

THE USE OF THE CRITICAL ROAD METHOD IN WELDING TECHNOLOGIES

NEACȘU Angela-Miruna, BORCAN Maria-Alexandra

Facultatea: IMST, Specializarea: IEI, Anul de studii: II, e-mail: angel.miruna@yahoo.com

Conducători științifici: Conf. dr. ing. **Dumitru-Titi CICIC**, Conf. dr. ing. **Corneliu RONTESCU**

Rezumat: Welding technology is significantly influenced by certain parameters. The paper presents the analysis of a method of optimizing the welding technology, focusing on the time parameter.

To highlight the method of optimizing the welding process in welded construction, welding operations, their representation and related time were studied using the critical road method.

It was possible to conclude from theoretical research and calculations that the way in which operations are carried out and the dependencies between them significantly influence the process. Critical activities and how they can be optimized have also been identified.

Cuvinte cheie: timp, sudare, critic, optimizare.

1. Introducere

Tehnologia de sudare a unui produs depinde de anumiți parametri. Însă pentru a efectua cât mai bine această tehnologie trebuie gestionate eficient resursele, atât din punct de vedere financiar, cât și din punct de vedere al forței de muncă utilizate. O problemă des întâlnită constă în stabilirea ordinii de efectuare a operațiilor, având în vedere interdependențele dintre acestea, astfel încât să fie respectate resursele disponibile și durata totală de execuție să fie minimă. Pentru a fi depășită această problemă este necesar să se optimizeze întreg procesul. Există mai multe metode clasice de planificare și control ale activităților. Printre acestea se numără metoda drumului critic, metoda valorii dobândite și metoda PERT (Programme Evaluation and Review Technique). Această ultimă metodă se realizează din punct de vedere probabilistic și constă în stabilirea a trei estimări de timp, una optimistă, una pesimistă și una cea mai probabilă. Ulterior se realizează diagrame cu ajutorul parametrilor specificați anterior și se elaborează concluziile.

O altă metodă utilizată este cea a valorii dobândite, care constă în corelarea evoluției planificării de timp și a celei de cost. Aceasta necesită mai multe etape și anume, o împărțire formală a muncii, contabilizarea costurilor, stabilirea bugetelor, desemnarea unor persoane responsabile, măsurarea rezultatelor și întocmirea unui raport cu informațiile care s-au concluzionat. Aceasta se poate realiza cu anumite instrumente de software sau cu formulele aferente calculului pentru costuri și ținând cont de indicele de cost și cel de planificare.

2. Metoda drumului critic

2.1. Noțiuni generale

În cadrul acestei lucrări am studiat modul de optimizare al tehnologiei de sudare folosind o metodă clasică de planificare și control a activităților și anume, metoda drumului critic. Aceasta constă în divizarea procesului tehnologic în activitățile din care se compune, cu duratele de timp aferente și dependența pe care o au față de celelalte activități. Se trasează o rețea a acestora care să respecte ordinea procesului și în care nu se introduc dependențe inexistente. Apoi se stabilesc nodurile rețelei și se determină intervalele de timp pentru a se obține un timp minim de execuție. Acesta este cel mai mic minorant al lungimilor tuturor drumurilor din reprezentare, însă tot el reprezintă durata drumului de lungime maximă deoarece există un număr finit de drumuri. Cum procesul are un singur punct de plecare și un singur punct final la care se dorește să se ajungă, lungimea cea mai mare va fi între nodul inițial și cel final. Se calculează termenii

evenimentelor, ai rezervelor de timp ale activităților și apoi se face o analiză pe baza lor. În urma acestora se ia o decizie și se planifică activitățile și resursele pentru ca procesul să fie optim.

2.2. Etape de calcul

Etapele de calcul utilizate pentru metoda drumului critic sunt următoarele:

a) Se calculează pentru fiecare activitate termenul de începere (DI) și cel de terminare (DT).

$$DT=DI+t$$

b) Se calculează cel mai târziu termen de începere (TI) și de terminare a activității (TT)

$$TI=TT-t$$

c) Determinarea rezervei de timp pentru fiecare activitate (DT)

$$RT=TI-DI=TT-DT$$

d) Determinarea activității critice

Activitățile critice sunt cele care au rezerva de timp egală cu 0.

e) Se completează un tabel cu toate cele menționate anterior și se ajunge la anumite concluzii.

3. Optimizarea tehnologiei de sudare

3.1. Tehnologia de sudare

Pentru a optimiza tehnologia de sudare am folosit metoda drumului critic pentru a determina activitățile critice care întârzie procesul de sudare.

Pentru construcția sudată, din figura 1, au fost identificate și codificate următoarele tipuri de îmbinări (codificate pe desenul de execuție):

- CC5 $s_1 = s_2 = 13\text{mm}$
- KC2 $s_1 = 8\text{mm}$ $s_2 = 13\text{mm}$
- KC3 $s_1 = 8\text{mm}$ $s_2 = 13\text{mm}$
- CC6 $s_1 = 10\text{mm}$ $s_2 = 13\text{mm}$
- KC5 $s_1 = 8\text{mm}$ $s_2 = 10\text{mm}$
- KC6
- CC1 $s_1 = s_2 = 13\text{mm}$
- CC2 $s_1 = s_2 = 10\text{mm}$
- CC3 $s_1 = s_2 = 10\text{mm}$
- CC4 $s_1 = s_2 = 10\text{mm}$
- CL1 $s_1 = s_2 = 13\text{mm}$
- KL1

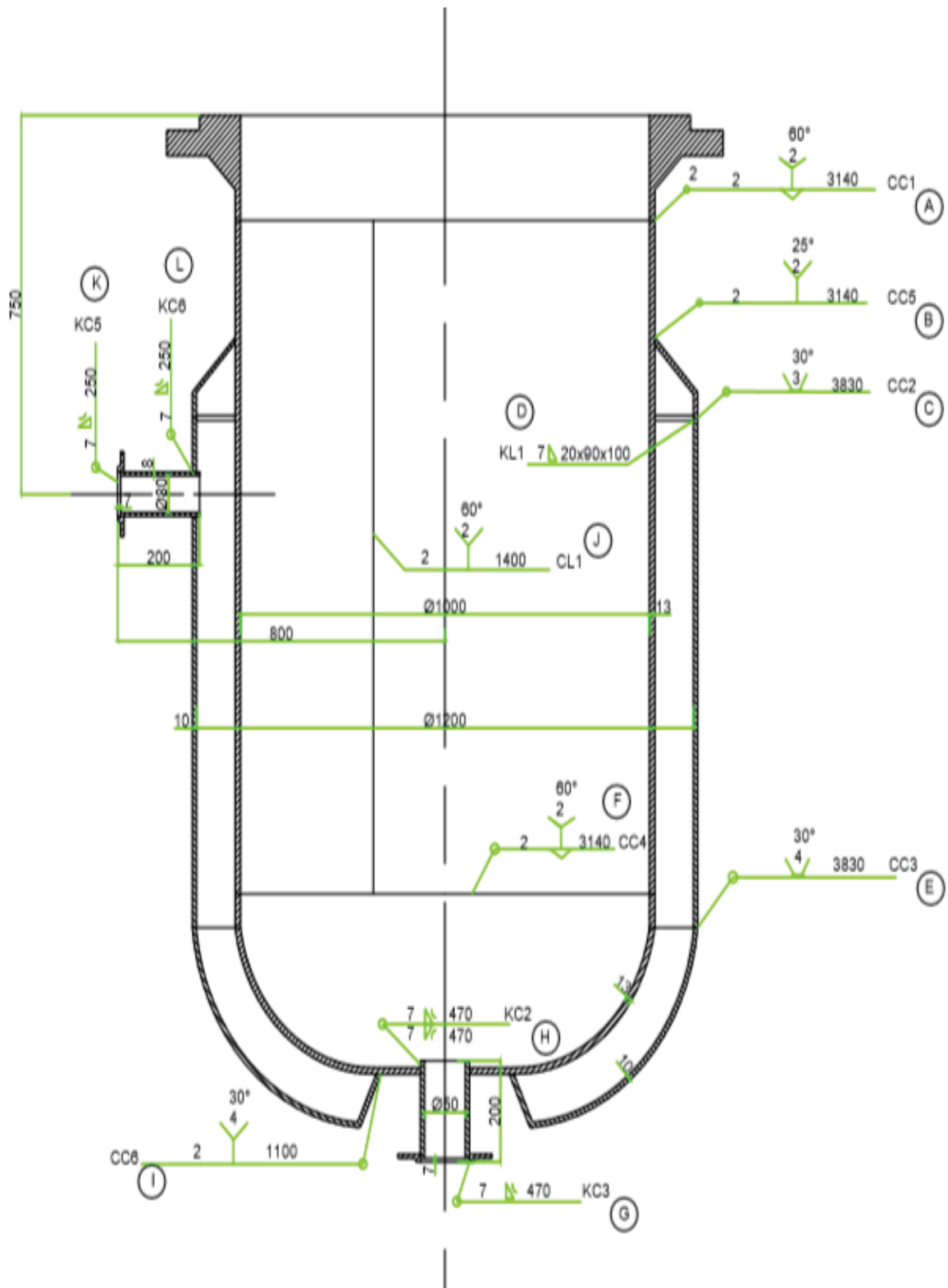


Fig.1 Construcția sudată

Pentru fiecare tip de sudură din cele menționate anterior au fost parcurse mai multe etape de calcul. În ceea ce urmează se prezintă calculele aferente îmbinării codificate cu CC1, pentru celelalte îmbinări folosindu-se aproximativ aceleași relații de calcul:

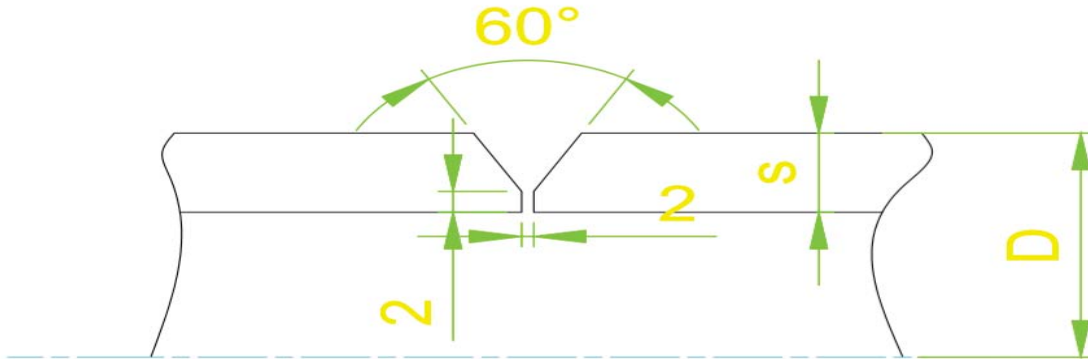


Fig. 2 Reprezentare sudură CC1

$$L_c = 3140 \text{ mm}$$

$$A_r = (13 - 2)^2 \cdot \text{tg}(60/2) + 13 \cdot 2 = 95,85 \text{ mm}^2$$

$$A_c = 1,2 \cdot 95,85 = 115,03 \text{ mm}^2$$

1. Rădăcină

Aceasta se realizează cu ajutorul procedurii de sudare MIG utilizând o sârmă cu diametrul $d = 1 \text{ mm}$.

