

Raport de etapă

Denumire grant: Soluție integrată pentru printarea 3D a elementelor specifice arhitecturii ecleziastice și clădirilor monument

Acronim: ARHIPRINT

Director de proiect: dr.ing. Dragoș Ungureanu

Membru echipă de cercetare: dr.ing. Stelian Cazan

Context

În cadrul Etapei 4 a proiectului „Soluție integrată pentru printarea 3D a elementelor specifice arhitecturii ecleziastice și clădirilor monument”, rezultatele obținute în etapele anterioare au fost reunite și valorificate pentru îmbunătățirea performanței imprimantei 3D prin optimizarea componentelor mecanice esențiale, în special a angrenajelor.

Pentru optimizarea angrenajelor s-au utilizat metode semi-analitice bazate pe algoritmi inovatori și originali pentru determinarea distribuției presiunilor de contact la nivelul dinților angrenajelor elicoidale, luând în considerare condiții reale de funcționare, precum:

- Nealiniera arborilor;
- Erori de montaj;
- Modificări ale profilului dinților.

Aceste metode semi-analitice au fost dezvoltate pornind de la abordarea Hartnett bazată pe ecuația lui Boussinesq din teoria elasticității pentru spații semi-infinite. În analiza contactului dintre dinți, aceste metode oferă o alternativă mai eficientă decât metoda elementelor finite (FEA), datorită timpului mai redus necesar obținerii rezultatelor, fiind astfel mai potrivite pentru scenarii complexe de contact între suprafețe.

Un aspect deosebit al studiilor a fost analiza cazurilor ideale de coincidență a muchiilor dinților, evidențiind amplitudinea mai mare a concentratorilor de tensiune în absența coincidenței perfecte a muchiilor. Această analiză a permis identificarea punctelor critice în distribuția tensiunilor și presiunilor de contact, oferind astfel oportunități de îmbunătățire a designului angrenajelor.

Rezultate Etapa IV

Noutatea rezultatelor obținute în cadrul proiectului constă în dezvoltarea unui algoritm eficient și rapid pentru analiza contactului dinților (Tooth Contact Analysis – TCA) al angrenajelor cilindrice cu dinți drepecți și dinți înclinați, capabil să rezolve situații complexe de angrenare. Algoritmul și codul de calcul dezvoltat integrează:

- Ecuații de determinare a presiunilor de contact, selectând metoda optimă pentru convergența rapidă a soluției.
- Metodologii de modelare a suprafețelor dinților, adaptate pentru scenarii reale de angrenare, incluzând:
 - Nealiniera arborilor;
 - Erori de montaj;
 - Corecții ale profilului dinților.
 - Reducerea timpului de calcul

Particularitățile stării de tensiune generate de un contact concentrat încărcat impun un timp de calcul foarte mare în cazul utilizării metodei elementelor finite (FEA) pentru analiza contactului. Alternativ, pentru aceleași condiții și nivel de acuratețe, timpul de calcul poate fi de până la două ordine de mărime mai mic atunci când analiza TCA este realizată folosind un model semi-analitic. Acest avantaj devine esențial în studiile care necesită pași repetitivi de modelare și simulare.

Solverul virtual dezvoltat este compus din mai multe fișiere *header*, fiecare responsabil pentru diferite simulări geometrice și scenarii reale de angrenare. De asemenea, a fost implementată procedura Guilbault pentru eliminarea presiunilor virtuale de oglindire, reducând stările nerealiste de tensiune plană la nivelul flancurilor dinților.

Tehnici avansate utilizate:

- Metoda Gradientilor Conjugați – folosită pentru rezolvarea sistemului de ecuații al presiunilor de contact, rezultând un solver robust și extrem de rapid.
- Transformata Fourier Rapidă (FFT) – implementată pentru creșterea vitezei de calcul.
- Validarea algoritmului

Pentru validare, rezultatele numerice obținute cu solverul virtual dezvoltat pentru un caz ideal de angrenare au fost comparate cu rezultatele obținute prin simulări originale FEA, folosind aceleași date inițiale. Compararea a arătat o corelație foarte bună între cele două metode, confirmând precizia și acuratețea algoritmului dezvoltat.

Deși lubrifierea și frecarea au fost neglijate în simulări, cazurile reale de nealinieră și corecții de profil au fost analizate în detaliu. Rezultatele au demonstrat că:

- Corecțiile de profil reduc semnificativ efectul de margine, îmbunătățind fiabilitatea și durata de viață a componentelor.
- Din motive economice, profilurile cu degajare la capăt sunt preferate, dar utilizarea dinților cu profil bombat oferă o durată de viață mai mare a pieselor.

Diseminarea rezultatelor Etapei IV s-a realizat prin publicarea de articole științifice, respectiv prin participarea la conferințe științifice, după cum urmează:

- **Cazan, S.; Crețu, S.;** Tooth contact analysis of spur and helical gears in case of shafts deflections, International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference organized by ASME, Washington DC, United States of America; lucrarea va fi publicată în ASME Proceedings.
- **Cazan, S.; Goanță, V.; Blanari, I.; Alkisswani, L.; Cosău, R., E.;** The influence of fatigue stresses upon the aspect of the specific stress-strain curve, Advanced Concepts in Mechanical Engineering Conference. 2024; lucrarea va fi publicată în *Environmental Engineering and Management Journal, IF 0,7*.
- **Cazan, S.; Crețu, S.; Goanță, V.; Blanari, I.; Andrușcă, L.;**The environmental impact of high performance spur and helical gears in industry, Advanced Concepts in Mechanical Engineering Conference. 2024; lucrarea va fi publicată în *Environmental Engineering and Management Journal, IF 0,7*.

4 Stelian Cazan^{1*}, Viorel Goantă¹, Igor Blănari³, Layth Alkisswani⁴, Roxana Elena Cosău⁵

8 ^{2,3,4,5}Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Mechatronics
9 and Robotics, Iași, Romania

The environmental impact of high performance spur and helical gears in industry

4 Stelian Cazan^{1*}, Spiridon Crețu², Viorel Goanță³, Igor Blănari⁴, Liviu Andrușcă⁵

^{1,2}Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Mechatronics and Robotics, Iași, Romania, The Academy of Romanian Scientists

8 ^{3,4,5}*Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Mechatronics*
9 *and Robotics, Iasi, Romania*

Data: 02.12.2024

Director de proiect:

S.l.dr.ing. Dragoş Ungureanu

Membru echipă de cercetare:

dr.ing. Stelian Cazan