

PROVOCĂRI ȘI PERSPECTIVE ÎN PROCESUL DE FABRICARE A LENTILELOR CU SUPRAFEȚE ASFERICE

Conf. dr. ing. Dana LUCA MOTOC

Universitatea „Transilvania” din Brașov

REZUMAT. Lucrarea de față abordează aspecte privind unele etape din tehnologia de fabricare prin injecție a lentilelor cu suprafețe asferice din materiale plastice. Identificarea provocărilor, atât din perspectiva etapelor procesului tehnologic utilizat dar și a complexității suprafețelor lentilelor, suplimentat de simularea procesului de injecție propriu-zis și de compararea rezultatelor permite ajustarea parametrilor de injecție atât la nivel de material dar și de matriță. Perspectivele furnizate de utilizarea unei astfel de tehnologii sunt comparabile, chiar superioare tehnologiilor clasice de fabricare și costurilor de producție.

Cuvinte cheie: lentile asferice, materiale plastice, proces de injecție.

ABSTRACT. The herein paper approaches few aspects related to the plastic aspherical lens injection moulding process. Identification of specific challenges both technology related and complexity of the lens surface geometry, adding the FEM simulation of the molding injection process itself and data comparison may allow adjustments of the injection parameters from both material and injection molding perspective. Future trends in the injection process development and new polymer materials synthesis may help manufacturing cost reduction and preference for the herein technology.

Keywords: aspherical lens, plastic materials, injection moulding process.

1. INTRODUCERE

Procesul de injecție reprezintă unul dintre procesele tehnologice cel mai des utilizate în ultimii ani, în special în ceea ce privește fabricarea componentelor din materiale plastice. Acestea din urmă asigură premisele unui mediu ideal pe care îl urmărește orice proces tehnologic în genere, și anume acela al obținerii unei producții de masă cu cele mai mici costuri. Suplimentar, mai pot fi menționate și următoarele specificități care vizează greutatea diminuată comparativ cu produsele fabricate din materiale clasice, reproductibilitatea datorită utilizării unei matrițe care la rândul ei permite obținerea de suprafețe cu geometrii complexe și nu în cele din urmă la posibilitatea reciclării materialului după finalitatea utilității produsului.

Restricționat la fabricarea lentilelor din materiale plastice, provocările pe care această tehnologie a trebuit să le soluționeze a vizat în primul rând necesitatea obținerii unei precizii mari a suprafețelor care s-a repercutat în cerința reconsiderării întregului proces tehnologic în sine cât și a disponibilității de noi materiale polimerice care să prezinte proprietăți termice și optice îmbunătățite.

Cercetările recente evidențiază atingerea dezideratelor menționate anterior, fapt care a permis apariția proceselor de fabricație prin injecție de mare precizie și nu

în ultimul rând a produselor cu specificații și caracteristici speciale, care impun o atenție deosebită încă din etapa de proiectare a acestora. Printre acestea se numără și lentilele din materiale plastice cu suprafețe asferice care își găsesc aplicabilitate în subansamble ale imprimantelor laser, a scannerelor, microscopelor dar și a lentilelor de ochelari.

Datorită specificității care vizează în primul rând geometria suprafețelor și mai apoi a materialului utilizat în fabricarea acestora, etapa de proiectare a acestor tipuri de lentile implică o abordare atât din considerente structurale dar și a proprietăților optice impuse unor astfel de lentile. Ambele direcții beneficiază de o existența unei game largi de programe de calcul, cunoscute și cu cea mai mare utilizare dovedindu-se a fiind CATIA, ProEngineer, Solid Works în domeniul proiectării asistate de calculator, respectiv Origin, Zemax sau ASAP în domeniul analizei optice.

Procesul de injecție poate fi optimizat încă din etapa de proiectare putându-se astfel elimina o serie de neajunsuri care influențează calitatea componentelor din materiale plastice. Unul dintre mediile de proiectare utilizate în acest sens este cel dezvoltat de către Autodesk și cunoscut sub denumirea de Moldflow Plastic Insight, bazat pe metoda elementelor finite pentru inițierea și derularea de analize complexe și procese de optimizare care au la bază metodele Taguchi și/sau factorială.

În lucrare vor fi abordate problemele specifice procesului de injecție a materialelor plastice și provocările pe care le prezintă utilizarea acestora în vederea obținerii de lentile cu suprafețe asferice dar și perspectivele specifice procesului tehnologic în sine și componentelor cu destinații speciale.

2. SIMULARE ȘI ANALIZĂ COMPARATIVĂ

2.1. Identificarea provocărilor

În acest context vor fi abordate aspectele care vizează procesul de injecție în sine dar și factorii care contribuie semnificativ și influențează calitatea și precizia lentilelor din materiale plastice. Astfel, procesul de injecție se derulează prin aducerea în starea de topitură a materialului plastic urmat de injecția acestuia în matriță. Acest fapt implică controlul variației de temperatură, a câmpului de temperaturi dezvoltat în timpul procesului, a vitezei de injecție a materialului, a presiunii din interiorul cavității de injecție etc.

Parametrii de material contribuie semnificativ la obținerea unor lentile cu suprafețe de mare precizie în condițiile în care se utilizează un material care prezintă o valoare mare a temperaturii de tranziție în starea de sticlă, o vâscozitate diminuată în starea de topitură, valori relativ mari ale rigidității etc. Suplimentar, configurația geometrică a suprafețelor, diametrul pe axa optică, rugozitatea suprafețelor și calitatea acestora, distanța focală sunt doar câteva elemente dintre parametrii lentilelor care prezintă cea mai mare susceptibilitate față de procesele tehnologice de fabricare și precizia acestora.

De exemplu, în cazul unor geometrii complexe ale suprafețelor, absenței modelului reperului mulți dintre producători recurg la scanarea suprafeței acestuia în etapa de proiectare din considerente ce vizează diminuarea costurilor fără însă a lua în considerare și unele aspecte care vizează precizia datelor și formatul acestora. În mod obișnuit, formatul datelor CAD transferabile către interfața mașinilor de injecție este sub forma unor fișiere cu extensia *.stl sau *.iges sau sub forma unui „nor de puncte”.

Astfel, în figura 1 s-au reprezentat comparativ formele geometrice ale suprafețelor unei lentile prismatice utilizând un mediu CAD de dezvoltare, respectiv cele obținute în urma unui procedeu de scanare laser utilizând o mașină de măsurare în coordonate de la Dea Global Performance. Deși nu constituie subiectul acestei lucrări, se impune mențiunea faptului că în acest caz cea de-a doua metodă s-a dovedit a fi deficitară, a presupus un interval de timp mare alocat scanării suprafețelor și o precizie relativ mică a datelor corespunzătoare muchiilor.

2.2. Simularea FEM a procesului de injecție

În figura 2 s-au reprezentat modelele CAD pentru trei tipuri de lentile supuse analizei, o lentilă plan-convexă, o lentilă cilindrică, respectiv o lentilă prismatică, iar în figura 3 modelele acestora discretizate cu ajutorul metodei elementului finit după operațiile de verificare și corecție a elementelor de discretizare. Mediul de lucru utilizat este acela care va facilita ulterior și simularea procesului de injecție propriu-zis și anume Autodesk Moldflow Insight 2010.

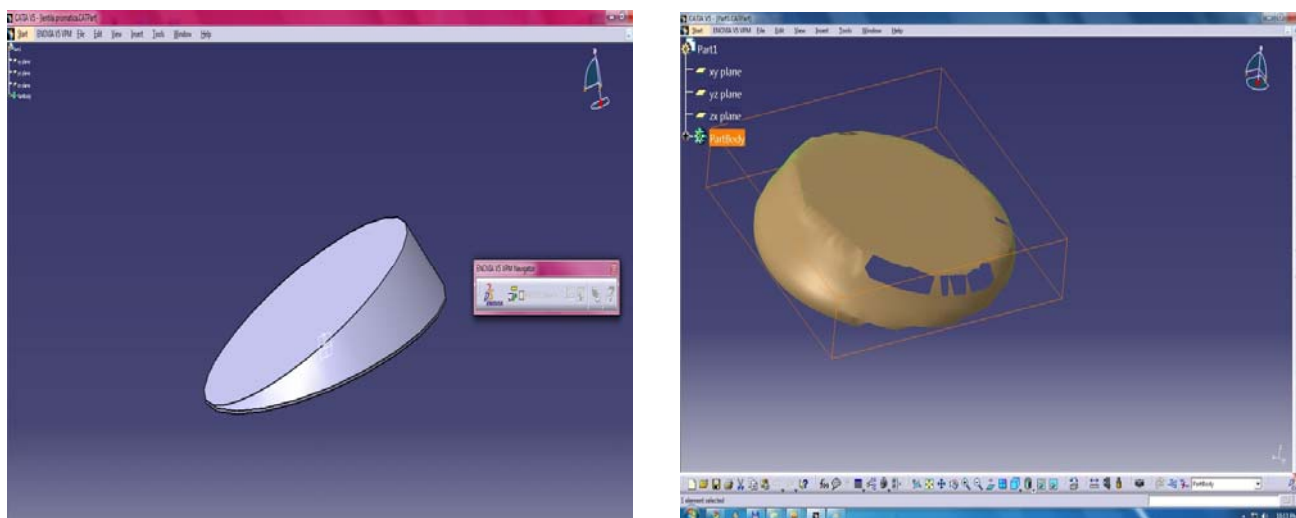


Fig. 1. Forma geometrică constructivă a unei lentile prismatice: mediu CAD (stânga), scanare laser (dreapta).

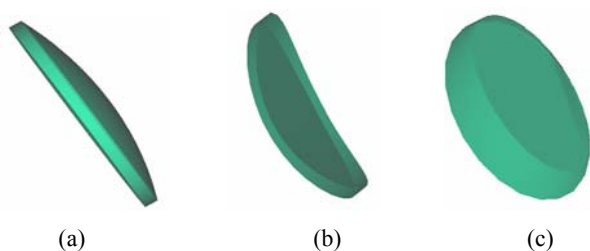


Fig. 2. Forme geometrice ale suprafețelor lentilelor: a – sferică; b – cilindrică; c – prismatică.

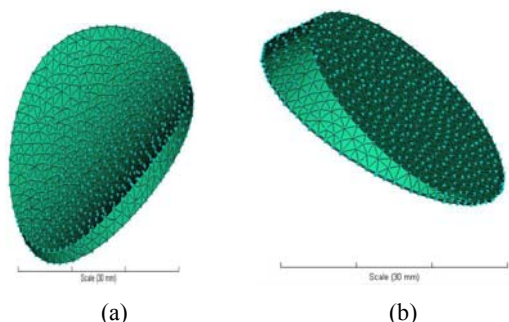


Fig. 3. Suprafețele discretizate cu ajutorul metodei elementului finit: a – lentilă cilindrică; b – lentilă prismatică.

Etapele următoare celei descrise și prezentate anterior sunt următoarele:

- selecția procesului de injecție și a secvențelor de analiză;
- proiectarea traseului de injecție și selecția locațiilor de injecție;
- alegerea materialelor și setarea parametrilor de lucru;
- configurarea unui sistem de răcire.

În cazul de față analiza selectată pentru simularea procesului de injecție a fost de tip Flow+Warp iar locația de injecție a fost selectată în urma rulării unei analize specifice în acest sens, conducând la poziții care au corespuns zonelor de pe diametrul lentilelor cu cea mai mare grosime. Poziția locației de injecție constituie parametrul care influențează semnificativ atât proiectarea matriței dar și calitatea semifabricatului rezultat.

În urma analizei asociate procesului de injecție se pot obține informații cu privire la timpul alocat umplerii cavității, contracția volumică la finalul procesului, efectelor cumulate ale deflecției, distribuției câmpului tensiunilor reziduale etc.

În figura 4 s-au reprezentat contracțiile volumice la finalizarea procesului de injecție pentru cele două lentile cu suprafețe asferice, cilindrică respectiv prismatică.

2.3. Parametrii ajustabili ai procesului de injecție

În general, procesele de injecție reprezintă procese de mare complexitate care implică parametrii care necesită

a fi corelați cu cei specifici etapelor premergătoare derulării în sine a procesului. Dezvoltarea unui proces tehnologic se bazează în principal pe experiența inginerului proiectant dar și pe strategiile de evaluare a procesului și metodele statistice de evaluare a acestuia în etapele asociate acestuia.

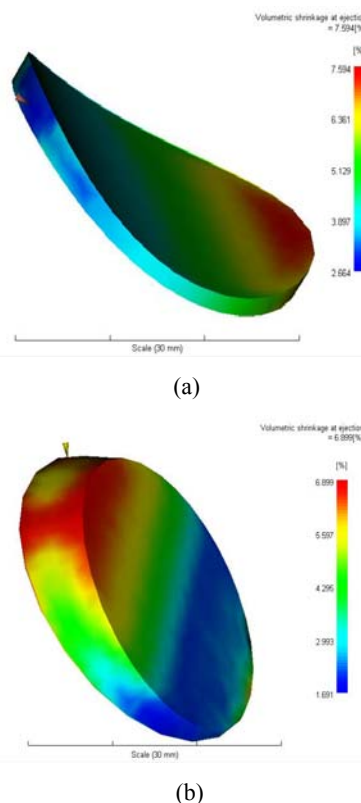


Fig. 4. Contracția volumică la finalul procesului de injecție a lentilelor: a – cilindrică; b – prismatică.

Astfel, în figura 5 au fost atât parametrii ajustabili ai procesului de injecție și factorii de influență asupra calității semifabricatului. Este evident că în acest caz, pentru atingerea dezideratelor însumând o calitate superioară a lentilelor și o producție de masă, se impune necesitatea acordării unei atenții deosebite fiecărui parametru individual.

3. PERSPECTIVE

Dinamica de pe piața lentilelor fabricate din materiale plastice evidențiază un trend crescător și preferința de fabricare a acestora prin procedee de injecție. Presiunea exercitată asupra metodelor clasice de fabricare a lentilelor și de prelucrare a suprafețelor acestora a determinat o modificare accentuată a design-ului acestora în direcția computerizării majorității dispozitivelor, creșterii preciziei de prelucrare dar și a costurilor comparativ cu tehnologia abordată în cadrul acestei lucrări.

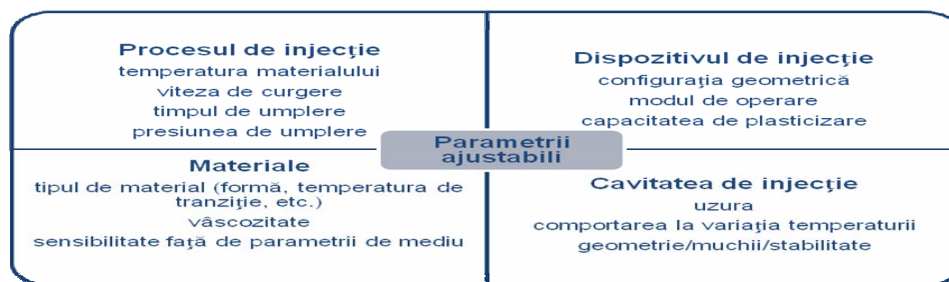


Fig. 5. Parametrii modificabili ai procesului de injecție.

Evident că premisele evoluției proceselor de injecție sunt în strânsă corelație cu piața de desfacere și solicitarea de produse fabricate din materiale ușoare, reciclabile și cu proprietăți mecanice/termice bune ceea ce permite identificarea următoarelor direcții de dezvoltare care să satisfacă și cerințele impuse preciziei semifabricatelor:

- *Metrologia suprafețelor*
 - ✓ utilizarea tehnicilor non-contact de prelevarea a conturului suprafețelor asferice care să faciliteze obținerea unor precizii de măsurare $< 0,1 \mu\text{m}$.
- *Proiectarea matriței/analiza fenomenului de injecție*
 - ✓ dezvoltarea de noi metode de analiză a proceselor tehnologice de injecție;
 - ✓ dezvoltarea de programe integrate de proiectare și analiză care să permită implementarea și monitorizarea fenomenelor.
- *Materiale plastice*
 - ✓ sinteza de materiale polimerice care să prezinte proprietăți optice și stabilitate într-o gamă mai largă de temperaturi;
 - ✓ dezvoltarea de materiale care să prezinte indici de refracție a căror variație cu temperatura să nu prezinte sensibilitate mare.

4. CONCLUZII

Lentilele cu suprafețe asferice din materiale plastice reprezintă categoria de lentile care nu au beneficiat în aceeași măsură de atenția focalizată acordată categoriei lentilelor cu suprafețe sferice cu destinații ca instrumen-

tele optice, camere foto, camere digitale, ochelari etc. și aceasta în special datorită geometriei suprafețelor dar și numărului relativ redus de aplicații în care sunt utilizate. Acest fapt poate constitui unul dintre motivele principale pentru care fabricanții de lentile nu și-au diversificat gama preferând procedeele de prelucrare și materialele clasice. Evident, o monitorizare mai atentă a tendințelor pieții și cerințelor acesteia poate releva o modificare a preferințelor consumatorilor sau fabricanților de dispozitive/ instrumente care încorporează astfel de tipuri de lentile și prin urmare o ajustare a proceselor tehnologice asociate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Zheng R., Tanner R., Fan X. – *Injection molding. Integration of theory and modeling methods*, Ed. Springer, doi 10.1007/978-3-642-21263-5, 2011.
- [2] Li W., Jin W., Lv X., Kua C. A. – *A study on computer simulation of plastic lens molding process*, Materials Science Forum, vol. 461-472, p. 490-493, 2004, on-line <http://www.scientific.net>.
- [3] Kamaruddin S., Khan Z., Foong S. – *Application of Taguchi method in the optimization of injection molding parameters for manufacturing products from plastic blend*, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, vol. 2, no. 6, p. 574-580, 2010.
- [4] Mayer R. – *Precision injection molding*, Optik and Photonik, no. 4, p.46-51, 2007.
- [5] Yusouff M., Rohani J. M., Hamid W., H., Ramly E. – *A plastic injection molding process characterisation using experimental design technique: a case study*, Jurnal Teknologi, no. 41(A), p. 1-16, 2004.

Despre autor

Conf. dr. ing. **Dana LUCA MOTOC**
Universitatea „Transilvania” din Brașov

Este conferențiar universitar în cadrul Universității „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Inginerie Mecanică, Departamentul de Autovehicule și Inginerie Mecanică. A obținut titlul de doctor inginer în 2003 în specialitatea *Rezistența materialelor, elasticitate și plasticitate* cu distincția *cum laudae* și deține două masterate, unul european în domeniul *Ingineriei mecanice* și a *Managementului energetic* și altul în *Finanțe și Bănci*. Este autoar și co-autor a 4 cărți de specialitate, dintre care 2 în domeniul materialelor compozite, a 9 lucrări publicate în reviste indexate ISI, a peste 20 de lucrări științifice publicate în conferințe organizate de societăți profesionale internaționale cu indexare ISI, a unui brevet de invenție și a unei propuneri de brevet, a peste 120 de articole științifice publicate și prezentate în cadrul unor conferințe naționale și internaționale cu tematică în domeniul ingineriei mecanice.