

MOBILE AGGREGATE FOR THE SUPPLY OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY DIELECTRIC LIQUIDS AT EDM

POPESCU Oana-Cornelia, DRAGOMIR Marian-Ionuț,
ROȘU Domnica-Hristina și PÂRLEA Iulia-Bianca

Facultatea: FIIR, Specializarea: INPN, Anul de studii: II, e-mail: oanacorneliaaa@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing **Liviu Daniel GHICULESCU**

ABSTRACT: Electrical discharge machining (EDM) is a non-traditional machining process based on removing material from a part by means of a series of repeated electrical discharges between tools, called electrodes, and the part being machined in the presence of a dielectric fluid. This paper aims to develop a specialized equipment for the filtration of environmentally friendly dielectric liquids that can be assembled on any classic EDM machine, due to the modular design. The paper deals with aspects of strategic marketing, project management, specification, conceptual design, marketing and product recycling.

CUVINTE CHEIE: electrical discharge machining, dielectric liquid, environmentally friendly filtration equipment

1. Introducere

Agregatele pentru utilizarea lichidelor dielectrice fac parte din componența mașinii de electroeroziune [1], ajutând la răcirea, filtrarea și recircularea lichidului dielectric pentru o bună funcționare a procesului [2]. Agregatul rezultat din proiect utilizează lichide dielectrice ecologice, ulei de floarea soarelui și ulei de răpită. Segmentul de piață cărui i se adresează echipamentul este format din întreprinderi micro, mici și mijlocii (IMM-uri), laboratoare care prelucrează suprafețe cu diferite dimensiuni în orice material conductiv electric. Realizarea agregatului de lichid dielectric ecologic finalizează cercetările legate de utilizarea uleiului de floarea-soarelui și uleiului de răpită în cadrul prelucrării de electroeroziune.

2. Stadiul actual

În ultimii ani, tehnologia EDM a permis o calitate superioară a finisajelor suprafețelor pieselor produse. În stadiul actual, echipamentele pentru filtrarea lichidului dielectric fac parte din componența mașinii unelte, fiind dezvoltate foarte puține echipamente mobile care pot fi atașate oricărui tip de mașina clasică de prelucrare prin electroeroziune.

3. Marketingul strategic al produsului

Au fost analizate cerințele clienților pentru realizarea produsului, fiind prezentate rezultatele a patru dintre cele mai importante întrebări ale chestionarului completat de clienți.

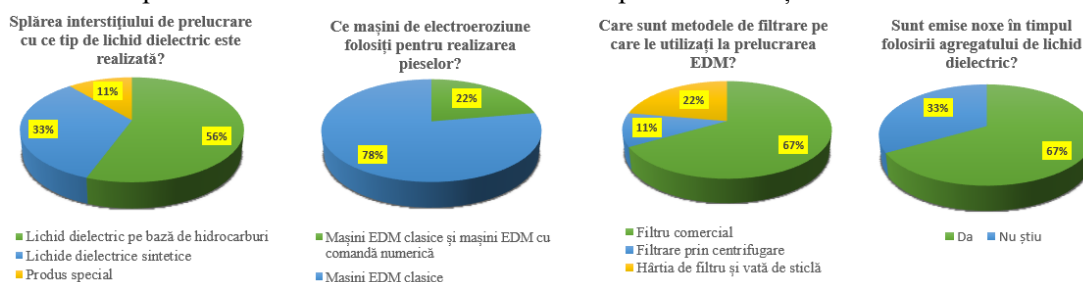


Fig.1. Rezultatele întrebărilor clienților

Strategia de marketing a produsului studiat a cuprins diferite abordări, pornind de la identificarea portofoliului de nevoi ale clienților care cuprinde nevoile următoare: nevoia de a avea un agregat pentru filtrarea unor lichide ecologice (ulei de floarea-soarelui și/sau rapiță), nevoia de accesibilitate a agregatului de filtrare pentru orice mașină de electroeroziune clasică, nevoia de a asigura un mediu de lucru nepoluat. Rezultatele întrebărilor prezentate în figura 1 au scos în evidență utilizarea lichidului dielectric pe bază de hidrocarburi în cadrul prelucrărilor realizate îndeosebi pe mașini EDM clasice utilizând ca și metodă de filtrare filtrele comerciale, iar în majoritatea cazurilor atenția nu a fost îndreptată și asupra emiterii de noxe care afectează sănătatea operatorului și mediul înconjurător.

