

ANALIZA CREȘTERII PERFORMANTELOR UNEI LINII DE PRODUCȚIE ÎN FLUX

RUSU Oana-Ileana

Conducători științifici: Prof.dr.ing. **Cristina MOHORA**, Dr.ing. **Iuliana BOTEANU**

REZUMAT:

Evaluarea performanțelor unei linii de producție în flux reprezintă o condiție prealabilă pentru o decizie de investiție solidă din punct de vedere economic. Una dintre metodele de evaluare a performanțelor unei linii de producție se bazează pe simularea cu evenimente discrete. Simularea cu evenimente discrete este folosită pentru a găsi soluții optime în sistemele de analiză a performanței obținându-se parametrii, precum rata de producție sau timpul de ciclu. În acest sens, soft-ul Delmia Quest se dovedește a fi un instrument puternic în evaluarea acestor parametrii. Un studiu de caz real este propus pentru a fi analizat constând în reorganizarea unei linii de producție în flux compusă din șase mașini pe care se efectuează operațiile de strunjire, frezare, șanfrenare, șeveruire, spălare și sudare pinion liber cu scopul de a crește performanța liniei. Evaluarea liniei a fost realizată cu ajutorul soft-ului Delmia Quest, dar și o analiză a timpilor MODAPTS este aplicată pentru fiecare loc de muncă în parte. În urma acestor analize a rezultat simplificarea fluxului tehnologic și diminuarea gradului de ocupare al operatorului, lucru care îi permite acestuia să desfășoare și altă activitate.

CUVINTE CHEIE: Linie de producție în flux, Organizare, Analiză timpi, MODAPTS

1 INTRODUCERE

Reorganizarea unei linii de producție în flux poate simplifica fluxul tehnologic, poate diminua gradul de ocupare al operatorilor având astfel un angajament mai scăzut, lucru care le-ar permite să realizeze și alte activități.

În această lucrare se va analiza reorganizarea unei linii de producție în flux pe care se realizează pinioanele libere viteza a5-a, linie formată din șase mașini și trei locuri de muncă.

În urma reorganizării a rezultat o posibilitate a combinării operației de șanfrenat cu cea de șeveruit prin achiziționarea unei mașini combinate, astfel s-a obținut o reducere a numărului de mașini care a oferit posibilitatea reorganizării locurilor de muncă.

S-au analizat și o serie de articole care au dus la găsirea unei soluții optime de reorganizare.

A.K. Tsadiras, C.T. Papadopoulos și M.E.J. O'Kelly au analizat într-un articol trei probleme de proiectare în cadrul liniilor de producție, și anume [1]:

- Determinarea dimensiunilor stocatoarelor
- Determinarea ratei de producție sau a timpului de ciclu al mașinilor
- Determinarea numărului de mașini ce influențează randamentul liniei (capacitatea de producție).

Aceștia au considerat una dintre problemele majore de proiectare, în contextul sistemelor de fabricație ca fiind alocarea zonelor de stocare.

Această problemă apare din costurile în ceea ce privește cerințele de spațiu, dar și cantitatea de piese stocate. Una din rezolvările acestei probleme ar fi folosirea unor rețele neuronale dezvoltate în acest articolul.[1]

Problema stabilirii numărului de operatori în cadrul unei linii a fost rezolvată de Ohno și Nakade în articolul lor (1999) [2].

Aceștia au făcut un studiu cu privire la o linie de producție în formă de U cu 6 mașini automate, în care un operator deservea mai multe mașini, ceea ce înseamnă ca el face mai multe deplasări între acestea. Când operatorul ajunge la una din mașini așteaptă sfârșitul prelucrării piesei în cazul în care nu este gata, apoi realizează activitățile necesare descărcării și încărcării acesteia, după care merge la următoarea. Aceștia au stabilit numărul de operatori necesar realizării procesului dar au arătat și limitele superioare și inferioare de așteptare a operatorului într-un ciclu [3].

Problema stabilirii stocatoarelor a fost dezvoltată într-un articol de Chuan Shi și Stanley B. Gershwin,(2009) [4] în care consideră că includerea stocatoarelor în cadrul liniei crește producția prin limitarea întreruperilor, dar duce la costuri

¹ Specializarea CMP, Facultatea IMST;
E-mail: oannarusu@yahoo.com;

suplimentare de investiții, spațiu de linie și de inventar.

Spre deosebire de metoda dezvoltată de Miltenburg (1987) [5] care se referă la creșterea numărului de depozite tampon cât și a capacității acestora, în articolul „Production variability of production lines ” [6] s-a dezvoltat o metodă aplicată unei linii de producție care după fiecare mașină are un depozit tampon, metodă prin care se reduce foarte mult numărul de depozite tampon.

O problemă apare în programarea *flowshop* a unui set de „n” locuri de muncă cu „m” mașini. Secvența locurilor de muncă pentru fiecare mașină rămâne neschimbată în programarea permutării *flowshop* (PFS), în timp ce într-o non-permutare *flowshop* (NPFS) secvența locurilor de muncă poate fi diferită pe mașinile ulterioare. Tot în acest articol Colledani și Tolio (2005) [7] au analizat impactul depozitelor tampon asupra producției [8].

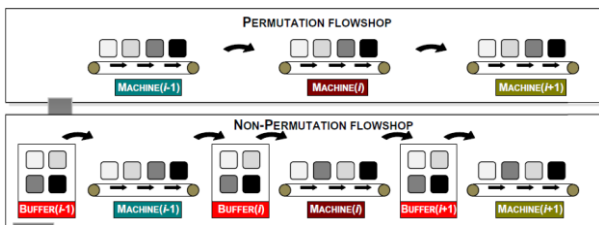


Fig. 1 Permutarea și non-permutarea flowshop

În articolul „Definition of FTL with bypass lines and its simulator” este prezentată linia de transfer flexibilă și flexibilitatea proceselor de producție care au devenit foarte importante în industrii noi de fabricație (Bussmann și Schild , 2001) [10], în scopul reducerii depozitelor tampon și pentru a determina numărul de mașini din cadrul unei linii.

2 STADIUL ACTUAL

2.1 Descriere piesă realizată în cadrul liniei

Pinionul liber pentru viteza a 5-a (fig 2) face parte din clasa bucușe cu dantură exterioară.

