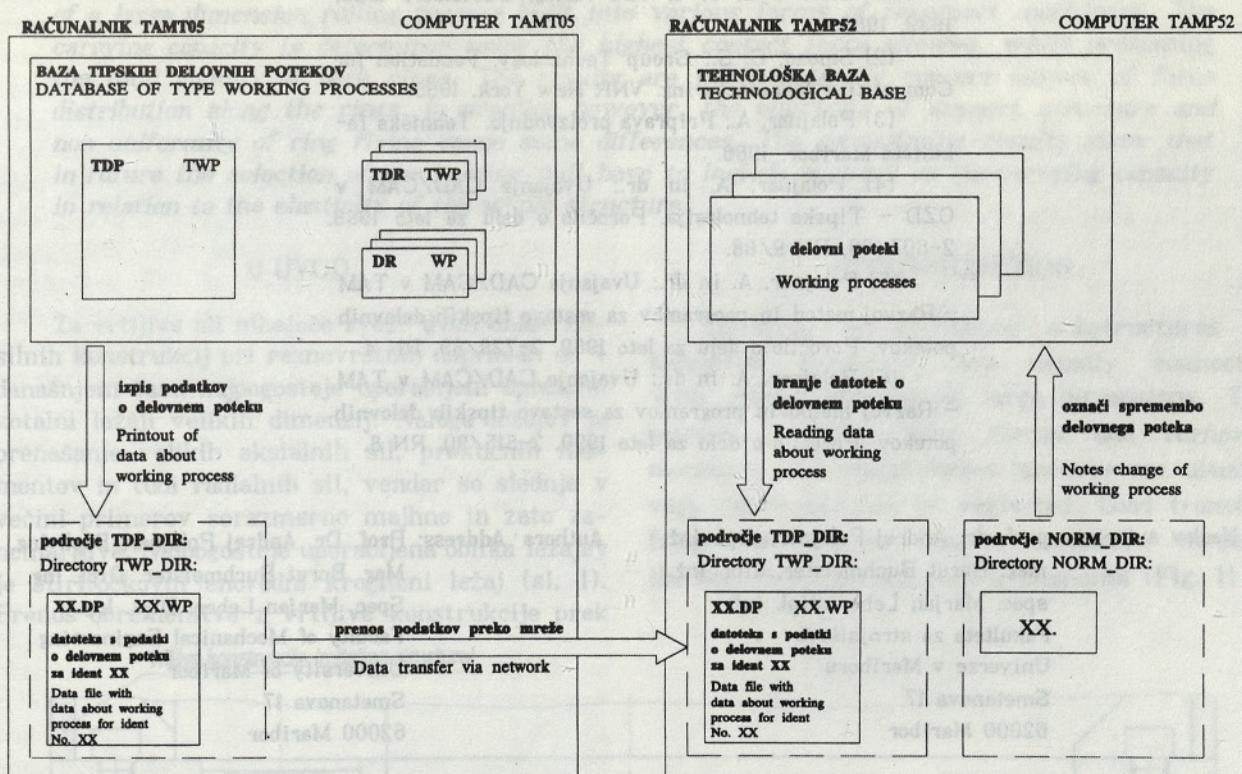
Zgled vključevanja tipskega delovnega načrta – poteka v dani informacijski sistem podjetja je prikazan na sliki 4. Prenos podatkov med bazo tipskih delovnih potekov in tehnološko bazo v poslovni informatiki zajema:

- zapis datoteke s podatki o delovnem poteku iz tipskega delovnega poteka v definiranem formatu,
- prenos datoteke prek mreže na posebno področje računalnika v poslovni informatiki,
- branje podatkov o delovnem poteku v tehnološko bazo na zahtevo tehnologa in brisanje datoteke za prenos,
- obvestilo analitikom časa o spremembah delovnega poteka.

#### 4 INTRODUCTION OF THE TYPE WORKING PROCESS IN THE INFORMATION SYSTEM OF AN ENTERPRISE

An example of possible introduction of the type working plan in the existing information system is shown in Figure 4. The transfer of data between the database of type working processes and the technological base in business informatics includes:

- creating a datafile containing data about the working process taken from the type working process in a defined format,
- transfer of the datafile via computer network to a special directory of a computer in business informatics,
- reading data about the working process in the technological base, at the demand of a technologist, and deleting the transfer datafile,
- message to time analysts about the change of the working process.



Sl. 4. Struktura podatkov pri prenosu v informacijskem sistemu podjetja [6]  
Fig. 4. Structure of data at transfer to the information system of an enterprise [6]

#### 5 SKLEP

S podjetniškega vidika je posebej pomembno, da se inženirji zavedamo, da je glavni cilj našega dela v podjetju denar. S predlagano racionalizacijo dela v serijski proizvodnji po načelih tipske tehnologije bomo dosegli naslednje cilje:

#### 5 CONCLUSION

From the business point of view, it is especially important that engineers become aware of the fact that money is the main objective of their work in an enterprise. By applying the proposed rationalization of work in series production according to type technology, the following targets can be achieved:

- urejenost sedanje tehnologije (poenotenje naprav, orodij in časov izdelave),
    - tipska tehnologija pomeni sodobno tehnološko raven, ki je za podobne (klasificirane) elemente že vnaprej pripravljena,
    - hitro prilagajanje potrebam nove proizvodnje,
    - odpade standardni način izdelave delovnega načrta,
    - olajšamo delo tehnologu in zmanjšamo čas izdelave delovnega načrta,
    - ekonomski učinki se kažejo tudi v proizvodnji pri času izdelave.

## 6 LITERATURA

## 6 REFERENCES

- [1] Eversheim, W.: Organisation in der Produktions-technik. Band 1, 2, 3, 4. VDI-Verlag, Düsseldorf 1990, 1989, 1989.
  - [2] Smead, C. S.: Group Technology, Foudation for Competitive Manufacturing. VNR New York, 1989.
  - [3] Polajnar, A.: Priprava proizvodnje. Tehniška fakulteta Maribor, 1986.
  - [4] Polajnar, A. in dr.: Uvajanje CAD/CAM v OZD – Tipska tehnologija. Poročilo o delu za leto 1988, 2-607/88, RN 9/88.
  - [5] Polajnar, A. in dr.: Uvajanje CAD/CAM v TAM – Razvoj metod in programov za sestavo tipskih delovnih potekov. Poročilo o delu za leto 1989, 2-728/89, RN 4.
  - [6] Polajnar, A. in dr.: Uvajanje CAD/CAM v TAM – Razvoj metod in programov za sestavo tipskih delovnih potekov. Poročilo o delu za leto 1990, 2-515/90, RN 8.

Naslov avtorjev : prof. dr. Andrej Polajnar, dipl. inž.  
mag. Borut Buchmeister, dipl. inž.  
spec. Marjan Leber, dipl. inž.  
Fakulteta za strojništvo  
Univerze v Mariboru  
Smetanova 17  
62000 Maribor

Authors' Address: Prof. Dr. Andrej Polajnar, Dipl. Ing.  
Mag. Borut Buchmeister, Dipl. Ing.  
Spec. Marjan Leber, Dipl. Ing.  
Faculty of Mechanical Engineering  
University of Maribor  
Smetanova 17  
62000 Maribor

Projeto: 13.6.1995  
Received:

Sprejeto: 31.8.1995  
Accepted: