

ANALYSIS OF SECONDARY SHAFT GEARS FROM TLX GEARBOX FOLLOWING “HIGHWAY” TEST ON BIA/BIDC BENCH

BARBU Dragoș

Facultatea: IIR, Specializarea: CMP, Anul de studii:2019-2020, e-mail: dragos.barbu@daciagroup.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Alexandru MARIN**

ABSTRACT:

This is a highlight what gears are, their role in the industry, what pitting represents and what effects it has on the gears of a gearbox during operations, lubrication of the gears and the role of the oil in the gearbox. In order to highlight the pitting effect on the gears, a specific test will be performed on a dedicated bench to the gearbox testing, after which the obtained data will be processed, necessary to perform the gears analysis if it is necessary to improve any changes in material or treatments are expected, in order to bring qualitative improvements to the gearboxes or reduce costs.

Cuvinte cheie: pinioane, cutie de viteze, pitting, incercare analiza,

1. Introducere

Scopul unei încercări pe o cutie de viteze este să evidențieze ce reprezintă fenomenul de pitting și ce efecte are acesta asupra pinioanelor, ce transformări apar în timpul funcționării, lubrifierea și rolul uleiului în cutia de viteze.

Angrenajul este mecanismul format din două roți dințate, care transmite prin intermediul dinților aflați succesiv și continuu în contact (angrenare) mișcarea de rotație și momentul de torsiune între cei doi arbori [9].

Angrenajele au o largă utilizare în transmisiile mecanice, datorită avantajelor pe care le prezintă: raport de transmitere constant, siguranță în exploatare, durabilitate ridicată, randament ridicat, gabarit redus, posibilitatea utilizării pentru un domeniu larg de puteri, viteze și rapoarte de transmisie [9]. Cu toate acestea, defectarea dinților angrenajelor generată de nivelul vibrațiilor și zgomotul generate de frecare, sunt factorii care influențează eficiența transmisiei, în special în angrenajele de mare viteză, cu sarcină mare [9].

Tipurile de defecțiuni ale angrenajului care pot fi influențate de lubrifianții utilizați sunt fricțiunea, uzura la viteze mici și fenomenele de oboseală a suprafeței angrenajului cunoscute sub numele de micropitting și pitting. În procesul de proiectare a angrenajului, aceste daune ale angrenajului sunt luate în considerare prin utilizarea de lubrifianți aditivati [9].

La alegerea materialului trebuie să se țină seama de o serie de factori: sarcina care încarcă angrenajul, durata de funcționare impusă, caracteristicile mecanice ale materialelor, modul de obținere a semifabricatului, tehnologia de execuție, eficiența economică și condițiile de funcționare [9].

Principalele tipuri de angrenaje cu roți dințate pot fi observate în exemplul următor (figura 1) :