4. Managementul proiectului

În realizarea agregatului mobil pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice, toată echipa este responsabilă pentru realizarea acestuia, fiecăruia i-au fost atribuite anumite sarcini, conform structurii de dezagregare a organizării.

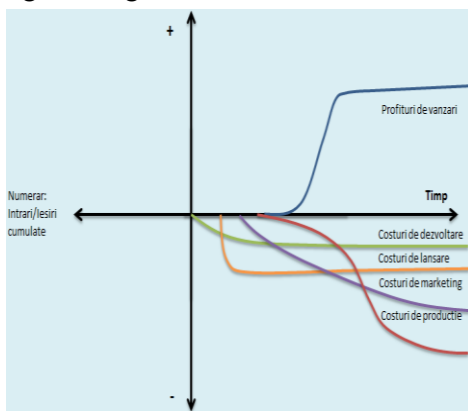


Fig.2. Circuitul financiar tipic

				PROFIT	
				COST DE VANZARE	
				CHELTUIELI DE VANZARE	
				COST DE REALIZARE (PE FIRMA)	
				REGIE FIRMA	
				COST DE PRODUCTIE (PE SECTIE)	
				REGIE SECTIE	
				CHELTUIELI DE MANOPERA	
				CHELTUIELI MATERIAL	
					PRET DE VANZARE

Fig.3. Includerea tuturor costurilor

Toate produsele noi au un circuit financiar tipic după cum se poate vedea în figura 2. Pentru a calcula prețul final al unui produs se pot lua în considerare două aspecte: includerea tuturor costurilor ca în figura 3 și strategia de afaceri ce folosește raportul volum – preț și estimarea potențialului pieței.

5. Stabilirea specificațiilor

Au fost identificate produsele concurente de pe piață pentru a cunoaște specificațiile necesare unui agregat de lichid dielectric prezentate în figurile 4-6.



Dimensiune cu recipient pentru lichid: 1160x640x1650 mm;
Dimensiune fără recipient pentru lichid: 1160x640x1220 mm;
Volumele rezervorului de lichid filtrat / lichid nefiltrat / împreună: 84 l / 84 l / 168 l;
Recipient pentru volumul de lichid: 20l;
Filtru: 1x filtru SUPER340C sau SUPER 340CS, de asemenea, se pot utiliza filtre de înălțime inferioară SW-43-1;
Alimentare: 230V AC, 50Hz;

Fig. 4. Dispozitiv pentru filtrare la găurirea EDM al companiei ELERO [3]



Controlul ultra-fîn al contaminării mai fin decât un 1µm;
Dimensiuni: 584,2x529x552 mm
Funcție de transfer de fluide cu sau fără filtrare
Buton de reglare a debitului pentru a regla fluxul de uleiuri cu vâscozitate ridicată prin filtru
Alimentare: 115 VAC, 60 Hz;

Fig. 5. Sistem de filtrare MODEL COMO 120 [4]



Capacitate de filtrare 720 litri/oră
Capacitate de transfer 720 litri/oră;
Echipat cu 6 unități de filtrare fină tip SDU -H8 – Cartușe SDFC 6 bucăți incluse;
Conexiune de transfer pentru pompare fără filtrare.
Furtunuri de aspirație și retur cu cuple rapide;
Conexiune de transfer pentru pompare fără filtrare.
Furtunuri de aspirație și retur;

Fig.6. Instalatie KLEENOIL 6SE [5]

