

Metode de integrare a tehnicii Reverse Engineering în concepția, fabricația și controlul dimensional al pieselor injectate din materiale polimerice

Rezumat

Teza de doctorat intitulată “Metode de integrare a tehnicii Reverse Engineering în concepția, fabricația și controlul dimensional al pieselor injectate din materiale polimerice” este structurată pe șase capitole, cuprinde 128 de pagini, 146 de figuri și 113 titluri bibliografice.

Lucrarea de față se înscrie în cadrul cercetărilor care au ca scop îmbunătățirea etapelor de concepție, fabricație și control dimensional a produselor din materiale polimerice. Reducerea timpului destinat acestor faze poate fi posibilă prin integrarea tehnicii Reverse Engineering dar și a altor tehnologii de design și producție. Astfel, sunt reduse costurile aferente apariției produselor pe piață, obținându-se implicit o creștere a calității.

În contextul și problematica de mai sus, obiectivele asumate ale prezentei teze de doctorat au constat în analiza metodelor și tehnicilor moderne de obținere a modelului virtual pornind de la un obiect fizic, stabilirea incertitudinii de scanare/digitizare și integrarea mașinilor în procesul de control dimensional al pieselor din materiale polimerice. Datele obținute în cadrul capitolelor destinate cercetării, au fost folosite pentru a integra tehnicile RE/PV/CAI în etapa de concepție, fabricație și control dimensional al unui nou produs.

Tehnica Reverse Engineering, folosită pentru a obține modele virtuale pornind de la obiecte existente, evoluează foarte rapid. Integrarea echipamentelor de captare a formei și a soft-urilor specializate în zona industrială se face într-un ritm tot mai alert. Foarte multe centre de cercetare au dezvoltat pe parcursul anilor echipamente pentru captarea unei forme cât mai precise din punct de vedere dimensional, dar și programe specifice folosite pentru prelucrarea datelor captate. Rezultatele cercetărilor în acest domeniu au condus la apariția pe piață a unor echipamente ce au fost rapid integrate în procesele de proiectare din domeniul industrial, medical, cinematografic sau jocurilor pe calculator.

Teza debutează cu studiul bibliografic (**Capitolul 1**) realizat accesând site-urile unor reviste de prestigiu (Sciencedirect, Springerlink, Proquest, s.a.), rezultând un capitol dedicat tehnicii Reverse Engineering. Cunoașterea teoretică a fost consolidată de studiul amănunțit al concepției și proceselor de fabricație care servesc la crearea produselor din materiale polimerice. Informațiile de natură teoretică ajută studiului și asimilării unor soluții tehnice cu potențial de implementare industrială, dar și integrării acestora în procesul controlului calității. Sunt prezentați și explicați termenii **Forward Engineering** și **Reverse Engineering**, punându-se accent pe rolul acestora în domeniul Ingineriei Industriale. A fost prezentată importanța și au fost detaliate etapele tehnicii Reverse Engineering, făcându-se trimitere la articole științifice relevante și de actualitate.

Cercetările teoretice au condus la formularea obiectivelor prezentei teze (**Capitolul 2**). Existența la Universitatea Politehnica din Timișoara a unei baze experimentale adecvate a făcut posibilă abordarea tehnicii Reverse Engineering și efectuarea unor serii de cercetări experimentale ce au dus la implementarea sa în procesul controlului calității produselor din materiale polimerice.

În **Capitolul 3** au fost cercetate și evaluate noi metode de introducere a formei unui obiect fizic într-un mediu virtual evitând folosirea metodelor prezentate în Capitolul 1. A fost prezentată și exemplificată prin studii de caz metoda **Sketch based 3D modeling**, concluzionându-se că metoda se bazează foarte mult pe priceperea proiectantului în folosirea suprafețelor și combinarea schițelor cu imagini ale unui obiect fizic. Nu este o metodă precisă din punct de vedere dimensional, dar poate fi integrată în procesul de proiectare pentru a aproxima forma unei piese/ componente. Este o metodă care folosește raționamentul metodologiei Top-Down folosită în mai multe domenii de activitate: auto, aeronautică, programare, management și organizare, arhitectură, etc. Folosind această metodă nu este pierdut timpul ce a fost investit în realizarea schițelor pe baza cărora s-a ales forma finală a unui produs. Folosind metoda Sketch based 3D modeling proiectantul începe crearea ansamblului folosind în mod direct schițele create anterior, modelând întreg ansamblul și apoi subansamblele și componentele ce-l compun.