Pinioanele sunt montate pe arborii cutiei de viteză TLx și realizează schimbarea treptei de viteză. Ele primesc mișcarea de rotație și puterea de la arborele primar și o transmit arborelui secundar, iar de aici la diferențial și pin transmisie la fiecare roată motoare.

Pinionul liber este o piesă cu suprafețe cilindrice exterioare și interioare, delimitate de suprafețe plane frontale care pe diametrul mare exterior prezintă o dantură cilindrică cu dinți înclinați.

Materialul din care este realizat pinionul liber este oțel aliat 20MnCr5.

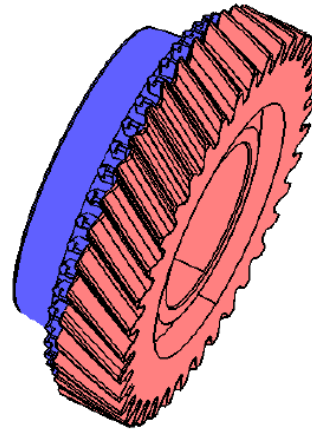


Fig. 2 Pinion liber de viteza a 5-a

2.2 Descriere proces tehnologic

Procesul tehnologic de prelucrare pentru pinionul liber de viteza a 5-a se constituie din 16 operații, dintre care primele opt sunt ca piesă albă iar ultimele opt ca piesă neagră. Este considerată piesă albă până la operația de tratament termic, iar piesă neagră după tratamentul termic.

Toate prelucrările se realizează pe mașini cu comandă numerică.

OP 000 - Brut forjat

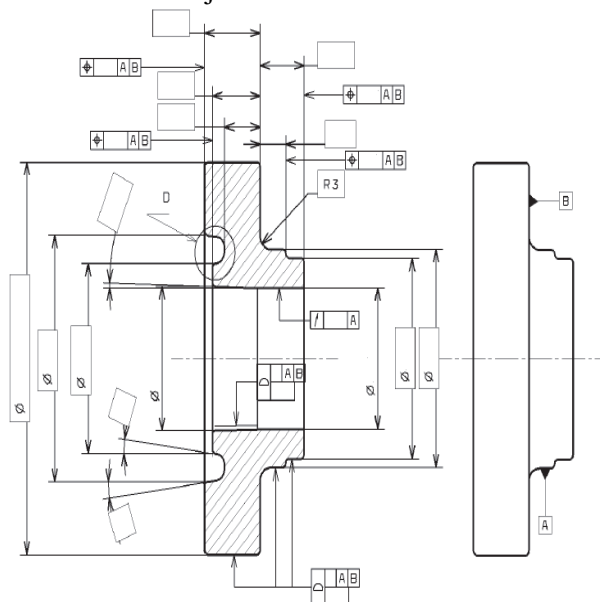


Fig. 3 Desen de execuție brut forjat

Semifabricatul este achiziționat de la furnizori sub formă de brut matrițat pe prese.

OP 110 - Strunjire fața 1-a

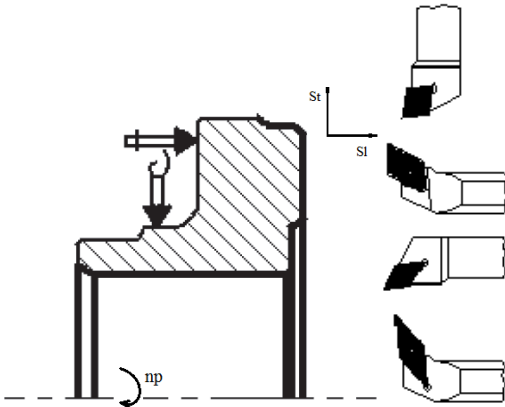


Fig. 4 Schiță operație de strunjire prima față

Mașină de strunjit cu comandă numerică

Scule:

- scule de strunjit exterior și interior cu plăcuțe schimbabile

Dispozitiv:

-Universal cu 3 bacuri (mandrină)

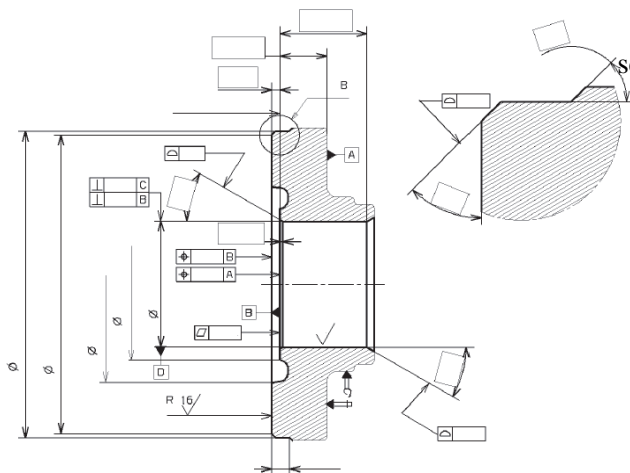


Fig. 5 Desen de execuție strunjire prima față

OP 120 - Strunjire fața 2-a

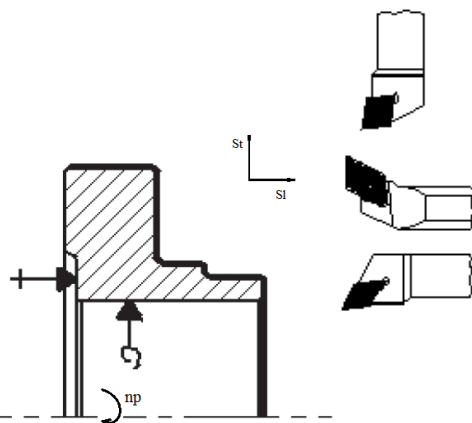


Fig. 6 Schiță operație de strunjire fața 2

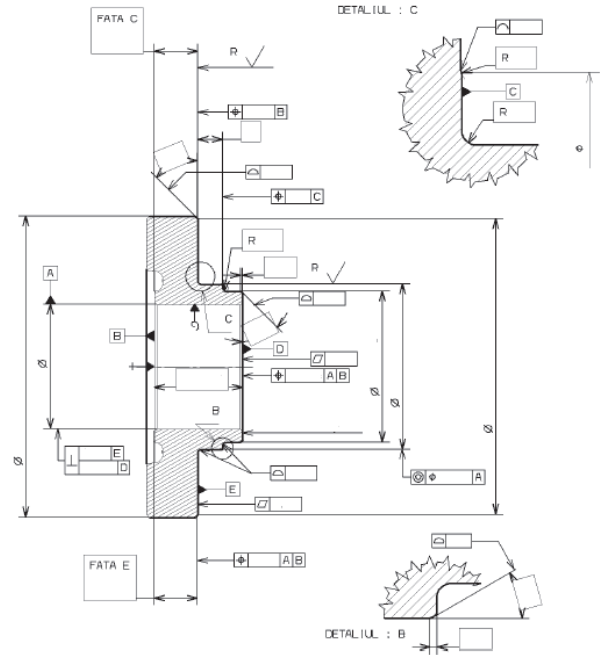


Fig. 7 Desen de execuție operația de strunjire

Mașină de strunjit cu comandă numerică

Scule:

-scule de strunjit exterior și interior cu plăcuțe schimbabile

Dispozitiv:

-Universal cu 3 bacuri (mandrină)

OP 130 - Frezare dantură

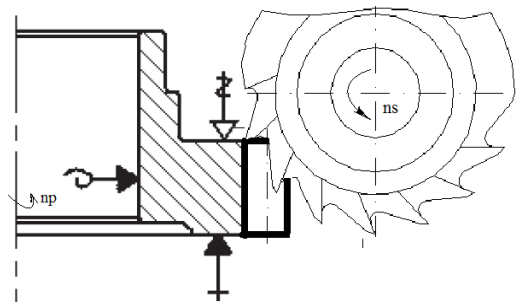


Fig. 8 Schiță operație de frezare dantură

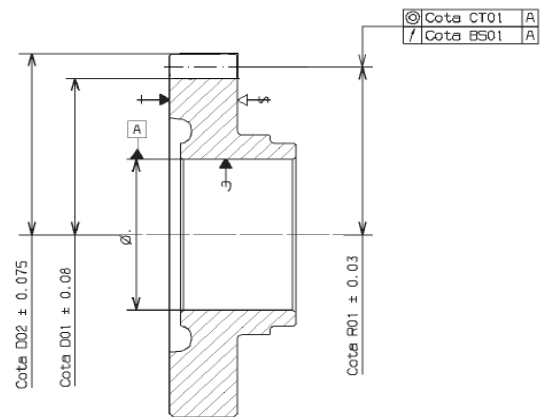


Fig. 9 Desen de execuție operația de frezare

Mașină de frezat cu comandă numerică

Scule:

- freze melc
- disc debavurare

Dispozitiv:

- bucșă elastică
- sprijin piesă fix
- sprijin piesă mobil

OP 140 - Șanfrenare dantură

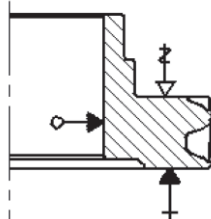


Fig. 10 Schiță operație de șanfrenare

FARA SANFREN PE FATA DE ASAMBLARE CON CRABOT

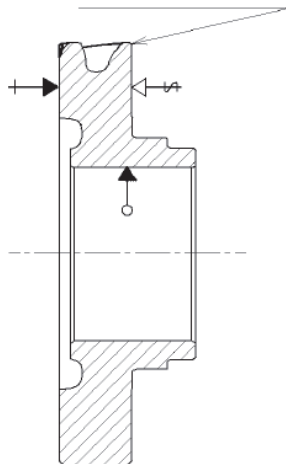


Fig. 11 Desen de execuție operația de șanfrenare

Mașină de șanfrenat cu comandă numerică

Scule:

- cuțit de șanfrenat
- disc debavurare

Dispozitiv:

- suport piesă
- pensetă de strângere

OP 150 - Șeveruire dantură

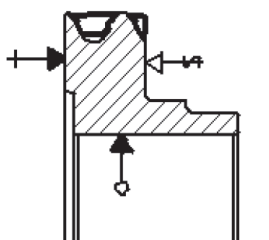


Fig. 12 Schiță operație șeveruire

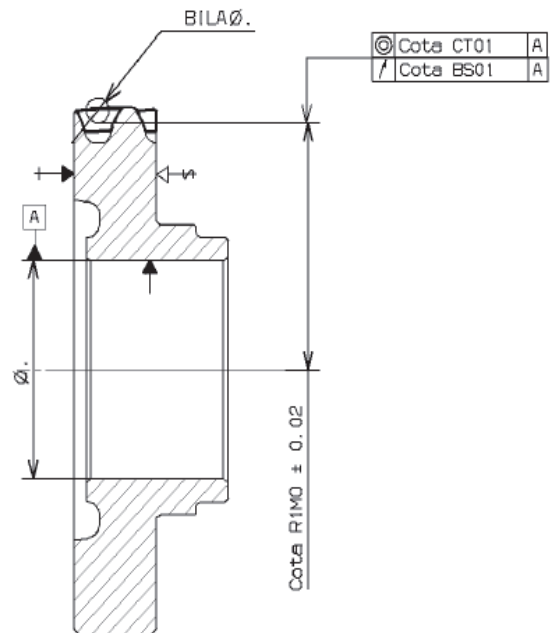


Fig. 13 Desen de execuție operația de șeveruire

Mașină de șeveruit cu comandă numerică

Scule:

- șever

Dispozitiv:

- Dispozitiv de șeveruit

OP 155 - Control pinion înainte de sudură – dispozitive de control

OP 160 – Spălare înainte de presare - Mașină de spălat

OP 170 - Presare con pe pinion

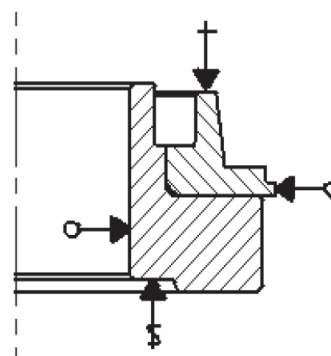


Fig. 14 Schiță operația de presare

Mașină de presat și sudat cu comandă numerică

OP 180 - Sudură con pe pinion

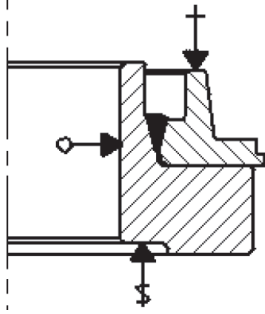


Fig. 15 Schiță operație sudare și presare

Mașină de presat și sudat cu comandă numerică

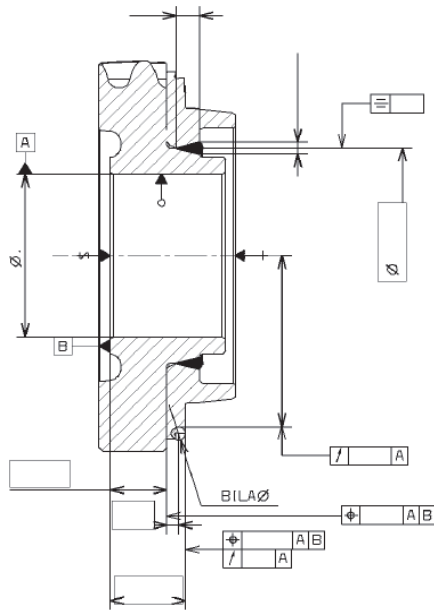


Fig. 16 Desen de execuție operația de presare și sudare

OP 210 – Carbonitrurare - Cuptor pentru carbonitrurare

OP 220 – Sablare cu alică de precomprimat - Mașină de sablat cu comandă numerică

OP 230 – Control înainte de fosfatizare – dispozitive de control

OP 240 – Fosfatizare - Mașină de fosfatat cu comandă numerică

OP 245 - Control ultrasunete - Mașină de control ultrasunete cu comandă numerică

OP 250 - Rectificare interior și con

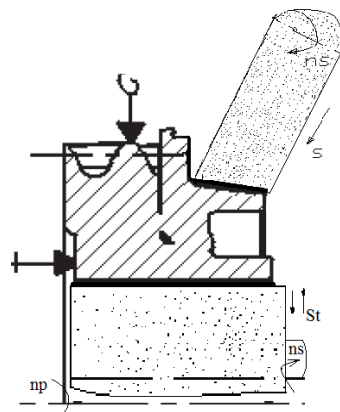


Fig. 17 Schiță operația de rectificat exterior

Mașină de rectificat cu comandă numerică

- Scule:
-Discuri de rectificat
Dispozitiv:
-Universal cu 3 bacuri

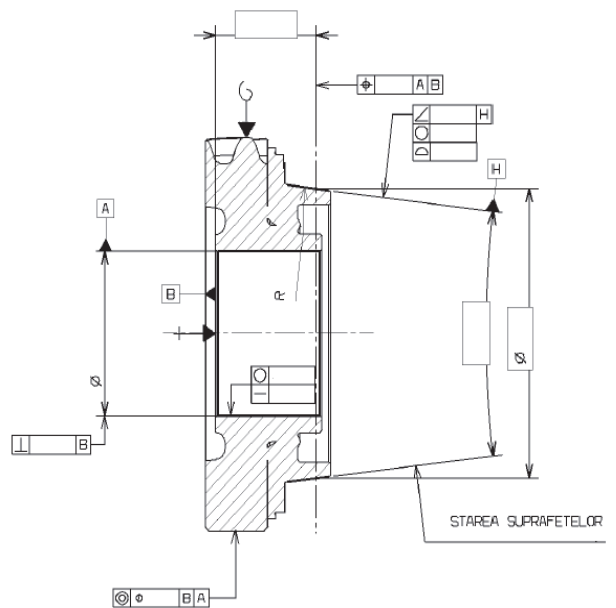


Fig. 18 Desen de execuție operația de rectificat

OP 260 - Superfinisare con

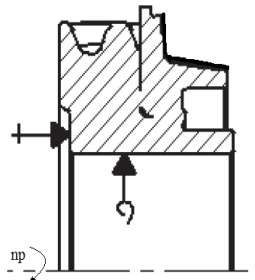


Fig. 19 Schiță operația superfinisare con

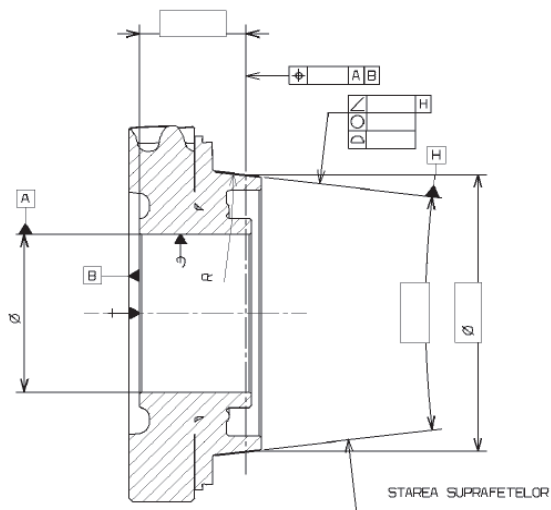


Fig. 20 Desen de execuție operație superfinisare con

Mașină de superfinisat cu comandă numerică
Scule:

-benzi abrazive

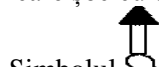
Dispozitiv:



-bucșă

-pensetă

OP 270 - Spălare final - Mașină de spălat cu comandă numerică

OP 280 – Verificare șoc - Mașină pentru verificare șoc cu comandă numerică



Simbolul  definește suprafața de prindere în bacuri, iar simbolul  definește suprafața de sprinjin a pinionului pe bacuri.

2.3 Descriere linie de producție în flux inițială

Linia de producție inițială (fig. 21) cuprinde șase mașini organizate pe trei locuri de muncă în cadrul căruia se realizează operațiile 110-120 – strunjire fața 1 și fața 2, 130 – frezare dantură, 140 – șanfrenare dantură, 150 – șeveruire dantură, 160 – spălare pinion și 170 – presare și sudare con-crabot cu pinion.

În cadrul liniei își desfășoară activitatea trei operatori.