S-au prezentat principalele caracteristici și clasificarea acestora pentru produsul „agregat mobil de furnizare lichid dielectric ecologic” în tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristicile produsului

Denumirea Caracteristicii [unitatea de măsură]	Criterii de clasificare și grupe de caracteristici asociate acestora									
	Criteriul 3 Influența asupra calității			Criteriul 4 Natura caract.			Criteriul 5 Important a Caract.			
	Optimi	Mărit	Redus	Tehn.	Econo	Social	Psihos.	Princip	Secund.	Minor
Dimensiuni exterioare ale echipamentului [cm]			*	*				*		
Masa echipamentului [kg]			*	*				*		
Dimensiuni compartimente lichide [cm]		*		*				*		
Număr compartimente lichide [buc]		*		*				*		
Tipuri de lichide folosite	*			*				*		
Tipuri de filtre folosite	*			*				*		
Finețea de filtrare [μm]	*			*				*		
Trepte de filtrare		*		*				*		
Volum rezervoare lichid dielectric		*		*				*		
Putere motoare de alimentare pompă	*			*				*		
Debit lichid dielectric		*		*				*		
Presiunea lichidului dielectric		*		*				*		
Posibilitatea de alimentare a lichidul prin injecție			*	*				*		
Posibilitatea de alimentare a lichidul prin aspirație			*	*				*		
Posibilitatea de alimentare a lichidul prin spălare laterală			*	*				*		
M. T. B. F.		*		*						
Siguranța	*						*	*		
Design-Ergonomie	*						*		*	
PRET [LEI]			*			*		*		

Totodată au fost stabilite valorile obiectiv – limita acceptabile pentru caracteristicile de calitate (tabelul 2), valori necesare agregatului pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice.

Tabelul 2. Specificații obiectiv (Valori limită și valori ideale)

Nr. Crt.	Caracteristica	Imp. Rel.	Unit.	Val. Lim.	Val. Ideale
1	Dimensiuni exterioare ale echipamentului	3	[mm]	600x400x600 -980x890x900	820 x 810x 650
2	Masa echipamentului	4	[kg]	100-300	150-200
3	Dimensiuni compartimente lichide	5	[mm]	300x165x400 - 500x265x400	400x165x400 400x350x400
4	Număr compartimente lichide	5	[buc]	1-6	6
5	Tipuri de lichide folosite	5	-	Floarea soarelui/ rapiță	Floarea soarelui/ rapiță
6	Tipuri de filtre folosite	3	-	Grosier/mediu/fin	Grosier/mediu /fin
7	Finețea de filtrare	5	μm	1-99 μm	1-10 μm
8	Trepte de filtrare	4	-	1-3	3
9	Volum rezervoare lichid dielectric	3	[cm ³]	20000-60000	23000-56000
10	Putere motoare de alimentare pompă	5	kW	20-50	30
11	Debit lichid dielectric	5	m ³ /h	300-800	480

Tabelul 2. Specificații obiectiv (Valori limită și valori ideale)

Nr. Crt.	Caracteristica	Imp. Rel.	Unit.	Val. Lim.	Val. Ideale
12	Presiunea lichidului dielectric	4	atm	0.4-40	0.4-40
13	Posibilitatea de alimentare cu lichidul dielectric prin injecție	4	DA/NU	NU	NU
14	Posibilitatea de alimentare cu lichidul dielectric prin aspirație	4	DA/NU	DA	DA
15	Posibilitatea de alimentare cu lichidul dielectric prin spălare laterala	4	DA/NU	DA	DA
16	M. T. B. F.	5	[ore]	960	960
17	Siguranță	4	DA/NU	DA	DA
18	Design-Ergonomie	4	DA/NU	DA	DA

6. Proiectare conceptuală și proiectarea detaliată

Funcția generală este definită ca ansamblul însușirilor produsului prin care satisface nevoia pentru care se proiectează [6]. Pornind de la nevoile identificate, s-a stabilit că funcția generală a produsului dezvoltat este filtrarea și recircularea lichidelor dielectrice ecologice (ulei de rapiță și ulei de floarea soarelui). Cercetarea externă pentru generarea de soluții noi pentru agregatul mobil de furnizare a lichidelor dielectrice ecologice a reprezentat un aspect important pentru realizarea produsului, fiind analizate brevete pentru înțelegerea și îmbunătățirea produsului, dar și indicatori de idealitate clasică, cele opt legi clasice ale evoluției sistemelor tehnice și indicatorii de idealitate CREAX. Dintre toate soluțiile care au rezultat în urma folosirii metodelor de generare a soluțiilor, câteva au fost reținute pentru fiecare funcție critică și au fost combinate în figura 7 pentru a genera concepte. Numărul maxim de combinații este 100, însă au fost dezvoltate 6 concepte pentru agregatul de lichide dielectrice ecologice.

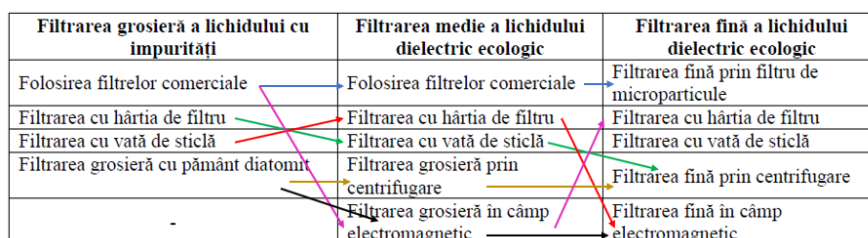


Fig.7. Îmbinarea soluțiilor

Pentru a stabili conceptul optim a fost utilizată metoda AHP - Analytically Hierarchy Process. Stabilirea ponderilor s-a realizat cu ajutorul unei matrice pătratice (tabelul 3), în care se compară criteriile alese pentru agregatul de lichide dielectrice ecologice pe perechi utilizând scara lui Saaty.

Tabel 3. Stabilirea ponderilor criteriilor

	Cost	Mentenanță	Tehnologia utilizată	Design și ergonomie	Funcții auxiliare	Ușurința utilizării
Cost	1	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5
Mentenanță	3	1	5	3	1/5	3
Tehnologia utilizată	5	1/5	1	3	1/5	1/3
Design și ergonomie	3	1/3	1/3	1	1/5	3
Funcții auxiliare	7	5	5	5	1	5
Ușurința utilizării	5	1/3	3	1/3	1/5	1
Total	24	7,2	14,53	12,66	1,94	11,53

În urma aplicării metodei AHP, se adoptă varianta care înregistrează scorul cel mai mare ca și concept optim în acest caz fiind conceptul C1 (tabelul 4).

Tabel 4. Matricea deciziilor

	Pondere	Concept C1	Concept C2	Concept C3	Concept C4	Concept C5
Cost	0,036	0,176	0,235	0,176	0,176	0,176
Mentenanță	0,201	0,263	0,210	0,210	0,157	0,157
Tehnologia utilizata	0,150	0,250	0,250	0,20	0,150	0,150
Design și ergonomie	0,105	0,176	0,235	0,235	0,176	0,176
Functii auxiliare	0,445	0,277	0,222	0,166	0,166	0,166
Ușurința utilizării	0,112	0,250	0,200	0,200	0,200	0,150
Total		1,392	1,352	1,187	1,025	0,975
		0,278	0,270	0,237	0,205	0,195

În urma analizei soluțiilor parțiale a fost elaborată o schiță incipientă a agregatului de lichid dielectric. În figura 8 este prezentată vederea izometrică a acesteia. Pe parcursul dezvoltării acestui agregat au fost adăugate noi componente care să-l transforme într-o variantă viabilă de achiziție pentru IMM-uri. Aceste componente au rolul de a crea versatilitate agregatului, acesta putând fi utilizat pentru mai multe procese de fabricație diferite. În figura 9 este reprezentată varianta finală a agregatului în vedere izometrică.

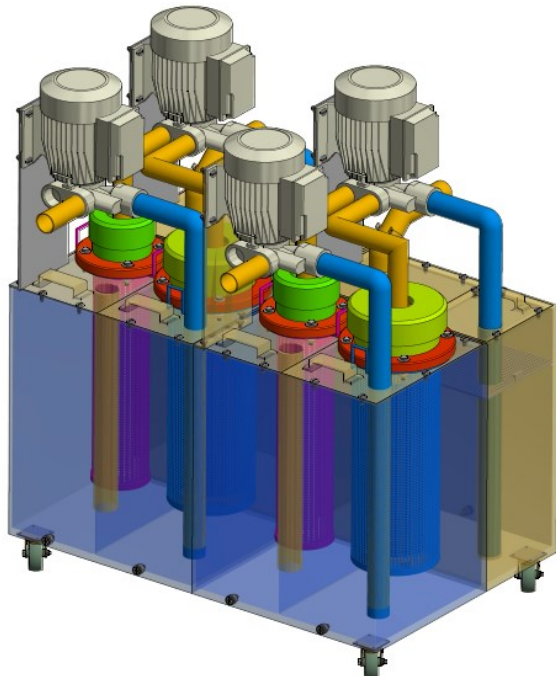


Fig. 8. Schița incipientă a agregatului de lichid dielectric ecologic

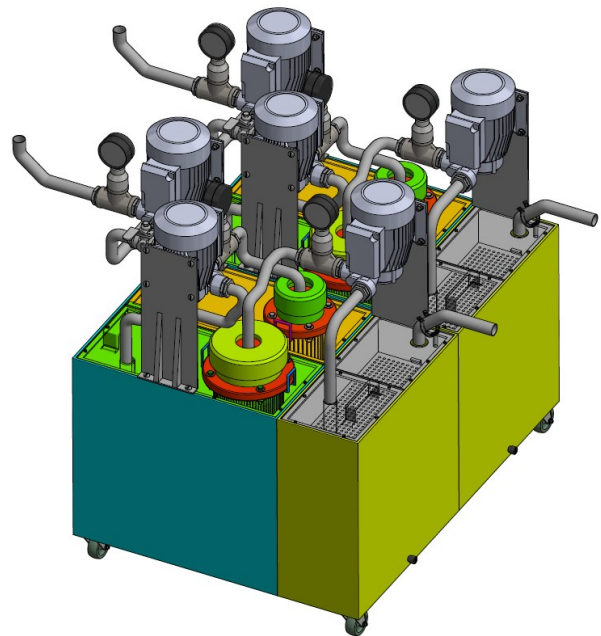


Fig. 9. Varianta finală a agregatului de lichid dielectric ecologic în vedere izometrică

Procesul este similar până la filtrarea grosieră: lichidul dielectric (ulei de floarea-soarelui sau ulei de rapiță, este vărsat gravitațional din cuva mașinii de lucru cu ajutorul unei conducte flexibile. În funcție de lichidul ales acesta ajunge în containerului său specific trecând mai întâi printr-un procedeu de filtrare grosieră realizat de către o sită care are orificiile mai mari de 10 micrometri.

După realizarea procedurii de filtrare grosieră lichidul este mai apoi transmis în cel de-al doilea container putându-se opta pentru două procedee: filtrare medie sau filtrare medie precedată de filtrare de finete (figura 10). Aici este întâlnită diferența putându-se alege tipul de filtrare în funcție de necesitate: prima variantă pentru prelucrări uzuale trecând printr-un filtru cu o precizie de 5 micrometri sau cea de-a doua variantă în care după filtrarea grosieră și cea medie mai urmează o filtrare fină folosită preponderent pentru prelucrări de superfinitare având o precizie de 1 micrometru. Ulterior lichidul este extras cu ajutorul unei pompe din container și transmis pentru a-și exercita rolul de lichid dielectric cu o presiune ridicată.

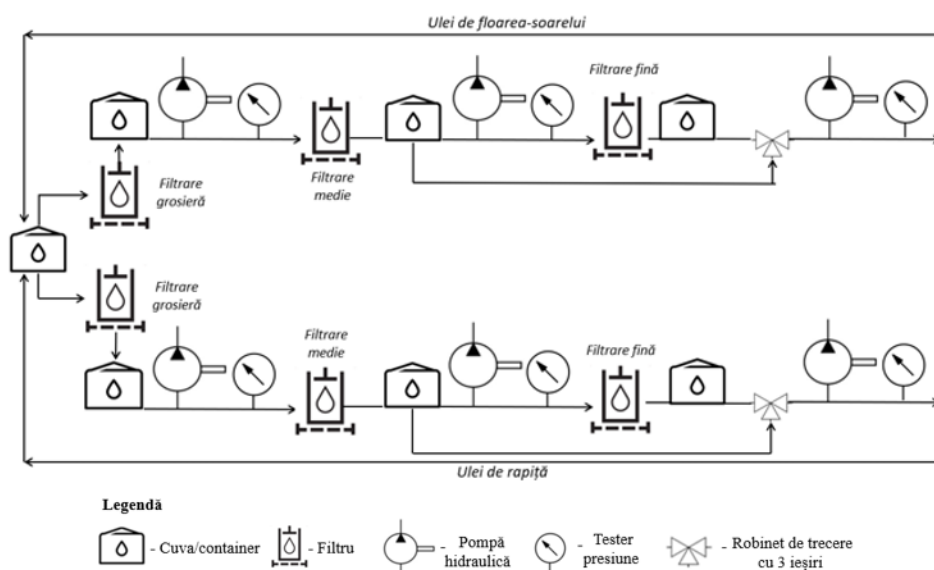


Fig.10. Schemă hidraulică a agregatului pentru EDM

Pentru a înțelege mai bine procesul s-a realizat o schemă hidraulică prezentată în figura 10.

7. Omologarea, utilizarea, comercializarea și reciclarea produsului

Omologarea produselor, definită ca acceptarea oficială a unui tip de produs și aprobarea producerii lui (în serie), este echivalentă cu noțiunea de certificare, în sensul că ambele presupun intervenția în relația furnizor-client a unei părți neutre care efectuează o evaluare obiectivă a calității [7]. Comercializarea agregatului mobil pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice în procesul de electroeroziune se va face în primă fază către clienții de bază, aceasta fiind companii mici și mijlocii care au ca prim obiect realizarea matrițelor de injecție. Reciclarea reprezintă introducerea unor reziduuri sau deșeuri într-un proces tehnologic pentru a obține reutilizarea și valorificarea lor sau în scopuri ecologice [8]. Agregatul amovibil pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice în procesul de electroeroziune este realizat din următoarele materiale: fontă (pompa), cauciuc sintetic (exterior furtun ranforsat), împletituri de sârmă-oțel (interior furtun ranforsat), C15, C45, OL50, polipropilena, plastic. Echipamentul rezultat va fi alcătuit din elemente reciclate astfel încât este important să fie cunoscute și înțelese noțiunile de reciclare.

8. Analiza economică

Analiza economică pentru dezvoltarea unui nou produs este orientată spre definirea tuturor alternativelor de proiecte ținând cont în primul rând de criteriul eficienței economice [9]. În tabelul 5 sunt prezentate componentele și costurile materialelor pentru agregatul de lichide dielectrice ecologice.

Tabel 5. Cost materiale

Componente	Dimensiuni	Unit. de măsur.	Nr. Buc.	Material	Standard	Preț TVA incl	Total [RON]
Container 1	400x165x400	mm	2		SR-EN 10083:2007	2*120	240
Container 2	400x350x400	mm	2		SR-EN 10083:2007	2*120	240
Roată pivotantă	Ø50	mm	4	Cauciuc/ plastic		4*6.33	25.32
Suport roată	35x28x31	mm	4	OL42		4*9	36
Șaibă grower	Ø4	mm	4	C15	SR-EN 10083:2007	4*4,8	19,2
Piuliță	M4	mm	4	C45		4*0,2	0,8
Placă de montaj	40x40x13	mm	4	C45		4*10	40

Tabel 5. Cost materiale

Componente	Dimensiuni	Unit. de mäs.	Nr. Buc.	Material	Standard	Preț TVA incl	Total [RON]
Capac fix container 1	205x165x3	mm	2	C15		2*58	116
Capac mobil container 1	165x130x403	mm	2	C15		2*30	60
Țeava(furtun) De extragere	Ø30x600	mm	4	Cauciuc		4*4,5	18
Pompa	192x178x151	mm	6	-		6*120	720
Placă susținere pompă	20x120x300	mm	4	Oțel		4*6	24
Țeava(furtun) De extragere 1	Ø30x220	mm	2	Cauciuc	-	2*3	6
Țeava(furtun) De extragere 2	Ø30x360	mm	2	Cauciuc	-	2*3,5	7
Filtru grosier	335x165x3	mm	2	-		2*145	290
Capac filtrare fină	Ø100x62	mm	2	Plastic		2*30	60
Flanșă de fixare (fină)	Ø140x40	mm	2			2*9	18
Șuruburi M6	M6x35	mm	16	C45		16*0,15	2,4
Șaibă	M6x1	mm	32	C45		32*0,05	1,6
Piuliță M6	M6	mm	16	C45		16*0,03	0,48
Filtru de finețe	Ø82x360	mm	2	-	-	2*115	230
Carcasă filtru filtrare fină	Ø130x360	mm	2	C15	-	2* 15	30
Capac mobil container 2 filtru fin	265x155x400	mm	2	Plastic	-	2*30	60
Capac filtrare grosieră	Ø150x62	mm	2	C15	-	2*4,5	9
Flanșă de fixare (grosieră)	Ø176x52	mm	2	C45	-	2*10	20
Filtru grosier (5-10 micrometri)	Ø169x343	mm	2	-	-	2*145	290
Carcasă filtru filtrare fină	Ø130x360	mm	2	C15	-	2*12	24
Capac mobil container 2 filtru fin	265x180x400	mm	2	Plastic	-	2*30	60
Robinet de trecere cu 3 ieșiri	92x83	mm	4	Alamă	UNI EN 1265- CW617N	4*80	320
Teu egal scurt canelat	Ø34	mm	4		-	4*20	80
Valva de reducție	Ø34 – Ø22	mm	6	Alamă cromată	-	4*40	160
Niplu dublu cu filet interior	Ø34 – Ø25	mm	4	Alamă	-	4*8,81	35,24
TOTAL							3217,72

Din tabelul 5 rezultă un cost total al materialelor de 3.217,7 lei. La aceste costuri se poate adăuga costul de livrare al materialelor. Se va estima acest cost ca fiind 5% din costul achiziționării materialelor cu ajutorul formulei 1:

$$C_{\text{livr}} = 5\% \times C_{\text{total}} \text{ [lei]} \quad (1)$$

$$C_{\text{livr}} = 5\% \times 3217,72 = 160,88 \text{ lei}$$

Au fost stabilite pentru realizarea prototipului componentele achiziționate, iar costul materialelor consumate pentru aceste componente este calculat cu formula 2:

$$C_{\alpha} = C_{\text{tot mat}} + C_{\text{livr}} \quad (2)$$

$$C_{\alpha} = 3241,72 \text{ lei} + 160,88 \text{ lei} = 3.402,6 \text{ lei/buc}$$

În cazul realizării agregatului pentru furnizarea lichidului dielectric ecologic costul manoperei este reprezentat de 5860 lei cost total/ansamblu.

