A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

CERCETĂRI PRIVIND OBŢINEREA PIESELOR INJECTATE DIN PULBERE DE FIER

Liviu BRÂNDUŞAN, George ARGHIR, Gabriel BATIN

RESEARCH FOR OBTAINING OF IRON POWDER INJECTED PARTS

Complex shape parts of small size and made in mass production may be economically produced by metallic or ceramic powder injection. This modern technology considers using a multi-component binder added to a small grain size powder (less than 40 μm). During spraying iron powder process results a small grain size fraction, which can be used in obtaining of injected parts. There are presented the results of our research for obtaining of parts by injection moulding technology in present paper. Present results are referring to used binder properties, injection conditions, resulting shrinkage after injection and de-binding, as well as the causes of defects may appear in injected parts. It is noticed that, in addition to the binder characteristics, the knowledge of injection process parameters and the de-binding conditions are very important in the injection moulding technology design in order to obtain parts without defects.

Cuvinte cheie: formarea prin injecţie, deliere, metalurgia pulberilor
Keywords: injection training, debinding, powder metallurgy

1. Introducere

Obţinerea pieselor injectate presupune parcurgerea mai multor etape, fiecare dintre ele având o importanţă deosebită. În raport cu dimensiunile şi geometria pieselor, natura pulberii, condiţiile de injectare şi de deliere (îndepărtarea liantului utilizat în procesul de injectare a pulberilor), este necesară stabilirea compoziţiei şi a proprietăţilor liantului ce urmează a fi utilizat. Liantul asigură transportul

pulberii în matriţă, umplerea completă a aceseia, iar după deliere rămâne o cantitatea suficient de mare pentru a menţine integritatea pieselor până la sinterizare. Din aceste motive, un raport echilibrat între componentele liantului şi dintre cantitatea acestuia şi a pulberii este absolut necesar. Omogenizarea componentelor liantului, precum şi a acestuia cu pulberea este o operaţie foarte importantă deoarece, prin aceasta, se asigură o distribuţie uniformă absolut necesară a liantului printre particulele metalice [1].

Apariţia unor defecte în piesele injectate este determinată atât de neomogenitatea amestecului pulbere-liant, cât şi de condiţiile de deliere, în special viteza de deliere [2].

2. Condiţii experimentale

Pentru studiul condiţiilor de obţinere a pieselor injectate din pulbere de fier s-a utilizat un liant în compoziţia căruai a intrat 33 % polietilenă de joasă densitate (LDPE), 65 % parafină (P) şi 2 % acid stearic (SA), ca surfactant. Componentele au fost omogenizate la temperatura de 120 ^{o}C, timp de 80 minute, pentru a obţine o structură cât mai uniformă. Deoarece capacitatea de curgere a amestecului pulbere-liant (feedstock) în matriţă depinde de vâscozitatea liantului şi cantitatea e pulbere aflată în amestect s-a determinat proprietăţile rheologice ale liantului [2].

Tabelul 1

Feedstock	Compoziţie, vol.%	
	Pulbere	Liant
A	55	45
B	60	40
Densitate, ρ, g/cm^3	6,4	0,92

Liantul a fost omogenizat cu o pulbere de fier de granulaţie <63 μm, în diferite proporţii, la temperatura de 120 ^{o}C, timp de 2 ore. Compoziţia feedstock-ului este prezentată în tabelul 1 (Compoziţia feedstock-ului). Din aceste amestecuri s-au injectat probe de formă disc, la temperatura de 120 ^{o}C şi cu o presiune de 20 MPa cu o instalaţie special construită în acest scop. Delierea probelor s-a realizat în vapori de solvent, solvent în compoziţia căruia intră toluen, acetona şi acetat de n-butil.

Probelor obţinute li s-a determinat contracţia după injectare şi după delierea efectuată în diferite condiţii.

În acelaşi timp s-a analizat procesul de curgere a amestecului în matriţă, variaţia gradului de deliere în raport cu timpul şi cauzele procesului de formare a defectelor.

3. Rezultate experimentale

După omogenizarea componentelor care formează liantul, acestuia i s-a determinat caracteristicile rheologice. Aşa cum se poate vedea din figura 1, odată cu creşterea temperaturii, vâscozitatea

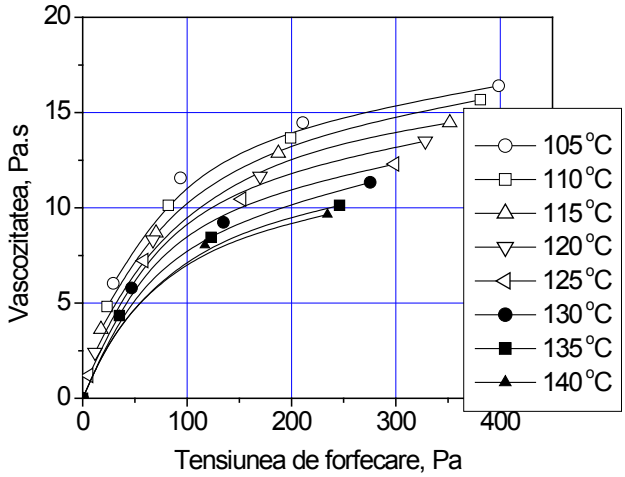

Fig. 1 Variaţia vâscozităţii liantului în raport cu tensiunea de forfecare şi temperatura

liantului scade. Cu toate că la temperaturi ridicate, de peste 120 °C, vâscozitatea liantului este mică, nu se doreşte depăşirea acesteia în procesul omogenizării sau a injectării, deoarece exisă pericolul evaporării parafinei (temperatura de evaporare a parafinei este de 120-130 °C) conducând la modificarea compoziţiei liantului. La vâscozităţi mici apare pericolul sedimentării rapide a pulberii, datorită diferenţei mari dintre greutăţiile specifice ale pulberii şi liantului, generând dificultăţi procesului de injectare. Odată cu creşterea tensiunii de forfecare a macromoleculelor polimerului creşte vâscozitatea liantului.

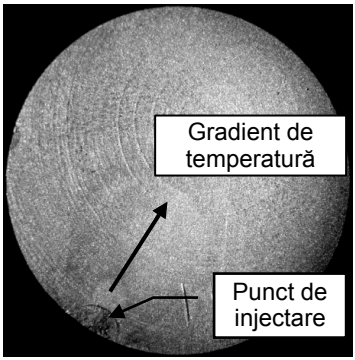

Fig. 2 Imaginea piesei injectate şi gradientul de temperatură în raport cu locul de injectare

Din cele două compoziţii ale amestecurilor de injectare s-au

înjectat probe disc într-o cavitate a matriţei având diametrul de 23,2 mm şi grosimea de 2,5 mm. Imaginea unei asemenea probe este prezentată în figura 2. Această imagine ne arată că în procesul de injectare apare un gradient de temperatură determinat de direcţia de curgere a feedstock-ului de la punctul de injectare. Acest lucru ne arată că punctul de injectare trebuie să fie, pecât posibil, la egală distanţă faţa de cele mai indepărtate puncte ale piesei. În caz contrar, ţinând seama că odată cu scăderea temperaturii şi a vâscozităţii există riscul ca aceste zone să nu fie umplute cu material.

Măsurătorile efectuate asupra pieselor injectate, după răcirea lor, arată că ele suferă o anumită contracţie, în medie de 1,26 % pentru piesele injectate din amestecul A şi 0,84 % pentru piesele din amestecul B. Aceasta arată că piesele obţinute din amestecul care conţine mai multă pulbere au o contracţie mai mică. Prin urmare, se recomandă utilizarea amestecurilor cu conţinut cât mai mare de pulbere. Acest lucru nu este posibil deoarece, odată cu creşterea cantităţii de pulbere scade vâscozitatea amestecului făcând dificil procesul de injectare, scăzând capacitatea de umplere a matriţei, îndeosebi a spaţiilor înguste. S-a constatat că 64 vol% de pulbre corespunde valorii de saturaţie. Această valoare depinde şi de mărimea şi forma particulelor de pulbere.

Probele injectate au fost supuse unui proces de deliere. Acesta s-a desfăşurat în două etape. Prima etapă a constat într-o deliere în vapori de solvent la temperatura de 40 ^{o}C, când probele au fost aşezate pe un material poroabsorbant din Al_2O_3, în vederea accelerării procesului. A doua etapă a constat într-o deliere termică la temperatura de 80 ^{o}C utilizând o etuvă. În prima etapă s-a urmărit deschiderea porilor pentru a favoriza eliminarea liantului şi evitarea generării unei presiuni interioare care ar putea conduce la generarea unor defecte în probe. Măsurătorile efectuate privind pierderea procentuală de greutate a liantului după delierea în vapori de solvent şi după delierea termică au condus la rezultatele prezentate în tabelul 2 (Pierderea de greutate a liantului din probelor deliate). Analiza rezultatelor obţinute arată că, în urma delierii în vapori de solvent, cea mai mare pierdere de greutate o înregistrează amestecul B. Aceasta se explică prin faptul că, în primă fază, delierea este determinată de fenomenele de capilaritate, fenomene mai accentuate pentru materialele la care mărimea porilor este mai mică.