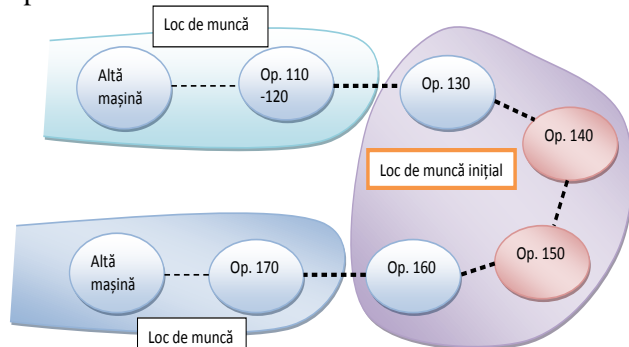


Fig. 21 Schița simplificată a liniei de producție în flux inițială

Pe această linie se realizează următoarele operații:

operația 110- 120 – strunjire suprafața 1 și suprafața 2

operația 130 – frezare dantură

operația 140 – șanfrenare dantură

operația 150 – șeveruire dantură

operația 160 – spălare piese

operația 170 – presare și sudare pinion cu con-crabot [11-14].

2.4 Descriere linie de producție în flux finală

Linia de producție în flux finală (fig 22) are același proces tehnologic dar locul de muncă 2 se compune din trei mașini, operațiile de șanfrenare și șeveruire realizându-se pe o mașină combinată.

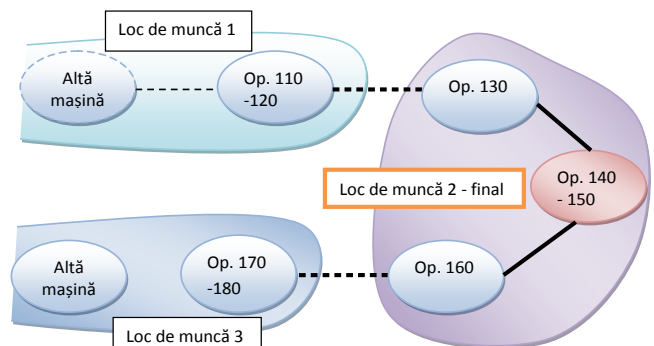


Fig. 22 Schița simplificată a liniei de producție în flux finală

2.5 Organizarea transportului interoperațional în varianta inițială

Pentru piesele albe, în cadrul procesului tehnologic transportul interoperațional se realizează preponderent manual.

Aprovizionarea liniei se face în containere speciale. Transportul de la operațiile de strunjire (op.110+120) la cea de frezare (op.130) se realizează manual cu cărucior transportator a câte 6 cutii de 24 de piese.

De la frezare (op.130) la șanfrenare (op.140) și de la șanfrenare (op.140) la șeveruire (op.150) se realizează manual cu guloță de transfer a câte 6 cutii.

Către operația de spălare (op.160) transportul se realizează manual piesă cupiesă, iar către presare și sudură (op.170) cu ajutorul unei benzi transportoare (conveior) care leagă aceste două mașini.

De la sudură (op.170) la cuptor se realizează manual pe baze speciale de tratament termic de 378 de piese.

În fig. 23 este reprezentată linia pe care se realizează pinionul liber și este indicat transportul interoperațional între mașini.

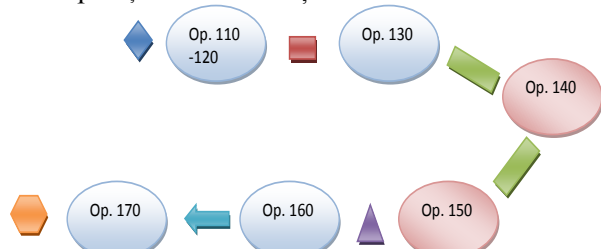


Fig. 23 Schița liniei privind transportul interoperațional

Unde,

- manual în containere speciale
- manual în cutii
- manual cu guloțe de transfer
- manual piesă cu piesă
- automat pe bandă
- manual pe baze de tratament termic

2.6 Organizarea transportului interoperațional în varianta finală

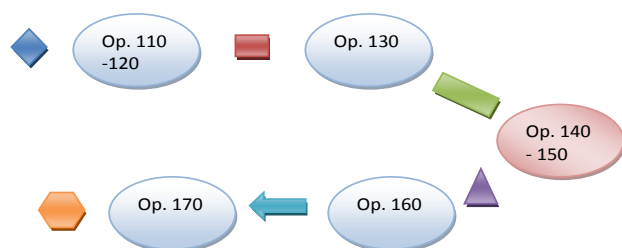


Fig. 24 Schița liniei privind transportul interoperațional

Datorită comasării celor două operații s-a eliminat un transport interoperațional cu o guloță de transfer.

2.7 Aplicarea metodei MODAPTS pentru fiecare loc de muncă din cadrul liniei

Metoda de analiză folosită în cadrul acestei lucrări este MODAPTS.

Această metodă se folosește pentru:

- măsurarea în totalitate a activităților manuale
- descompunerea operațiilor în mișcări elementare
- transcrierea simbolică a mișcărilor efectuate
- cuantificarea mișcărilor elementare cu ajutorul tabelelor.

Cu ajutorul acestei metode s-a dorit simplificarea procesul tehnologic, cât și diminuarea gradului de ocupare al operatorului, cu precizarea ca acesta să realizeze și altă activitate.

Metoda MODAPTS presupune întocmirea mai multor fișe în urma cărora rezultă simograma locului de muncă.

Aceste fișe se realizează pentru fiecare operație în parte.

Spre exemplu pentru op. 140 - *șanfrenare dantură*:

Tabel 1 Foaia de analiză a timpilor

Foaie de analiză timp		Denumire reper: PINION LIBER VITEZA A 5-A		
Nr. Op	Descriere operație/ element de muncă	Simbol MODAPTS/ CRONO	Moduri	Timp [cmin]
140	Șanfrenare			
	1. Descărcare piesă + încărcare piesă + Comandă închidere ușă	MODAPTS	29	6,20
	-luare piesă de pe suport (cărucior)	3G1 - 2P0	6	1,29
	-luare piesă de pe dispozitivul mașinii	3G1 - 2P0	6	1,29
	-poziționare în dispozitivul mașinii	3P2 - 2P0	7	1,5
	-apăsare buton închidere ușă	3P0	3	0,62
	-așezare piesă pe suport (cărucior)	3P2 - 2P0	7	1,5
	2. Șanfrenare (25,8) + deschidere ușă mașină (2)	crono	-	27,8
	3. Prindere piesă de pe suport pentru op. 150	crono	-	1,29
	4. Schimbare scule + reglaj	crono	-	540

Tabel 2 Natura și tipul activităților

Op.	Activități	Frecvența	Durata [cmin]	Natura muncii	Tipul activității
140	Descărcare + încărcare piesă pe disp + apăsare buton	1	6,20	Internă	Tma
	Șanfrenare dantură	1	25,80	Internă	TM
	Poziționare piesă pe suport	1	1,51	Externă	Tmq
	Prindere piesă pe suport pentru operația 150	1	1,29	Externă	Tmq
	Schimbare scule+reglaj	10 000	540,00	Internă	Tar
	Schimbare rafală	5 000	1 600,00	Internă	Tar
	Pene mașină	1 000	0,00	Internă	Tar

În urma realizării acestor fișe se întocmește simograma pentru operația respectivă (fig 25).