S-a implementat cu succes pe modele virtuale simple, o nouă metodă de obținere a modelului virtual pornind de la programul NC destinat mașinilor cu comandă numerică. Modelele virtuale exemplificate în **Capitolul 3** au fost reconstruite folosindu-se informațiile

primite de la un program NC. În crearea tehnologiei de fabricație, tehnologul va alege sculele care se potrivesc pentru realizarea piesei, va aplica corecțiile necesare și va decide strategia cea mai potrivită care va determina traiectoria sculei așchietoare. Proiectantului i se oferă posibilitatea de a refolosi informațiile create de tehnolog pentru a reconstrui modele virtuale, acolo unde acestea lipsesc. Programele NC conțin informații valoroase despre strategiile utilizate în fabricația piesei, parametrii tehnologici (viteza și avansul de așchiere), tipul de instrument și caracteristici și cel mai important lucru în această chestiune – traiectoria sculei așchietoare.

În urma studiului bibliografic realizat s-a găsit o nișă care nu a fost complet epuizată de către comunitatea științifică. Astfel, s-a dedicat un întreg capitol studierii echipamentelor de captare a formei ce se află în dotarea Facultății de Mecanică din cadrul UPT. S-a urmărit aflarea preciziei de captare a formei în scopul integrării echipamentelor în procesul de control a calității dimensionale pentru piese injectate din materiale polimerice. A fost testată precizia mașinilor de captare a formei și abaterile dimensionale care pot apărea în urma procesului de cosmetizare sau a procesului de îmbinare a mai multor scanări. S-a identificat incertitudinea volumetrică de scanare/digitizare. În urma testelor putem concludem că incertitudinea de scanare a mașinii **Roland LPX-600** este $P \approx 0,06 \text{ mm}$, iar incertitudinea de digitizare a mașinii **Modela MDX-15** este $P \approx 0,04 \text{ mm}$. Dezavantajul sistemului de digitizare este timpul de achiziție lung, dar cantitatea de date măsurate și utilizarea flexibilă a sistemului îl face să fie bun pentru controlul calității la un lot mic de piese. Avantajul folosirii ambelor echipamente este permiterea generării unei hărți tridimensionale cu coduri de culori, astfel se pot observa abaterile dimensionale pe întreaga formă a piesei. Folosind această metodă de control dimensional pot fi controlate piese cu formă nedefinită (freeform), iar pe baza rezultatelor provenite din compararea datelor se poate lua decizia în ceea ce privește calitatea produselor injectate.

Capitolul 5 prezintă aplicarea tehnicilor RE/PV/CAI pentru a reduce timpul de proiectare, fabricație și control dimensional în dezvoltarea unui nou produs. Avantajul echipamentului de scanare este cel de a reduce timpul procesului de control dimensional pentru piesele injectate. La finalul testelor se poate lua decizia de lansare pe piață a noilor produse.

În final, teza sintetizează rezultatele obținute prezentând contribuțiile originale în domeniul studiat și perspectivele de cercetare care se întrevăd în viitorul apropiat.

Contribuții personale

Rezultatele studiilor teoretice și ale cercetărilor experimentale efectuate în cadrul tezei permit stabilirea următoarelor contribuții originale:

- 1) Aplicarea și testarea unei noi metode de captare a formei unui obiect. Metoda se numește **Sketch based 3D modeling** și putem spune că face parte din metodologia **Top-Down**.
- 2) Dezvoltarea unei noi metode de realizare a modelelor virtuale pornind de la **programe NC**.
- 3) Determinarea experimentală a factorilor care influențează calitatea suprafețelor mesh-ului rezultat în urma scanării. Experimentul s-a realizat pe mașina **Roland LPX-600** constatându-se că o alegere bună a strategiilor de scanare este mult mai importantă decât alegerea parametrilor de scanare minimi. Astfel este redus timpul de scanare și calitatea suprafeței nu este influențată.
- 4) Cercetări privind influența echipamentelor de digitizat/scanat asupra captării detaliilor de formă.
- 5) Dezvoltarea unei metode hibride de captare a formei pieselor de dimensiuni mari ce prezintă mici detalii de formă. Metoda reduce timpul de achiziție oferind o precizie ridicată a modelului rezultat, comparat cu obiectul fizic.
- 6) Stabilirea abaterilor dimensionale ce apar în urma aplicării funcțiilor de cosmetizare
- 7) Stabilirea incertitudinii de scanare pe mașina Roland LPX-600 (**$P \approx 0,06 \text{ mm}$**) și a incertitudinii de digitizare pe mașina Modela MDX-15 (**$P \approx 0,04 \text{ mm}$**).
- 8) Integrarea echipamentului de digitizat în procesul de control dimensional al unor piese injectate din materiale polimerice.
- 9) Aplicarea tehnicilor RE și PV în procesul de reproiectare a unui produs.

Aplicații ale tehnicilor RE/PV/RP/CAI se răspândesc din ce în ce în mai multe domenii industriale la nivel mondial. Aceste tehnici ajută la dezvoltarea rapidă a produselor cu formă complexă, reducând timpul de proiectare, producție și verificare a componentelor.