



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”  
SEBEȘ, 2015

## **CARACTERIZAREA LIANTULUI FOLOSIT PENTRU FORMAREA PRIN INECȚIE A MATERIALELOR COMPOZITE CU MATRICE DIN ALUMINIU ȘI PARTICULE DE CARBURĂ DE SILICIU ȘI GRAFIT**

Alina Georgeta JUMOLEA, George ARGHIR, Liviu BRÂNDUȘAN

### **CHARACTERIZATION OF BINDER UTILIZED FOR INJECTION MOLDING OF ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE WITH GRAPHITE AND SILICON CARBIDE PARTICLES**

Powder Injection moulding is considered a novel technique for the manufacture of complex shape samples of ceramic or metal powders. It consists in: powder mixing with a binder, injection into a form; binder removal, and sintering. Injection moulding technology is characterized by high stability and productivity. It makes possible to use uncomplicated and inexpensive equipment. The most important for a binding agent is to be thin to reduce the force of attraction between solid particles of different sizes in order to reduce the viscosity. By adding a small quantity of binder it should provide a good formation of the mixture, ready for separation of the preform to retain the shape and strength of injection moulded sample. The sample is quickly removed and does not contaminate the carbon material contained in waste, or other products.

Keyword: binder, injection moulding, sintering, preform

Cuvinte cheie: liant, formare prin inecție, sinterizare, preformă

#### **1. Introducere**

Liantul este factorul principal în asigurarea inecției materialului. El are rolul de a asigura formarea și forma semifabricatului, până la începutul procesului de sinterizare. Compoziția acestuia și modul lui de

eliminarea din material sunt elementele care diferențiază metodele de injectare. Liantul este compus dintr-un material de bază cu rol de a asigura rezistența semifabricatului și a ușura umplerea matricei de injecție și un agent activ de suprafață cu rol în legarea pulberii cu liantul de bază și de a acționa ca un lubrifiant la injectare. Se folosesc 5 categorii principale de lianți de bază: compuși termoplastici (polietilena, polipropilena, parafina, polistirenul, acetatul de polivinil etc.), compuși termorigizi (fenoli, poliuretan etc.), sisteme bazate pe apă (săpun cu apă), sisteme gelatinoase și materiale anorganice (compuși metalici ionici). Agenții activi de suprafață au rolul de a micșora vâscozitatea amestecului de pulberi. Ca agenți activi se pot folosi: stearatul de litiu, acidul stearic, stearatul de zinc, poliacrilatul de amoniu, uleiul de pește, monogliceride etc.

Cei mai folosiți lianți au la bază parafina sau polimerii sintetici. În lianți se pot adăuga și alte substanțe pentru a le modifica proprietățile [1-4].

## **2. Constituenții din liant**

### **2.1. Parafina**

Parafina, sau parafina hidrocarburată, este numele etnic pentru un alcan în general, dar în multe cazuri se referă în special la un alcan liniar sau normal-ramificat, sau izoalcani numiți izoparafine. Aceasta este diferită de combustibilul cunoscut în Anglia, Irlanda sau Africa de Sud ca ulei de parafină sau acum parafină, care se numește cherosen în principal în SUA; Canada; Australia; Noua Zeelandă. Numele este derivat din latinescul “parum” (abia) și “affins” (afinitate), semnificând “lipsă de afinitate” sau “lipsă de reactivitate” indicând natura nereactivă a parafinei [5].

Parafina este o substanță solidă, albă, formată dintr-un amestec de hidrocarburi saturate obținute la distilarea țiteiului și întrebuițată la fabricarea lumânărilor, la impregnarea hârtiei și a țesăturilor, ca materie primă în industria chimică. Parafina se fabrică din păcuri parafinoase, prin distilare la presiune normală, cristalizarea fracțiunilor obținute și purificate. Produsul obținut este compus din alcani normali, amestecați în diverse proporții, după cum punctul de topire este mai ridicat sau mai scăzut. În petrol se găsește și o “ceară moale”, compusă din molecula conținând un ciclu naftenic. Punctele de topire ale acestor hidrocarburi sunt mai scăzute decât ale alcanilor normali cu același număr de atomi de carbon. Această ceară moale amestecată cu ulei formează vaselina. Cerezina sau ceara de pământ obținută din mineralul ozocherită sau depozitele ce se formează în tuburile prin care circulă petrolul brut, se compune în ceea mai mare

parte din n-alcani superiori. Aceste hidrocarburi au puncte de topire înalte, cristalizează greu și sunt puțin solubile [6].