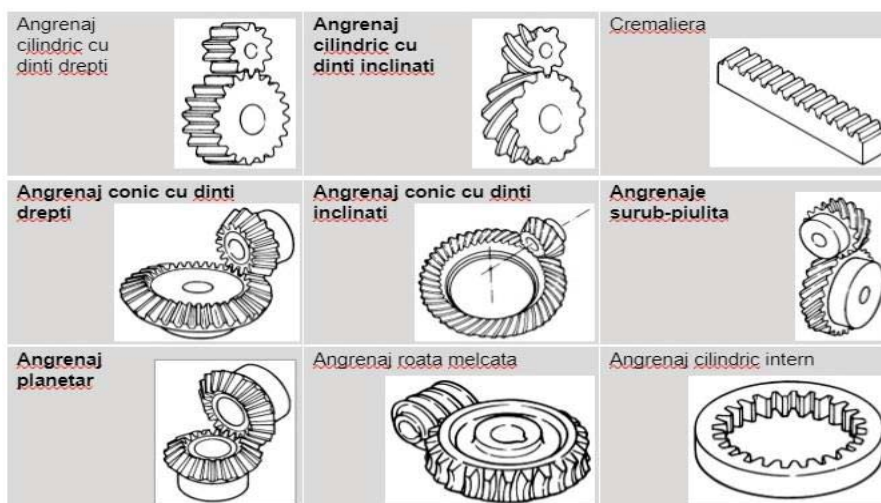


Fig. 1 – Tipuri de angrenaje cu roți dințate

Dintele unei roți dințate este definit prin capul dintelui și piciorul dintelui, cele două zone fiind despărțite de cilindrul de rostogolire. Astfel, capul dintelui este porțiunea de dinte dintre cilindrul de cap și cel de rostogolire, iar piciorul dintelui este porțiunea de dinte dintre cilindrul de rostogolire și cel de picior (figura 2). Suprafața laterală între vârful dintelui și fundul golului dintre doi dinți este cunoscută sub denumirea de flancul dintelui și este partea principală, funcțională, a unui dinte [9].

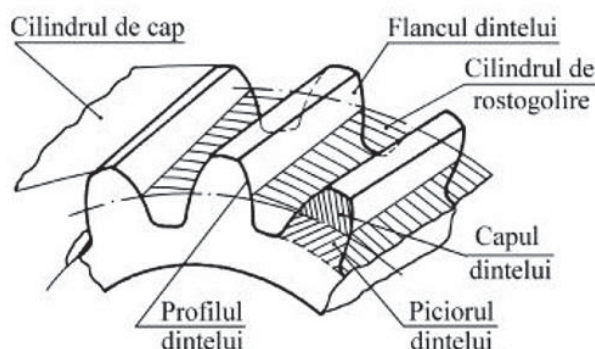


Fig. 2 – Descrierea elementelor dintelui pinionului unui angrenaj

Pittingul este acel fenomen de corodare, de oboseală a suprafeței dintelui unui pinion dintr-un angrenaj care poate să apară la scurt timp după începerea funcționării cutiei de viteze și care se regăsește pe întreaga lungime a dintelui unui pinion. Acest fenomen este cauzat de frecările ce au loc între dinții pinioanelor angrenajelor. Tendința actuală în construcția sistemelor de angrenaje, în ceea ce privește creșterea vitezei și a puterii, favorizează amplificarea deteriorării suprafețelor dinților angrenajului (ciupituri, exfolieri, mici fisuri). Aceste deteriorări la nivelul suprafețelor active ale dinților duc la creșterea nivelului de vibrații și zgomot în funcționarea transmisiei angrenajului. Nivelul de vibrații și zgomot trebuie redus, acest lucru putând fi făcut doar cunoscând cât mai în detaliu fenomenul de pitting și ce implică acesta în buna funcționare a angrenajelor.

Pittingul se datorează oboselii de contact a stratului superficial al flancurilor active ale dinților unui pinion, cu durități superficiale, determinat de tensiunile de contact variabile în timp. Primele semne de oboseală apar, de regulă, în zona cilindrului de rostogolire, sub forma unor microfisuri. Inițial, aceste microfisuri apar în sensul forțelor de frecare, care la roata conducătoare sunt dinspre cercul de rostogolire spre cercurile de picior și de cap, iar la roata condusă invers, datorită faptului că viteza relativă dintre cele

două flancuri își schimbă sensul în polul angrenării. Uleiul, care aderă la suprafața dintelui, este presat de flancul dintelui conjugat, în microfisurile existente. În zona fisurii apare o presiune hidrostatică, care favorizează dezvoltarea microfisurilor și despinderea de mici bucăți de material, rezultând pe suprafețele active ale dinților ciupituri. Ciupiturile se dezvoltă în timp, conducând la o funcționare necorespunzătoare a angrenajului. Evitarea scoaterii din uz prin pitting se face prin:

- a) realizarea unui calcul la solicitarea de contact a angrenajului;
- b) tratamente termice sau termochimice (călire superficială, fosfatere, cementare, nitrurare);
- c) deplasări pozitive de profil;
- d) micșorarea rugozității flancurilor dinților;
- e) utilizarea unor lubrifianți aditiviți [9].

2. Stadiul actual

Pentru a reduce costurile cu achiziționarea uleiului folosit la cutiile de viteze și pentru protejarea mai eficientă a mediului, se încearcă implementarea unui nou tip de ulei, pus la dispoziție de același furnizor, fiind mai puțin aditivat, dar mai prietenos cu mediul. Pentru acest lucru s-a luat decizia de a realiza un test de durabilitate specific, pentru a putea ști dacă noul ulei corespunde cerințelor de calitate ale producătorului cutiei de viteze și dacă acest nou tip de ulei amplifică sau reduce fenomenul de pitting pe suprafața danturii pinioanelor cutiei de viteze.

3. Realizarea testului “HIGHWAY” pe bancul BIA/BIDC

Pentru realizarea acestui test [8] este nevoie de un banc dedicat încercărilor cutiilor de viteze și de suportul de încercare, adică de o cutie de viteze manuală.

Bancul este compus din trei motoare electrice:

- a) un motor de intrare care antrenează arborele primar al cutiei de viteze;
- b) două motoare de ieșire cu rol de antrenare a transmisiilor care intră în cutia de viteze și care acționează ca niște frâne;
- c) un sistem de detectare a nivelului de zgomot și vibrații din interiorul cutiei de viteze;
- d) un sistem de reglare a temperaturii cutiei de viteze în timpul funcționării.

Un calculator pilotează bancul, acesta încărcând valorile cuplurilor, vitezele și rapoartele de care avem nevoie pentru desfășurarea încercării conform procedurii și a datelor care se regăsesc în cererea de încercare. A fost montată pe banc cutia de viteze cu următoarea definiție tehnică:

Tabelul 1

Etajare rapoarte	AP	AS
Raport a 1-a	11	41
Raport a 2-a	19	37
Raport a 3-a	28	39
Raport a 4-a	37	31
Raport a 5-a	46	30
Raport a 6-a	50	28
MARCHE ARRIERE	11	28
PONT	14	59

Luând în considerare datele din tabelul de mai sus și specificațiile încercării din cererea de încercare, este creat ciclul de rulaj al cutiei de viteze pe banc. Aceste specificații sunt următoarele:

- a) viteza arborelui primar în treapta a 6-a să fie de 3000 rot/min;
- b) cuplul maxim al arborelui primar de 200 Nm;
- c) temperatura uleiului în cutia de viteze de 110°C (+/- 5°C) reglată de sistemul de răcire;
- d) nivelul uleiului în cutia de viteze de 1,25 litri;

e) înregistrarea nivelului vibratoriu al cutiei cu sistemul SKF.

Se realizează încercarea în condiții optime și fără scurgeri de ulei din cutia de viteze, care ar fi putut pune în pericol atât cutia de viteze prin posibila deteriorare a acesteia, cât și buna desfășurare a încercării. La finalul încercării sunt procesate rezultatele acesteia. În figura 3 este prezentată înregistrarea nivelului de vibrații pe timpul acestei încercări.