Totodată a fost calculat și costul asigurărilor sociale, iar având în vedere ultimele variante ale legii bugetului asigurărilor sociale de stat și codul fiscal dar și alte acte normative incidente, valoarea CAS-ului utilizată a fost de 25% în condiții normale de muncă [10]. Costul asigurărilor sociale (C_{β}) pe departament (marketing, proiectare și fabricare, calitate, departament economic) este de 1465 lei. Costul total pentru cercetare-dezvoltare și pentru prototipare se calculează însumând costul materialelor consumate, costul manoperei și costul asigurărilor sociale, folosind formula 3:

$$C_{\text{tot c-d pro}} = C_{\alpha} + C_{\beta} + C_{\gamma} \text{ [lei/buc]} \quad (3)$$

$$C_{\text{tot c-d pro}} = 3402,6 + 5860 + 1465 = 10.727,6 \text{ lei/buc}$$

Costul total al prototipului este de **10.727,6 lei/buc**, iar pentru realizarea produsului în viață serie se dorește fabricarea a 100 produse pe an.

9. Concluzii

Contribuțiile originale: A fost identificat portofoliului de nevoi ale clienților cuprinzând cele trei nevoi principale, au fost stabilite caracteristicile produsului în funcție de cele trei criterii și produsele concurente pentru determinarea unor specificații optime ale agregatului mobil de lichid dielectric ecologic. Au fost aplicate diferite metode pentru generarea conceptelor agregatului de lichid dielectric ecologic, fiind generate 6 concepte, iar utilizând metoda AHP s-a stabilit conceptul optim pentru realizarea prototipului. S-a realizat schemă hidraulică a agregatului pentru EDM și a fost finalizat desenul de ansamblu al produsului. A fost realizată analiza de comercializare a produsului, potențialii client aflându-se în zona orașului București. Totodată au fost introduse și noțiunile de reciclare ale produsului, având în vedere un caracter poluator cât mai mic al produsului.

Lucrarea de față și-a propus să prezinte etapele necesare realizării agregatului pentru furnizarea de lichide dielectrice ecologice necesare funcționării procesului de electroeroziune clasică.

Cercetările viitoare se vor extinde asupra realizării tuturor etapelor necesare pentru prezentarea unui model virtual și funcțional al agregatului pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice.

10. Bibliografie

- [1]. Ghiculescu, D. și Marinescu, A. (2000), “Performances obtained with local air purification system with active coal at EDM”, Revista de Ecologie Industrială, nr 10-12, p11-14;
- [2]. Ghiculescu D. (2018), Curs „Tehnologii neconventionale”, platforma Moodle, accesat la: <https://fiir.curs.pub.ro/2018/course/index.php?categoryid=86>, accesată la data 15.03.2021;
- [3]. *** Equipment for EDM, accesat la <http://www.elero.sk/en/products>, la data 19.04.2021;
- [4]. *** Portable filter carts, accesat la <http://www.comofiltration.com/products/portables/model-120>, accesată la data 19.04.2021;
- [5]. *** Instalație KLEENOIL 6SE, accesat la <http://antosgrup.ro/instalatie-de-filtrare-kleenoil-6se/> / <https://www.kleenoilpanolin.com/en/kleenoil/anlagen/>, accesată la data 19.04.2021;
- [6]. Ghiculescu, D., Vulturescu, V. (2015) “*Management strategic pentru organizații inovative*“, Editura Printech, București 240 p., ISBN 973-652-975-4;
- [7].*** Certificarea calității, accesat la <https://conspecte.com/expertiza-merceologica/certificarea-calitatii.html>, accesată la data de 11.05.2021;
- [8]. *** Reciclarea, accesat la <https://ro.wikipedia.org/wiki/Reciclare>, accesată la data 23.04.2020;
- [9]. *** Analiză economică, accesat la <https://nt-csm.ru/ro/ekonomicheskii-analiz-vidy-ekonomicheskogo-analiza-i-ih-rol-v-upravlenii.html>, accesată la data 19.04.2021;
- [10]. *** Valoare CAS, accesat la <https://blog.smartbill.ro/contributii-sociale-angajati/>, la data 11.05.2021;