## 2.2. Polietilena de joasă densitate

Polietilena este cel mai important plastic folosit, cu o producție anuală de aproximativ 80 milioane tone. Este folosită în interiorul tuburilor. Aceasta este un polimer termoplastic constând din lanțuri lungi produse prin combinarea etilen monomerului (după IUPAC - etenă), numele devine din ingredient și nu din rezultatul chimic actual. Etilena actuală se transformă în eten ce ia locul ei în polimer și secțiuni drepte din polimer sunt cu aceeași structură ca lanțurile de hidrocarburi, exemplu, propan, decan și alte lanțuri de carbon cu o singură linie dreaptă. Ca orice polimer, structura substanței rezultate sfidează descrierea moleculară datorită ramificărilor în cruce a șirurilor. Numele științific recomandat, polietilenă este derivat sistematic din numele științific al monomerului. În unele cazuri este ușor de folosit o structură bazată pe nomenclatură, în astfel de cazuri, IUPAC recomandă polimetilena (polimetandil nu este o alternativă preferată). Diferența de nume între cele două sisteme se datorează deschiderii monomerilor dublii legați la polimerizare. Numele este prescurtat PE într-un mod similar cu acela al oricărui alt polimer. Molecula de etenă (cunoscută ca etilen)  $C_2H_4$  este  $CH_2=CH_2$ , are două grupări  $CH_2$  conectate de o legătură dublă, ca în figura 1.

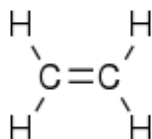


Fig.1 Moleculele de carbon în polietilenă [6]



Polietilena conține ca elemente chimice carbon și hidrogen. Este creată prin polimerizarea etenului, dar și prin polimerizarea radicalului,

polimerizarea prin adiție ionică, polimerizare prin coordinare ionică sau polimerizare prin adiție cationică, deoarece etena nu are orice grupare de substituție ce influențează stabilitatea propagării capului polimerului. Polietilena se clasifică în câteva categorii diferite bazate în principal pe densitate și lanțurile ei. Proprietățile mecanice ale polietilenei depind semnificativ de variabile ca extinderea și tipul lanțurilor, structura cristalină și masa moleculară.

Pentru formarea prin injecție a materialelor compozite cu matrice din aluminiu și particule de carbură de siliciu și grafit am folosit polietilena sub formă de granule (figura 2). Dimensiunea granulelor de polietilenă este de ordinul a 1-2 mm.



Fig. 2 Polietilena granule [6]

LDPE (LDPE – low density polyethylene) este definită de un domeniu de densitate de 0,90-0,94 g/cm<sup>3</sup>. Aceasta are un grad mare al fibrelor și șirurilor cu lanț lung, ceea ce înseamnă că de asemenea, lanțurile nu se împachetează în structura cristalină. Prin urmare, forțele intermoleculare sunt mai

slabe decât atracția indusă dipol-dipol. Din aceasta rezultă o rezistență la tracțiune mai mică și o ductilitate mai ridicată. LDPE este fabricată prin polimerizarea radicalilor liberi. Gradul ridicat al structurilor cu lanțuri lungi dă LDPE topită și proprietăți de curgere dezirabile. Acest tip de polietilenă este folosită pentru containere rigide și filme plastice aplicate, cum ar fi saci sau folii de plastic. În 2009 piața globală a LDPE avea un volum de circa 22,2 miliarde dolari americani (15,9 miliarde de Euro).

În tabelul 1 sunt prezentate densitatea, rezistența la rupere și modulul de elasticitate al polietilenei de joasă densitate [7].

Tabelul 1

Proprietăți	Densitate kg/m <sup>3</sup>	Rezistența la rupere, Pa	Modulul de elasticitate, Pa
LDPE	910...940	1...16	0,12...0,14

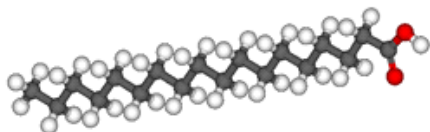
Polietilena de joasă densitate e mai puțin rigidă, combinând flexibilitatea cu o bună tenacitate. Se utilizează la fabricarea sacilor menajeri, a conductelor flexibile, a jucăriilor [8].

### 2.3. Acidul stearic

Acidul stearic este un acid saturat gras cu un conținut de 18 atomi de carbon și (după IUPAC) se numește acid octadecanoic. Este un solid ceros și formula sa chimică este C<sub>18</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub> sau CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>COOH. Este folosit ca ingredient în fabricarea lumânărilor, materialelor plastice, suplimentelor nutritive, pasturilor și cosmeticelor și pentru dedurizarea cauciucului. Acidul stearic este solid, cristalizează sub formă de lamele de culoarea albă cu aspect sidefat, este insolubil în apă și solubil în alcool etilic, acetonă, cloroform. Rețeaua cristalină a acidului stearic este prezentată în figura 3 [9].

Acidul stearic este unul din cei mai comuni lubrifianți folosiți în timpul formării prin injecție și presării pulberilor ceramice. Se

Fig. 3 Structura cristalină a acidului stearic [9]



caracterizează prin următorii indici fizico-chimici: Masa moleculară = 284,47 mol; punct de topire 69,9 °C; punct de fierbere 376,1 °C, densitate = 847 kg/m<sup>3</sup>.