$$A_{cr} = 10 \text{ mm}^2$$

$$K = 10 / (\pi \cdot 1/4) = 12,73$$

$$K \cdot v_s = 228 \text{ cm/min}$$

$$v_s = (k \cdot v_s) / v_s = 228 / 12,73 = 17,91 \text{ cm/min}$$

Tehnologia sudării rostului:

$$d = 1, \text{ nt} = 1$$

$$I_s = 125,5 \cdot d_e - 32,25$$

$$I_s = 125,5 \cdot 1 - 32,25 = 93,25 \text{ A}$$

$$I_s = 94 \text{ A}$$

$$U_a = 13,34 + 0,050508 \cdot I_s$$

$$U_a = 13,34 + 0,050508 \cdot 94 = 18,08 \text{ V}$$

$$U_a = 19 \text{ V}$$

Timpul de sudare efectiv

$$t_s = L_c / v_s$$

$$t_s = 314/17,91 = 17,53 \text{ min}$$

2. Sudurile de umplere se realizează prin procedeul MIG cu diametrul sârmei de 1,2 mm

$$A_{su} = A_c - A_{rad} = 115,03 - 10 = 105,03 \text{ mm}^2$$

$$A_{su} = 105,03 \text{ mm}^2$$

Dacă sudarea s-ar face într-o singură trecere $\Rightarrow K = A_{su} / [(\pi * d_c^2) / 4] = 105,03 / [\pi * (1,2)^2 / 4] = 92,88$

La diametrul sârmei de $\phi_s = 1,2 \text{ mm}$ și MIG $K * v_s$ este 192 cm/min: $v_s = (k * v_s) / v_s = 192 / 92,88 = 2,06 \text{ cm/min}$.

Această v_s nu aparține intervalului (15-150) cm/min.

Pentru ca viteza să corespundă acestui interval se determină numărul de treceri

$$K' = A_{su} / [nt * (\pi * d_c^2) / 4] = 105,03 / [nt * \pi * (1,2)^2 / 4] = 92,88 / nt$$

Cu acest K' se calculează v_s : $v_s = (k * v_s) / k' = 192 / 92,88 * nt = 2,06 * nt$

Se observă că la $nt = 15 \Rightarrow v_s = 30,9 \text{ cm/min} \in [15 - 150]$

Tehnologia de sudare este:

$$d_c = 1,2 \text{ mm} ; nt = 15$$

$$I_s = 125,5 * 1,2 - 32,25 = 118,35 \text{ A}$$

$$I_s = 119 \text{ A}$$

$$U_a = 13,34 + 0,050508 * 119 = 19,35 \text{ V}$$

$$U_a = 20 \text{ V}$$

$$v_s = 30,9 \text{ cm/min}$$

Timpul de sudare:

$$t_{su} = L_c / v_s * nt = 314 / 30,9 * 15 = 152,42 \text{ min}$$

Timpul total de sudare:

$$T = 152,42 + 17,53 = 169,95 \text{ min}$$

3.2. Rezultate obținute

Pentru fiecare tip de sudură se parcurg aceleași etape de calcul conform cu cele de la CC1. Rezultatele calculelor pentru toate sudurile menționate anterior se pot observa în Tabelul 1.

Pentru realizarea construcției sudate trebuie realizate operațiile de sudare de la A la L. Nu există o singură ordine în care se pot efectua operațiile, însă indiferent de cum ar fi aceasta aleasă trebuie ținut cont de dependențele dintre operații. În acest studiu am ales ordinea pentru operații și implicit reprezentarea acestora conform Tabelului 2.