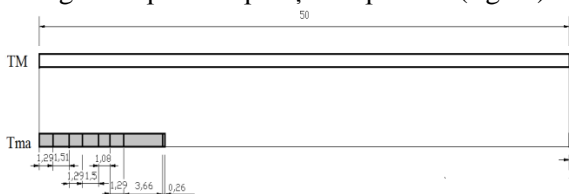


Fig. 25 Simograma operației 140 - Șanfrenare dantură

Pe baza simogramelor realizate pentru fiecare operație se întocmește simograma locului de muncă (fig. 26), activitățile realizate de operator fiind reprezentate în ordinea realizării operațiilor pentru a obține piesa finită.

În continuare s-a dat exemplu pentru locul de muncă 2.

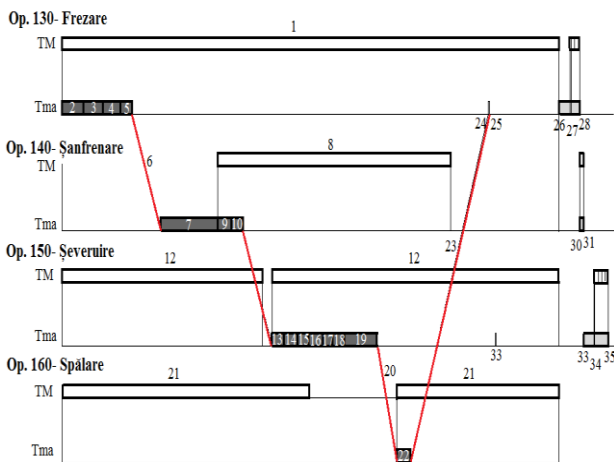


Fig. 26 Simograma locului de muncă 2 - inițial

Din aceste simograme au rezultat pentru:

- locul de muncă 1 trei deplasări ale operatorului 1
- locul de muncă 2 patru deplasări pentru operatorul 2
- locul de muncă 3 trei deplasări pentru operatorul 3

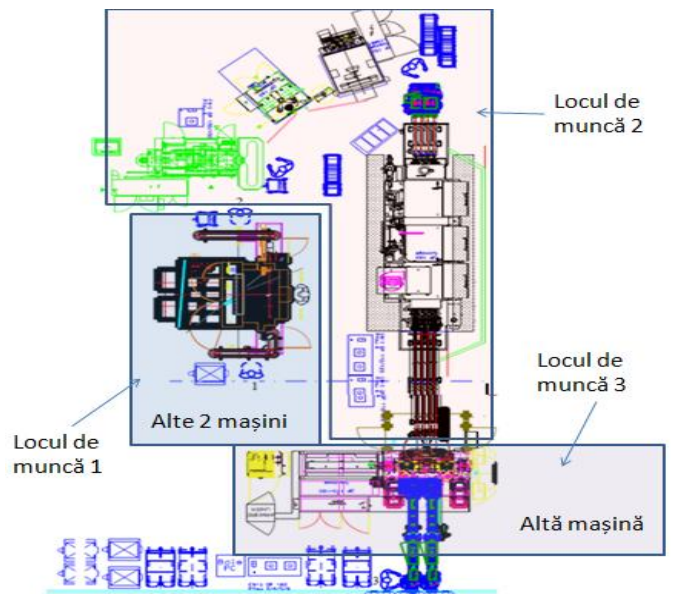


Fig. 27 Schița locurilor de muncă din cadrul liniei de producție în flux

În cadrul locului de muncă 1 operatorul realizează următoarele activități:

- Descarcă mașina de strunjit
- Încarcă mașina de strunjit cu piese brute
- Pornește mașina de strunjit
- Se deplasează în cadrul altei linii pentru a descărca mașina de strunjit
- Încarcă mașina de strunjit
- Pornește mașina de strunjit
- Se deplasează la mașina de frezat
- Descarcă mașina de frezat
- Încarcă mașina cu piese strunjite
- Pornește mașina de strunjit
- Se deplasează la mașina de strunjit din linia analizată

În cadrul locului de muncă 2 operatorul realizează următoarele activități:

- Descarcă piesele de pe conveiorul mașinii de strunjit
- Se deplasează la mașina de frezat
- Descarcă mașina de frezat
- Încarcă mașina de frezat cu piese strunjite
- Pornește mașina de frezat
- Se deplasează la mașina de șanfrenat
- Descarcă mașina de șanfrenat
- Încarcă mașina de șanfrenat cu piese frezate
- Pornește mașina de șanfrenat
- Se deplasează la mașina de șeveruit
- Descarcă mașina de șeveruit
- Încarcă mașina de șeveruit
- Se deplasează la mașina de spălat
- Descarcă mașina de spălat
- Încarcă mașina de spălat cu piese șeveruite
- Pornește mașina de spălat

În cadrul locului de muncă 3 operatorul realizează următoarele activități:

- Descarcă mașina de presat și sudat con-crobot cu pinion
- Încarcă mașina de presat și sudat cu piese spălate
- Pornește mașina de presat și sudat
- Se deplasează în cadrul altei linii pentru a descărca mașina de presat și sudat
- Încarcă mașina de presat și sudat
- Pornește mașina de presat și sudat
- Se deplasează la mașina de presat și sudat din linia analizată