Se dizolvă foarte ușor în eter etilic și foarte puțin în eter de petrol [10]. Proprietățile

acidului stearic sunt date în tabelul 2 [11].

Tabelul 2

Formula moleculară	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>
Masa molară, g/mol	284,48
Densitatea, g/cm <sup>3</sup> la 70 °C	0,847
Punct de topire, °C	69,6
Punct de fierbere, °C	383
Indicele de refracție (n <sub>D</sub> )	1,4299

### 3. Procedul experimental

#### 3.1. Pregătirea liantului pentru formarea prin injecție

Pentru etapa de pregătire a liantului, s-a pornit de la alegerea constituenților pentru

liant. Acești constituenți sunt: ▪ parafina; ▪ polietilena de joasă densitate (LDPE); ▪ acid stearic.

S-a calculat cantitatea acestor constituenți pentru masa de liant de 350 g, pentru fiecare probă, tabelul 3. Aceștia au fost cântăriți folosind o balanță tehnică cu precizia de 0,5 g.

Tabelul 3

Constituent	Densitate g/cm <sup>3</sup>	Compoziția, %	Cantitate, g
Parafină	0,92	76	266
LDPE	0,93	20	70
Acid stearic	0,85	4	14

Pentru cele 6 seturi de probe pregătite pentru formarea prin injecție a materialului cu matrice din aluminiu armat cu particule de carbură de

siliciu și grafit s-a folosit o cantitate totală de liant de 329,5 g.

Liantul obținut urmează a fi topit și omogenizat cu pulberea formată din aluminiu, SiC și grafit, pentru a forma amestecul plastifiant (feedstock).

### 4. Concluzii

Compozițiile de succes ale lianților conțin, în mod normal, de la 70 până la 30 procente volumice ale unui component majoritar.

Pentru concentrații mici, acidul stearic prezintă cea mai mare importanță. Acidul stearic are densitatea de  $0,85 \text{ g/cm}^3$ , iar temperatura de topire este de  $73 \text{ }^\circ\text{C}$ . Acesta reduce unghiul de contact de la interfața liant-pulbere prin scăderea energiei de suprafață.

Utilitatea acestui aditiv crește o dată cu complexitatea suprafeței particulei. În consecință, utilizarea acidului stearic ca aditiv face ca procesul de omogenizare să se desfășoare mai ușor și cu un consum mai redus de energie, rezultând o omogenizare superioară

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Păunoiu, V., *Tehnologia pieselor sinterizate*, Universitatea "Dunărea de Jos", Galați, 2010.
- [2] Geiger, L., Jackson, M., *The effects of binder components for metal injection molding*, *Advanced Materials Processing*, 136 (7), 1989, pp. 23-28.
- [3] Pech-Canul, M.I., Katz, R.N., Makhlof, M.N., *A new binder for metal injection molding*, *Journal of Materials Processing and Technology*, 108 (2000), pp. 68-77.
- [4] Chung, D.W., Rhee, B.O., Cao, M.Y., Liu, C.X., *Requirements of Binder for Powder Injection Molding*, *Advances in Powder Technology*, 3 (1989), pp. 67-78.
- [5] Aram, M., *Chimie organică*, vol.I, Editura Academiei RSR, București, 1983.
- [6] \* \* \* <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Alkene> (07.07.2011, EST 15.20).
- [7] \* \* \* <http://www.maseplastic.ro/downloads/bibliografie.pdf> (07.08.2011, EST 16.20).
- [8] \* \* \* <http://www.material.eu/poliethilene> (08.07.2012, EST 10.20).
- [9] \* \* \* <http://www.en.wikipedia.org/wiki/stearicacid> (08.07.2011, EST 15.20).
- [10] Walter, F., Schmidt, Justin, R., Barone, Barry Francis, James, B., Beeves III, *Stearic acid solubility and cubic plane volume*, *Chemistry and Physics of Lipids*, 142 (2006), pp. 23-32.
- [11] Sudip, K., Samantha, Himadri Chattopadhyay, Madhab, Malhar Godkindi, *Thermo-physical characterization of binder and feedstock for single and multiphase flow of PIM 316L feedstock*, *Journal of Materials Processing Technology*, 211 (2011), pp. 2114-2122.

**NOTĂ:** Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul "1.5. Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării", contract POSDRU/159/1.5/137070, beneficiar Universitatea Politehnică din Timișoara, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013 și Guvernul României.

Drd. Ing. Alina Georgeta JUMOLEA  
Prof. Em. Dr. Ing. fiz. George ARGHIR  
Prof. Dr. Ing. Liviu BRÂNDUȘAN  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, membri AGIR