Tabelul 1. Rezultate obținute

Nr. Crt.	Codificare pe desen	Codificare activitate	Procedeu de sudare	Tipul sudurii	Lc [mm]	Ar [mm ²]	Ac [mm ²]	Acr [mm ²]	Asu [mm ²]	De [mm]	nt	Is [A]	Ua [V]	Vs [cm/min]	ts [min]	tsu [min]	T [min]
1.	CC1	A	MIG	-rădăcină	3140	95,85	115,03	10	-	1	1	94	19	17,89	17,5	-	169,9
			MIG	-umplere	3140		-	105,03	-		1,2	15	119	20	30,9	-	152,4
2.	CL1	J	MIG	-rădăcină	3140	95,85	115,03	10	-	1	1	119	19	17,89	7,8	-	75,8
			MIG	-umplere	3140		-	105,03	-		1,2	15	119	20	30,9	-	67,7
3.	CC2	C	MIG	-rădăcină	3830	43,12	51,75	-	-	1,2	10	119	20	41,9	91,4	-	91,4
4.	CC3	E	MIG	-rădăcină	3830	49,64	59,56	-	-	1,2	10	119	20	36,4	105,2	-	105,2
5.	CC4	F	MIG	-rădăcină	3140	56,95	68,34	5	-	1	1	94	19	35,79	8,8	-	100,4
			MIG	-umplere	3140		-	63,34	-		1,2	10	119	20	34,2	-	91,6
6.	CC5	B	MIG	-rădăcină	3140	52,82	63,39	-	-	1	10	94	19	28,2	105,2	-	105,2
7.	CC6	I	MIG	-rădăcină	110	52,82	63,39	-	-	1	10	94	19	28,2	39	-	39
8.	KL1	D	MIG	-rădăcină	90	50	60	-	-	1	10	94	19	29,8	60,4	-	60,4
9.	KC2	H	MIG	-rădăcină	470	52	62,4	-	-	1	10	94	19	28,6	16,4	-	16,4
10.	KC3	G	MIG	-rădăcină	470	52	62,4	-	-	1	10	94	19	28,6	16,4	-	16,4
11.	KC5	K	MIG	-rădăcină	250	52	62,4	-	-	1	10	94	19	28,6	8,8	-	8,8
12.	KC6	L	MIG	-rădăcină	250	52	62,4	-	-	1	10	94	19	28,6	8,8	-	8,8

Tabelul 2. Organizarea operațiilor

Propoziția	Reprezentarea
Se pot desfășura simultan G, D, J, K, F H după G și F L după K	<pre> graph TD F --> H G --> H D --> H J --> H K --> H K --> L </pre>
E după ce s-a terminat F	F → E
I după ce s-a terminat L	L → I
C după ce s-a terminat D	D → C
B numai după ce s-au terminat C și E	<pre> graph TD C --> B E --> B </pre>
A după ce s-au terminat toate calculele	

În figura 3 se poate observa reprezentarea operațiilor de sudare și timpul de desfășurare al fiecăreia.

În tabelul 3 sunt prezentate activitățile de sudare, duratele de timp, din care putem constata dacă activitățile sunt critice sau nu.

Tabelul 3. Analiza timpilor și a activităților critice

Nr. Crt.	Activitatea (Codificare literară)	Descriere activitate	Durata (t) [min]	STG → DR Cel mai devreme termen pentru începerea unei activități (DI)	Cel mai devreme termen pentru terminarea unei activități (DT) DT=DI+t.	DR → STG Cel mai târziu termen de începere al unei activități (TI) TI=TT-t	Cel mai târziu termen de terminare al unei activități (TT)	Rezerva de timp (RT) RT=TI-DI=TT-DT	Activitate critică ? DA/NU
1	St	Start	0	0	0	0	0	0	DA
2	G	KC3	16,4	0	16,4	278	294,4	278	NU
3	F	CC4	100,4	0	100,4	0	100,4	0	DA
4	D	KL1	60,4	0	60,4	53,8	114,2	53,8	NU
5	J	CL1	75,8	0	75,8	235	310,8	235	NU
6	K	KC5	8,8	0	8,8	254,2	263	254,2	NU
7	H	KC2	16,4	100,4	116,8	294,4	310	194	NU
8	E	CC3	105,2	100,4	205,6	100,4	205,6	0	DA
9	B	CC5	105,2	205,6	310,8	205,6	310,8	0	NU
10	L	KC6	8,8	8,8	17,6	263	271,8	254,2	NU
11	I	CC6	39	17,6	56,6	271,8	310,8	254,2	NU
12	A	CC1	169,9	310,8	480,7	310,8	480,7	0	DA
13	C	CC2	91,4	60,4	151,8	114,2	205,6	53,8	NU
14	Fi	finish	0	480,7	480,7	480,7	480,7	0	DA

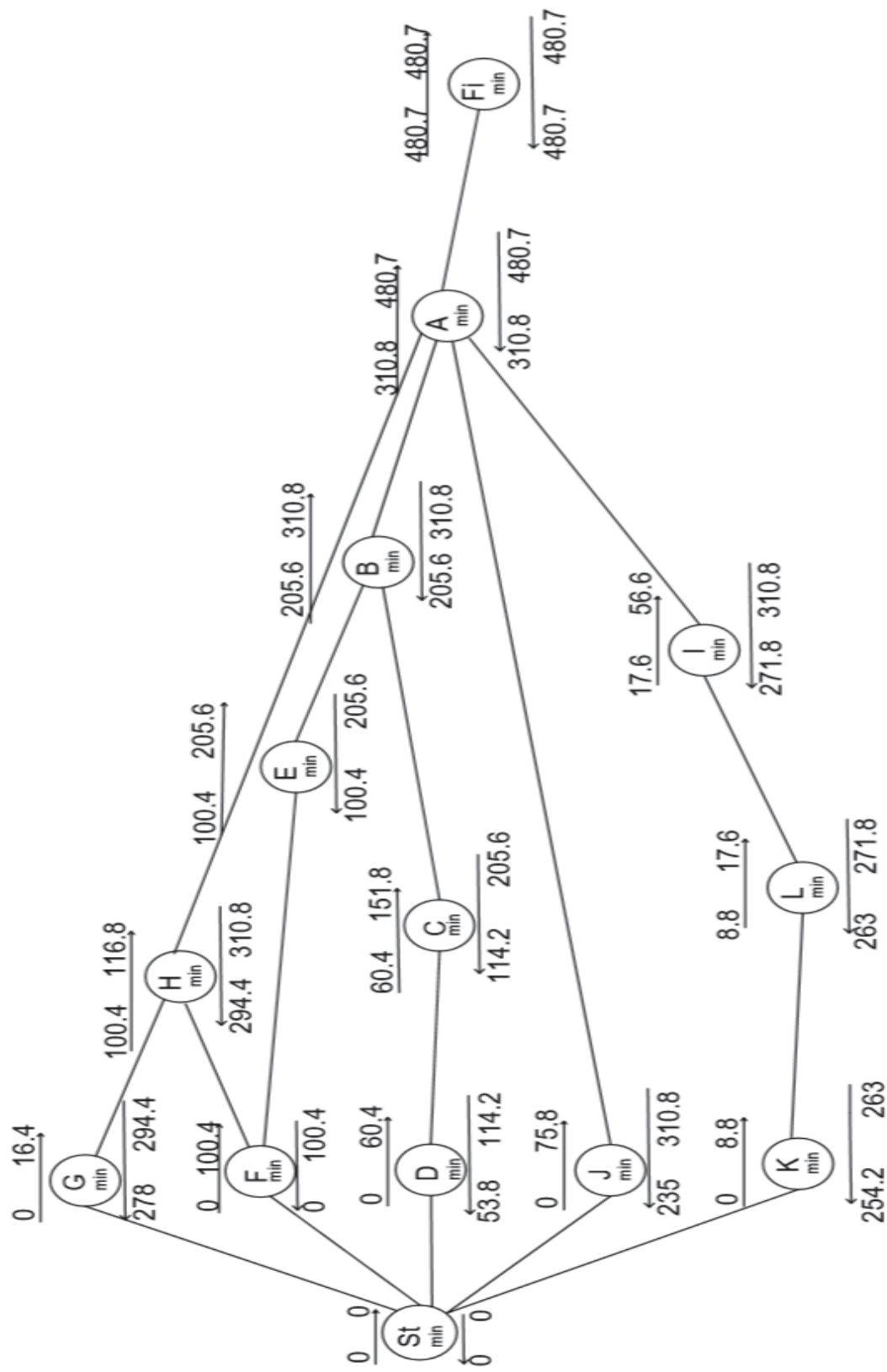


Fig.3 Reprezentarea operațiilor și a timpilor aferenți

4. Concluzii

În urma studiului efectuat, se pot trage următoarele concluzii:

- Pentru a se realiza construcția sudată reprezentată în figura 1 trebuie parcurse operațiile A,B,C,D,E ,F,G,H,I,J,K,L.
- Cea mai mică perioadă de timp în care pot fi realizate operațiile de sudare pentru construcția sudată este de 480,7 minute, adică circa 8 ore și 7 minute.
- Sarcinile trebuie îndeplinite conform cu reprezentarea din Tabelul 2 pentru ca construcția realizată să fie conform cu cea inițială și timpul de desfășurare al întregului proces să fie optim.
- Drumul critic al întregului proces este cel parcurs în cadrul operațiilor St, F, E, A și Fi.
- Cel mai eficient mod de reducere a timpului pentru proiectele urgente este acela de a încerca să se scurteze perioadele de timp din cadrul drumului critic realizându-se o altă ordine a operațiilor de sudare.

5. Bibliografie

- [1] ***<https://www.creeaza.com/referate/management/Metode-clasice-de-planificare-312.php> accesată la data de 25.04.2020
- [2] ***http://www.mpt.upt.ro/doc/curs/gp/Managementul_proiectelor/Cap3.pdf accesată la data de 25.04.2020
- [3] ***<https://biblioteca.regielive.ro/proiecte/matematica/metoda-drumului-critic-232343.html> accesată la data de 28.04.2020
- [4] Anghel N., ș.a., “Sudarea în mediu de gaze protectoare”, Ed. Tehnică, București.
- [5] Cîcic D., “Informatizarea și optimizarea proceselor de sudare”, Ed. Politehnica Press
- [6] Cîcic D., Solomon Gh., “Teoria Proceselor de sudare. Îndrumar de laborator”, Editura Printech
- [7] Dehelean D., “Sudarea prin Topire”, Ed. Sudura, Timișoara
- [8] Micloși V., ș.a., “Bazele Proceselor de Sudare”, E.D.P., București,
- [9] Micloși V., “Tratamente termice conexe sudării prin topire a oțelurilor”, Ed. Sudura, Timișoara
- [10] Sălăgean T., “Tehnologia Procedeelor de Sudare cu arc electric”, Ed. Tehnica, București
- [11] Solomon Gh., D.T. Cîcic, “Teoria proceselor de sudare. Noțiuni teoretice și aplicative”, Partea I, Editura Bren
- [12] Zgura Gh, Iacobescu G., Rontescu C., Cîcic D. T., “Tehnologia sudării prin topire”, Ed. Politehnica Press

6. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

- CC_i - îmbinare cap la cap circulară, număr de ordine *i*
CL_i - îmbinare cap la cap longitudinală, număr de ordine *i*
KC_i - îmbinare de colț circulară, număr de ordine *i*
KL_i - îmbinare de colț longitudinală, număr de ordine *i*
DI = cel mai devreme termen pentru începerea unei activități
DT = cel mai devreme termen pentru terminarea unei activități
t = durata estimată a activității
TI = cel mai târziu termen de începere al unei activități
TT = cel mai târziu termen de terminare al unei activități
RT = rezerva de timp

MIG= sudarea cu electrod fuzibil în mediu de gaz inert

L_c = lungimea depunerii

V_s = viteză de sudare

I_s = intensitatea curentului de sudare

U_a = tensiunea curentului de sudare

A_r = aria teoretică

A_c = aria efectivă

A_{cr} = aria în zona rădăcinii

A_{su} = aria în zona straturilor de umplere

D_e = diametrul sârmei

n_t = numărul de treceri

t_s = timpul de sudare al rădăcinii

t_{su} = timpul de sudare pentru umplere

T = timpul total de sudare