

## PARTICULARITĂȚILE FABRICĂRII ROȚILOR DINȚATE ALE TRANSMISIILOR PRECESIONALE PRIN PRINTARE 3D

Alina BREGNOVA

Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, Școala Doctorală UTM,  
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Alina Bregnova, e-mail: [alina.bregnova@gmail.com](mailto:alina.bregnova@gmail.com)

**Rezumat.** Pentru elaborarea unei transmisii PPC cu roți din mase plastice, fiabilă în exploatare, este important de analizat și de respectat toate particularitățile constructiv-cinematice ale angrenajului, proprietățile fizico-mecanice și tehnologice ale materialelor și ale roților dințate respective. Adăugător, rezistența și durabilitatea funcționării angrenajului depinde mult de materialul utilizat la fabricarea aditivă. De aceea acest articol vine să contureze alegerea unui tip de material cu argumentări pro și contra, pentru un rezultat cât mai bun, o precizie înaltă și o îmbinare bună.

**Cuvinte cheie:** materiale polimerice, prototipare rapidă, nylon

### Introducere

Miniaturizarea sistemelor mecanice este un imperativ al timpului, este o necesitate stringentă în plan ingineresc, iar transmisiile precesionale sunt varianta excelentă pentru a face față cerințelor, având o serie de avantaje exclusive, acestea se evidențiază printre restul transmisiilor din întreaga gamă ce sunt astăzi pe piață.

Extinderea ariei de utilizare a TPPC de dimensiuni mici sau de micronanosisteme este limitată de posibilitățile tehnologiilor existente de fabricare a danturilor angrenajelor precesionale cu particularități specifice. Anume prin acest impediment tehnologic se explică starea actuală a elaborărilor și aplicațiilor TPPC, limitate doar la nivel de minireductoare.

În acest sens, TPPC se evidențiază printr-o serie de particularități:

- sistemele mici tind să se miște sau să se oprească mai rapid datorită inerției mecanice reduse;
- sistemele miniaturizate se caracterizează prin vibrații mecanice mai mici datorită maselor reduse și flexibilității elementelor;
- dispozitivele miniaturizate sunt, în particular, potrivite pentru aplicații aerospațiale și în biomedicină datorită masei și dimensiunilor mici,
- sistemele mici au stabilitate dimensională înaltă la acțiunea din exterior a temperaturilor înalte, datorită expansiunii termice joase;
- dimensiunile mici ale sistemelor înseamnă cerințe reduse de spațiu, fapt ce permite asamblarea mai multor componente funcționale într-un spațiu limitat;
- consumul redus de material asigură costuri mici de producție și transportare;
- este posibilă producerea în masă prin metode înalt productive și alte avantaje [1].

Ideea de a fabrica transmisiile precesionale prin tehnologiile aditive este la nivel de cercetare, și vine din considerentul fabricării rapide a pieselor pentru o producere în masă a acestora și minimizarea costurilor de fabricație, întru obținerea unor parametri de performanță a pieselor angrenate. Imprimarea 3D este un proces de formare a unui obiect solid tridimensional de orice formă, realizat printr-un proces aditiv, în cazul în care straturi succesive de material sunt stabilite în diferite forme. Imprimarea 3D este, de asemenea, distinctă de tehnicile de prelucrare tradiționale, care se bazează în principal pe eliminarea materialelor prin metode cum ar fi tăiere sau de foraj (procesele substructive). Imprimantele 3D permit inginerilor să producă într-un timp foarte scurt un prototip. În consecință prototipul poate fi testat și remodelat rapid [2].

### Alegerea materialului

Pentru printarea transmisiilor precesionale alegerea materialului este o etapă destul de importantă, și se va baza cu considerarea proprietăților privind flexibilitatea, termoconductibilitatea, rezistența mecanică, se va ține seama de sarcinile ce se transmit prin dantură, durata totală de funcționare a angrenajului, viteza și precizia acestuia și alți parametri importanți.

Totuși, alegerea materialului este o treaptă destul de complexă, și în primul rând e necesar de analizat polimerii rezistenți la uzură - un aspect important pentru mecanismele în mișcare. Piața de astăzi permite alegerea a mii de variante – materiale rezistente la uzură, iar cercetarea acestora m – a condus la alegerea materialelor compozite. Acestea prezintă soluția optimă, care tinde spre minimizarea uzurii și creșterea duratei de viață a pieselor. Datorită proprietăților tribologice, materialele compozite pot fi folosite pentru o gamă largă de domenii de aplicare în care un coeficient bun de frecare și o uzură foarte mică sunt importante.

Actualmente, ABS este unul dintre cel mai popular plastic în lumea imprimantelor 3D. Structura specială a acestui polimer îi permite să reziste la solicitări mecanice puternice, are o rezistență la șocuri și rigiditate înaltă, poate rezista la o sarcină de temperatură de 100° C, extrem de rezistent, are multe avantaje față de alte tipuri de materiale polimerice, și anume pentru că are o rezistență ridicată față de alcalii, grăsimi, benzină și alte mijloace agresive.

Cu toate că materialul ABS ia o poziție de lider în lista de materiale polimerice pentru producerea de diverse produse din material plastic, și mai ales în printarea roților dințate, el se consideră din era trecută, pentru că actualmente sunt deja multe tipuri de materiale compozite care oferă și mai multe caracteristici superioare. Producerea roților dințate de tip satelit nu e atât de simplă cum ar părea la prima vedere, transmisia cinematică este deosebită de cea clasică, de aceea materialul ABS din start nu poate oferi un rezultat așteptat, anume din cauza profilului roților dințate ale transmisiei precesionale, pe când materialul aditiv precum este nylonul ar putea fi o variantă forte în producerea acestor angrenaje.

Nylonul se aseamnă mult cu plasticul ABS, cu toate acestea, are o rezistență mai bună la temperatura ridicată a imprimării 3D, foarte puternic, durabil și rezistent în angrenare, flexibil, oferind o gamă largă de prototipare a pieselor, pe când roțile dințate din ABS sunt foarte rigide, de aceea se uzează mai rapid. Încă un avantaj a nylonului este proprietatea neobișnuită de a elibera ulei - lubrifiant, datorită componenței acestuia, astfel are loc ungerea angrenajului în timpul mișcării, o caracteristică forte pentru angrenaje [3].

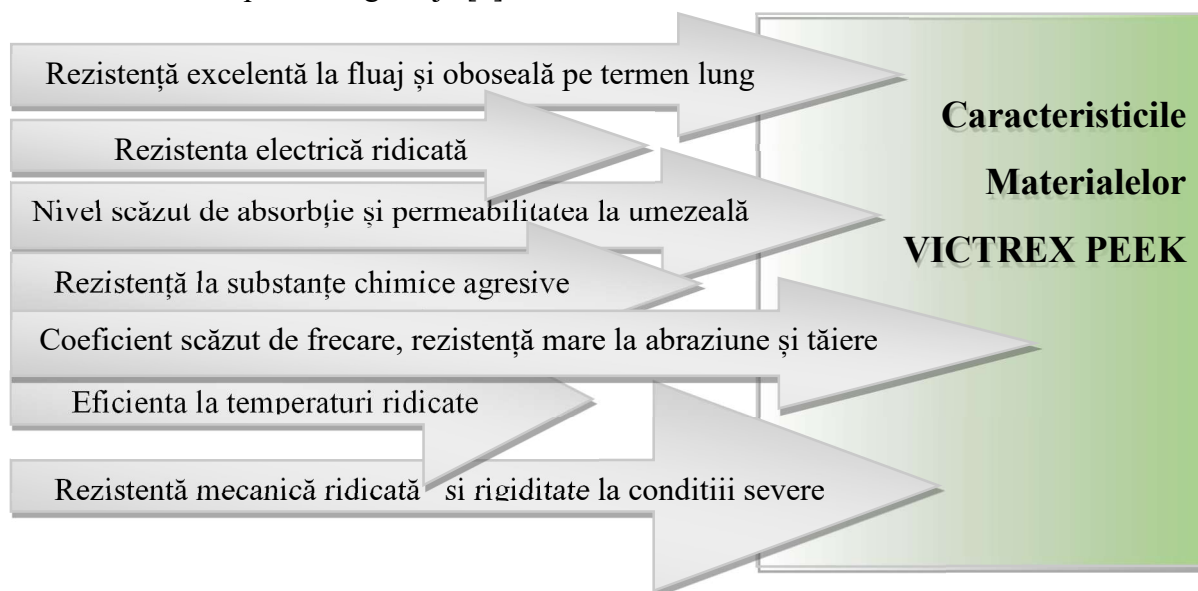


Figura 1. Avantajele materialului compozit VICTREX PEEK [4]

Ca și alte multe materiale compozite, VICTREX PEEK e un material inovațional, considerat una dintre cele mai performante termoplaste pentru inginerie din întreaga lume, pentru că prezintă o performanță excepțională pe o gamă largă de temperaturi și caracteristici impresionante [4]. Avantajele materialului compozit VICTREX PEEK au fost expuse în figura de prezentată în pagina anterioară.

În urma unei analize bazate pe parametrii mecanici, termofizici și electrici, am ajuns la concluzia că la momentul actual se pot propune 2 variante optime, materiale pentru printarea 3D a roților dințate precesionale și anume: VICTREX PEEK și Zytel parametrii constructivi ai cărora au fost indicați în tabelul de mai jos:

Tabelul 1

Prezentarea parametrilor materialelor compozite VICTREX PEEK și Zyte I [4]

	Caracteristici	Unități de măsură	Materialul		
			VICTREX PEEK 450CA30	Zytel HTN51G45HSL NC010	
Mecanice	Rezistență la rupere	MPa	265		240/230
	Pauză de alungire la tracțiune	%	1,7		2,4 – 2,1
	Modul de tracțiune	GPa	28		15
	Rezistență la flexiune	MPa	380		-
	Modul flexural	GPa	24		15
	Rezistență la compresiune 23 °	MPa	320		-
	Rezistența la impact Charpy crestată	kJ m <sup>2</sup>	7,0		90-75
	Forța de impact Izod	kJ m <sup>2</sup>	10,5		12-11
Termofizice	Temperatura de topire	C <sup>0</sup>	343 C <sup>0</sup>	ISO 11357	
	Temperatura de tranziție a sticlei (Tg)	C <sup>0</sup>	143 - 150	ISO 11357	135
	Coeficientul de dilatare termică	ppm K <sup>-1</sup>	5	ISO 11359	
	Temperatura de deformare	C <sup>0</sup>	336	ISO 75-f	265
	Indicele termic relativ	C <sup>0</sup>	240	UL 746B	
Electrice	Rezistivitatea materialului	Ω cm	10 <sup>5</sup>	ASTM D4496	>1E13/1E13
	Absorbția apei		-		3,6 %
	Absorbția umidității				1,2%

**Concluzii:**

- În prezent, pe plan mondial se dezvoltă o serie de materiale tehnologice inovatoare pentru fabricarea pieselor 3D complexe cu proprietăți fizico-mecanice necesare;
- Prototiparea rapidă accelerează enorm fabricarea roților dințate complexe, precum transmisiile precesionale, astfel înțelegerea obiectelor tridimensionale se face mai ușor, acest lucru conducând la economii de cost și timp;
- Multitudinea de materiale inovatoare, materiale compozite oferă parametri buni pentru realizarea roților dințate, dar care necesită îmbunătățiri.
- Actualmente, materialul Victrex PEEK reprezintă una dintre variantele optime, care arată parametri finali buni ai roților dințate pentru crearea ansamblului integru, dar nu e varianta perfectă, și desigur e important alegerea corectă a imprimantei pentru un rezultat final cât mai valoros.

**Referințe:**

1. BOSTAN I., DULGHERU V., Antologia Invențiilor, volum 4, *Transmisii planetare precesionale cinemaice*, Editua Chișinău, 2011, pag.62
2. [https://ro.wikipedia.org/wiki/Imprimare\\_3D](https://ro.wikipedia.org/wiki/Imprimare_3D)
3. Site oficial al companiei Polymery din Moscova [accesat la data 27.02.2022]. Disponibil: [http://polymery.ru/letter.php?n\\_id=5138&cat\\_id=3](http://polymery.ru/letter.php?n_id=5138&cat_id=3)
4. Site oficial al companiei Victrex [accesat la data de 10.11.2021]. Disponibil: <https://www.victrex.com/en/products/polymers/peek-polymers>