2.8 Analiza suprafeței liniei de producție în flux varianta inițială

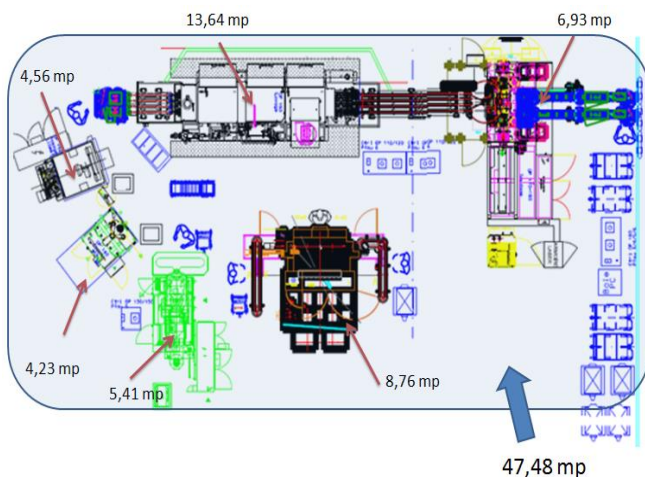


Fig. 28 Linia de producție cu suprafețele mașinilor

Mașinile ocupă următoarele suprafețe din cadrul liniei:

- Mașina de strunjit – 8,76 mp
 - Mașina de frezat – 5,41 mp
 - Mașina de șanfrenat – 4,23 mp
 - Mașina de șeveruit – 4,56 mp
 - Mașina de spălat – 13,64 mp
 - Mașina de presat și sudat – 6,93 mp
- Mașinile sunt amplasate la o distanță între ele de 1 mp.

Din aceste măsurători a rezultat o suprafață a liniei de 47,48 mp.

2.8 Analiza suprafeței liniei de producție în flux varianta finală

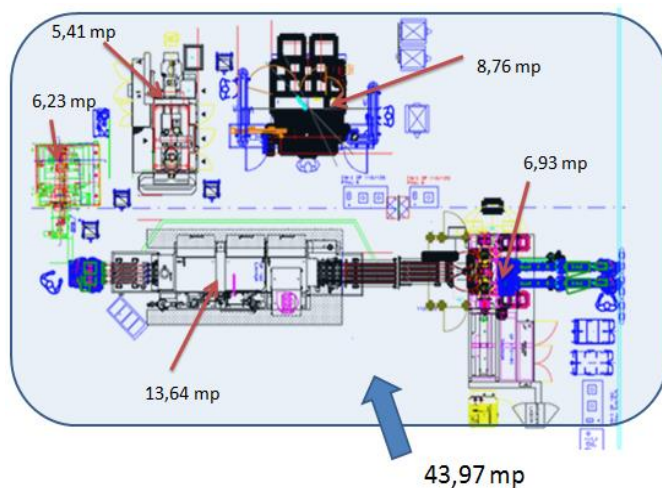


Fig. 29 Linia de producție cu suprafețele mașinilor

Mașinile ocupă următoarele suprafețe din cadrul liniei:

- Mașina de strunjit – 8,76 mp
 - Mașina de frezat – 5,41 mp
 - Mașina de șanfrenat + șeveruit – 6,23 mp
 - Mașina de spălat – 13,64 mp
 - Mașina de presat și sudat – 6,93 mp
- Mașinile sunt amplasate la o distanță între ele de 1 mp.

Din aceste măsurători a rezultat o suprafață a liniei de 43,97 mp.

Comparativ cu suprafața liniei din varianta inițială, suprafața liniei finale de producție s-a redus cu 3,51 mp.

Acest câștig de spațiu a dus automat și la diminuarea deplasărilor operatorului dar și la posibilitatea utilizării spațiului în alte scopuri.

2.9 Detalii ale mașinilor

Mașina de strunjit:

Tcy de 56,2 cmin

Timp de schimbare sculă 5,8 min la 5 000 de
piese

Timp de mentenanță 20 min

Consum cu agent de tăiere 300 litri

Număr piese realizate la 135 de ore – 6071

Randament operațional 85%

Mașina de frezat:

Tcy de 62,6 cmin

Timp de schimbare sculă 5 min la 5 000 de
piese

Timp de mentenanță 15 min

Consum cu agent de tăiere 150 litri

Număr piese realizate la 135 de ore – 5499

Randament operațional 85%

Mașina de șanfrenat:

Tcy de 32 cmin

Timp de schimbare sculă 5,4 la 10 000 de piese

Timp de mentenanță 14 min

Consum cu agent de tăiere 190 litri

Număr piese realizate la 135 de ore – 10758

Randament operațional 85%

Mașina de șeveruit:

Tcy de 50 cmin

Timp de schimbare sculă 5 min la 3 000 de
piese

Timp de mentenanță 16 min

Consum cu agent de tăiere 250 litri

Număr piese realizate la 135 de ore – 6885

Randament operațional 85%

Mașina de spălat:

Tcy de 22,4cmin

Timp de schimbare sculă 0

Timp de mentenanță 17 min

Consum cu agent de tăiere/spălare 1000 litri

Număr piese realizate la 135 de ore – 15368

Randament operațional 85%

Mașina de presat și sudat:

Tcy de 21,7 cmin

Timp de schimbare sculă 0

Timp de mentenanță 18 min

Consum cu agent de tăiere 0 litri

Număr piese realizate la 135 de ore – 15864

Randament operațional 85%

2.10 Simulare linii de producție în Delmia Quest

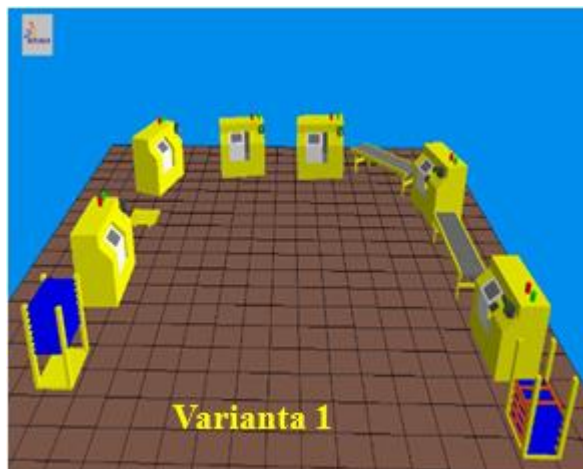


Fig. 30 Varianta 1 a liniei de producție în DelmiaQuest

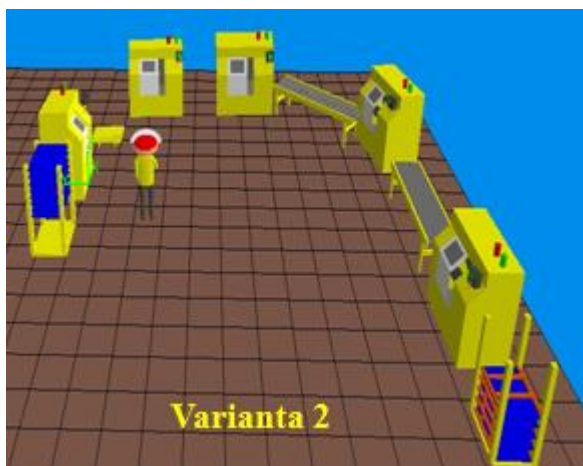


Fig. 31 Varianta 1 a liniei de producție în DelmiaQuest

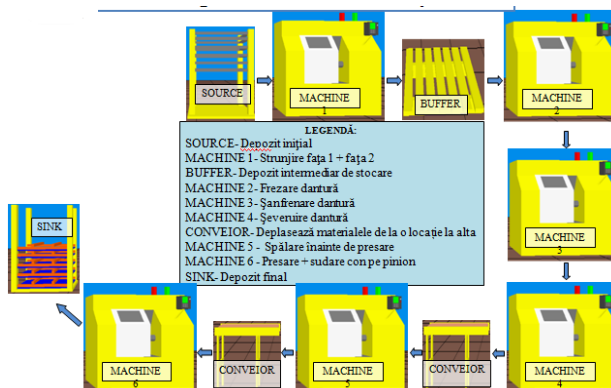


Fig. 32 Fluxul tehnologic în DelmiaQuest

Tabel 3 Rezultate comparative DelmiaQuest

Rezultate comparative între cele două variante		
	Varianta 1	Varinata 2
Utilizare mașini		
Mașină de strunjire	85.750	60.147
Mașină de frezare	15.441	54.871
Mașină de șanfrenare	8.933	51.850
Mașină de șeveruire	14.408	
Mașină de spălare	6.160	22.307
Mașină de sudare și presare	5.967	21.564
Utilizare operatori		
Operator 1	99.875	77.453
Operator 2	99.569	51.788
Operator 3	24.527	-
Piese realizate în decursul a 8 ore		
Numar	131	477
Piese realizate de fiecare mașină		
Mașină de strunjire	685	481
Mașină de frezare	135	479
Mașină de șanfrenare	134	
Mașină de șeveruire	133	478
Mașină de spălare	132	478
Mașină de sudare și presare	132	477

3 CONCLUZII

În această lucrare, au fost prezentate pe scurt linia de producție în flux cu anumite caracteristici, suprafață, timpii de ciclu, timpii de mentenanță, deplasări ale operatorului.

O singură modificare adusă în linie poate influența performanța acesteia, de aceea trebuie analizate variantele de modificări înainte de aplicarea acestora.

În urma acestei modificări:

- A crescut capacitatea de producție de la 7500 la 10000 de piese pe săptămână
- Suprafața liniei s-a diminuat cu 3,51 mp
- S-au redus un transport interoperațional

Din simularile celor două variante de linii în DelmiaQuest s-a observat:

- Încărcarea utilajelor s-a mai echilibrat
- Numărul de piese realizate pe fiecare mașină este în medie același
- Datorită acestei modificări și a reorganizării posturilor se poate realiza producția cu 2 operatori.

Direcțiile viitoare de cercetare vor fi canalizate prin a realiza o analiză cu privire la costurile necesare acestor modificări și timpul în care se vor amortiza cheltuielile.

4 BIBLIOGRAFIE

- [1]. A.K. Tsadiras, C.T. Papadopoulos, M.E.J. O’Kelly, (2013), An artificial neural network based decision support system for solving the buffer allocation problem in reliable production lines
- [2]. K. Ohno, K. Nakade , Analysis and optimization of U-shaped production line, *J. Oper. Res. Soc. Jpn.*, 40 (1) (1997), pp. 90–104
- [3]. Koichi Nakade, Rei Nishiwaki (2008) Optimal allocation of heterogeneous workers in a U-shaped production line
- [4]. Chuan Shi, Stanley B. Gershwin (2009), An efficient buffer design algorithm for production line profit maximization
- [5]. Miltenburg, J., Variance of the Number of Units Produced on a Transfer Line with Buffer Inventories During a Period of Length T., *Naval Research Logistics*, 34, 811-822, 1987
- [6]. Xin-Feng He, Su Wu, “Quan-Lin Li (2007), Production variability of production lines” *Int. J. Production Economics* 107 78–87
- [7]. M. Colledani, T. Tolio, A decomposition method to support the configuration/reconfiguration of production systems, *CIRP Annals-Manufacturing Technology* 54 (1), 441-444,(2005)
- [8]. Rossi Andrea, Lanzetta Michele, (2013), Scheduling flow lines with buffers by ant colony digraph, *Expert Systems with Applications* 40 3328–3340
- [9]. S. Bussmann, K. Schild , An Agent-Based Approach to the Control of Flexible Production Systems. In *Proc. of the 8th IEEE Int. Conf. on Emergent Technologies and Factory Automation (ETFA 2001)*. Antibes Juan-les-pins, France, 2001, pp. 481-488 (Vol. 2).
- [10]. Hidehiko Yamamoto, Jaber Abu Qudeiri, Etsuo Marui, (2008), “Definition of FTL with bypass lines and its simulator for buffer size decision” *Int. J. Production Economics* 112 18–25
- [11]. Nițu Eduard, (2010), Elemente specifice proceselor de fabricație pentru piesele de automobil, Editura Group Renault România.
- [12]. Informații din cadrul uzinei DACIA
- [13]. Implantarea liniei de producție din cadrul uzinei
- [14]. Dosar tehnic pinion liber viteza a 5-a

5 NOTAȚII

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

Tcy – timp de ciclu [cmin]

MODAPS – angajament modular al timpilor standard predeterminați