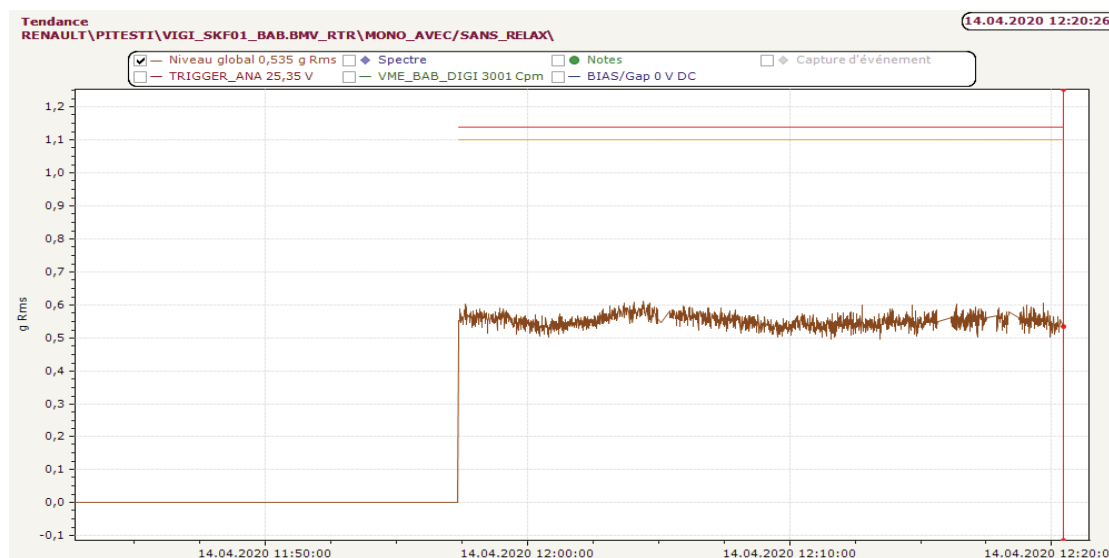


Fig. 3 – Nivelul vibrațiilor cutiei de viteze

4. Analiza pinioanelor cutiei de viteze și rezultatul final

După terminarea încercării, cutia este demontată pentru a se analiza pinioanele cutiei de viteze. Se va analiza gradul de uzură al acestora în funcție de o grilă de cotare. Suprafețele danturii afectate pe fiecare pinion sunt măsurate și fotografiate. Pentru exemplificare, se poate observa în imaginea următoare gradul de afectare a danturii pinionului vitezei a 3-a :



Fig. 4 – Zona de uzură de pe flancul dintelui

Analiza este realizată în baza criteriilor de cotare din figura 5 :

	Ecaillage en mm ²	Pitting en largeur en mm			Ecaillage	Pitting
0	0	0	RAS, non visible à l'oeil nu	0		
0,4	inf ou = 1	Inf ou egal a 1	Très fine ligne de pitting ou petit point d'écaillage visible.	0,4		
1,3	1< X <3	1< X <2	Idem précédent, mais plus accentué.	1,3		
4	3< X <7	>2	Pavé d'écaillage de qq. mm ² (4mm ²) ou large zone de pitting fin	4		
12	7< X <16	Non Côté	Ecaillage développé affectant 1/4 de la denture	12		
36	16< X <36	Non Côté	Ecaillage développé affectant 1/2 de la denture	36		
108	< X <	Non Côté	Ecaillage développé affectant toute la denture avec ébrèchement au sommet	108		

Fig. 5 – Criteriile de cotare

Avand toate masuratorile, putem realiza grila de cotare, pentru a putea afla rezultatul final al testului si analizei efectuate, gril ape care o putem observa in imaginile urmatoare:

Cotation Ecaillage/Pitting					Cotation		
N° Dent	Ecaillage		Pitting		Cotation	Ecaillage en mm ²	NB Dents
	surface ca mm ²	Cotation	Largeur ca mm	Cotation			
1	0.37	0.4	0.44	0.4	0	0	5
2	0.12	0.4	0.48	0.4	0.4	X < ou = 1	29
3	1.01	1.3	0.63	0.4	1.3	1 < X < ou = 3	4
4	0.94	0.4	0.56	0.4	4	3 < X < ou = 7	0
5	0.1	0.4	0.44	0.4	12	7 < X < ou = 16	1
6	0.45	0.4	0.48	0.4	36	16 < X < 36	0
7	0.49	0.4	0.49	0.4	108	X > ou = 36	0
8	0	0	0.4	0.4			39
9	0.72	0.4	0.41	0.4			
10	0.42	0.4	0.48	0.4			
11	0.38	0.4	0.52	0.4			
12	0.16	0.4	0.23	0.4			
13	0.13	0.4	0.35	0.4			
14	0.3	0.4	0.4	0.4			
15	0.07	0.4	0.38	0.4			
16	0.82	0.4	0.5	0.4			
17	0	0	0.35	0.4			
18	0.47	0.4	0.39	0.4			
19		0	0.31	0.4			
20	0.07	0.4	0.44	0.4			
21	0.44	0.4	0.33	0.4			
22	0.4	0.4	0.48	0.4			
23	0.29	0.4	0.46	0.4			
24	0.69	0.4	0.46	0.4			
25	0	0	0.44	0.4			
26	0.31	0.4	0.31	0.4			
27	0.62	0.4	0.46	0.4			
28	0.9	0.4	0.42	0.4			
29	0.68	0.4	0.54	0.4			
30	0.14	0.4	0.48	0.4			
31	0.7	0.4	0.77	0.4			
32	1.94	1.3	0.32	0.4			
33	10.44	12	0	0			
34	0	0	0.77	0.4			
35	1.01	1.3	0.85	0.4			
36	1.02	1.3	0.69	0.4			
37	0.19	0.4	0.77	0.4			
38	0.81	0.4	0.73	0.4			
39	0.39	0.4	0.23	0.4			
TOTAL	27.99	28.8	59.38	18.8			
Résultat:	NOK	47.6					

Cotation	Pitting en mm	NB Dents
0	0	1
0.4	X < ou = 1	37
1.3	1 < X < 2	0
4	X > 2	1

Gearbox	TL4 090
Part :	PFou 3ème
Couple 3ème :	28x39
Engine torque:	132 Nm
Engine speed :	2705 tr/min
Oil :	TOTAL FE3
Objective :	36,4h
Temp d'essai:	260h

Fig. 6 – Valorile cotării pinionului vitezei a 3-a

Rezultatele încercării sunt transmise printr-un raport de încercare Biroului de Studii pentru interpretarea datelor și luarea unei decizii .

5. Concluzii

Rezultatul testului realizat pe banc și analiza pinioanelor cutiei de viteze testate au scos în evidență o uzură suplimentară a suprafeței pinioanelor prin folosirea unui nou tip de ulei. Rezultatele acestui test au fost trimise către Biroul de studii, serviciul acreditat să valideze (sau să invalideze în cazul acestui test) tot ceea ce reprezintă modificări aduse cutiilor de viteze, a uleiurilor folosite, a materialelor din care sunt realizate pinioanele. Totuși, testul realizat pe bancul B IDC a redus timpul de testare la câteva zile, în condițiile în care, în timp real, pe vehicul, aceste teste pot dura mult mai mult. Realizate în mod periodic, aceste teste duc la menținerea calității produselor finite, având o mai bună vizibilitate asupra eventualelor derivate de calitate.

6. Bibliografie

- [1]. BABU, T. JOHN 1, M. KHAJA GULAM HUSSAIN 2 – An experimental investigation of gear pitting surface fatigue failure, 2017
- [2]. CHANGJIANG ZHOU 1, BO HU 2, XUANLY QIAN 3, XU HAN 4 - A novel prediction method for gear friction coefficients based on a computation inverse technique, 2018
- [3]. KORKA ZOLTAN IOSIF 1, BARA AUREL 2, CLAVAC BOGDAN 3, FILIP LIDIA 4 – Gear pitting assessment using vibration signal analysis, 2017
- [4]. KRANTZ TIMOTHY 1, TUFTS BRIAN 2 - Pitting and bending fatigue evaluation of a new case-carburized gear steel, GEARTECHNOLOGY, 2008
- [5]. Xi-HUI LIANG 1, ZHI-LIANG LIU 2, JUN PAN 3, MING JIAN ZUO 4 - Spur gear tooth pitting propagation assessment using model-based analysis, 2017
- [6]. XUEYI 1, LI JIALIN 2, HE DAVID 3, QU YONGZHI 4 - Gear pitting fault diagnosing using row acoustic emission signal based on deep learning, 2019
- [7]. REMIGIUSZ MIHALCEVSKI 1, MAERK KALBARCZYK 2 - The Effect of a Gear Oil on Abrasion, scuffing, and pitting of the DLC- coated 18 CrNiMo 7-6 steel, 2018
- [8]. PROCEDURI INTERNE RENAULT, BMIR
- [9]. webbut.unitbv.ro – Angrenaje, paginile 9, 10, 11, 14

8. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

BIA = numele producătorului de echipamente

B IDC = Banc de Investigare Danturi și Cartere

Ecalliage = exfoliere