Tabelul 2

Feedstock	Pierdere, mas.%	
	În vapori	Termică
A	13	85
B	19	70

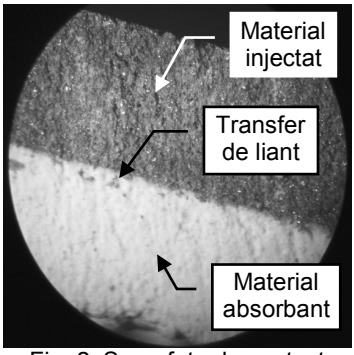

Fig. 2 Suprafaţa de contact între materialul injectat şi cel absorbant

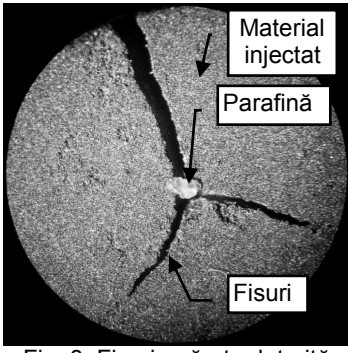

Fig. 3 Fisuri apărute datorită neomogenităţii amestecului

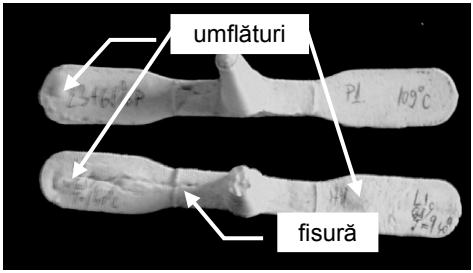

Fig. 4 Fisuri şi umflături într-un mterial ceramic supus delierii incorecte [4]

Procesul de deliere şi de deschidere a porilor este sprijinit şi de prezenţa materialului absorbant pe care sunt aşezate probele (figura 2).

În a doua fază, însă, delierea este mai rapidă la probele care conţin o cantitate mai mare de liant, adică cele obţinute din amestecul A. În cazul acestora, pierderea atinge în jur de 80 % din masa liantului. În această fază, porii fiind deschişi la suprafaţă, liantul poate să părăsească materialul cu mult mai mare uşurinţă, chiar în condiţiile în care temperatura de deliere este mai ridicată. Odată cu creşterea temperaturii, încălzirea materialului în întreg volumul său face ca parafina să treacă în stare lichidă, să-şi mărească volumul şi, prin aceasta, să creeze o presiune interioară care impinge liantul către exterior. Peste acest fenomen se suprapun şi cele de capilaritate [3].

În cazul în care amestecul de injectare este neomogen există pericolul apariţiei unor fisuri ce pot determina ruperea materialului (figura 3). În acest caz, o cantitate mai mare de liant localizată într-o anumită zonă, sub influenţa temperaturii şi topirii parafinei, generează o presiune interioară suficient de mare pentru a provoca fisurarea materialului şi scurgerea parafinei către exterior formând o aglomerare a acestui component. Dacă pre-

siunea interioară a liantului, afat în stare lichidă sau gazoasă, nu depăşeşte presiunea exterioară, iar liantul nu poate fi evacuat, se pot forma defecte sub formă de umflături (figura 4).

Analiza variaţiei dimensionale a probelor obţinute în urma procesului de injectare arată că cele obţinute din amestecul A suferă cea mai mare contracţie. Rezultatele experimentale prezentate în tabelul 3 (Variaţia dimensională şi volumică a probelor injectate şi deliate) arată că această contracţie este aproape dublă în cazul feedstock-ului A. Acest fenomen este pus pe seama faptului că probele obţinute din amstecul A pierd o cantitate mai mare de liant făcând ca particulele să se apropie mai mult între ele.

Tabelul 3

Feedstock	Variaţe dimensională.%		
	Diametrul	Inălţime	Volumic
A	1,13	3,47	4,66
B	0,65	1,39	2,42

4. Concluzii

Temperatura influenţează vâscozitatea liantului. Cantitatea de pulbere aflată în amestec determină contracţia liniară şi volumică a pieselor injectate. Neomogenitatea amestecului poate să conducă la apariţia unor defecte în materialul injectat.

BIBLIOGRAFIE

[1] German, R.M., *Optimization of the Powder-Binder Mixture for Povder Injection Molding,* in Metal Injection Molding, ISSN 0-918404-94-0, 1989.
[2] Brânduşan, L., *The influence of feedstock's compose on rheological behaviour at forming by metallic powder's injection*., Advanced Materials Research Vol. 23 (2007) pp. 139-142, ISSN 1022-6680.
[3] Brânduşan, L., Xiao Ping An, *Formarea prin injecţie a pulberilor*, Editura TODESCO, Cluj-Napoca, 2008, pag. 1-219.
[4] Brânduşan, L., Raport de cercetare la contract 84/2007, Tema A9, cod CNCSIS 936/2007.

Prof.Dr.Ing. Liviu BRÂNDUŞAN
membru AGIR, liviu.brandusan@staff.utcluj.ro.
Prof.Dr.Ing. George ARGHIR
membru AGIR, georgearghir@hotmail.com.
Prep.Drd.Ing. Gabriel BATIN
departamentul de Ştiinţa şi Ingineria Materialelor
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca