

EVALUAREA ABATERII DE LA FORMA CIRCULARĂ A UNOR PIESE DE TIP DISC

Andreea Mădălina PANĂ^{1*}, Mihai ȚURCAN², Adelina HRITUC²

¹Departamentul de Mașini-Unelte, grupa 4407, Facultatea de Construcții de Mașini și Management Industrial, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, România

²Departamentul de Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Facultatea de Construcții de Mașini și Management Industrial, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, România

*Autor corespondent: Andreea Mădălina Pană, e-mail: andreea-madalina.pana@student.tuiasi.ro

Coordonatori științifici: Mara RĂDULESCU, dr. ing. și Laurențiu SLĂTINEANU, dr. ing., Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași

Rezumat. Abaterea de la forma circulară a corpurilor de revoluție reprezintă un subiect de interes pentru practica industrială, deoarece calitatea pieselor ce încorporează suprafețe de revoluție este determinată de respectarea limitelor de toleranțe impuse acestora. În același timp, precizia de fabricare a corpurilor sferice poate afecta în măsură semnificativă îndeplinirea cerințelor de funcționare a lor. A fost utilizată metoda proiectării axiomatice în vederea unei cercetări cu caracter sistematic a posibilităților de evaluare a mărimii abaterii de la forma circulară din cazul corpurilor cu suprafețe de revoluție. Ca urmare a cercetării efectuate, a fost identificată o soluție de dispozitiv atașabil suportului portcutit al strungului, utilizabil pentru evaluarea abaterii de la forma circulară a suprafeței cilindrice a unei piese de tip disc.

Cuvinte cheie: abatere de la forma circulară, proiectare axiomatică, cerințe funcționale, parametri de proiectare, dispozitiv adaptabil pe un strung.

Introducere

Prin *abatere de formă* se înțelege o abatere a formei suprafeței efective (a profilului efectiv) de la forma nominală a suprafeței (a profilului nominal). Abaterea de formă se determină ca distanța dintre suprafața efectivă (profilul efectiv) și suprafața adiacentă (profilul adiacent), în limitele suprafeței (lungimii) de referință. Una dintre categoriile diferite de abateri de formă o constituie *abaterea de la circularitate*, aceasta fiind determinată ca distanța maximă dintre cercul adiacent și profilul (cercul) real (efectiv), distanță măsurată într-o secțiune transversală a suprafeței cilindrice [1].

Abateri de la forma circulară pot fi întâlnite în cazul suprafețelor fusurilor unor arbori sau al suprafețelor cilindrice ale arborilor pe care se montează alte piese, cu formarea unor ajustaje cu joc, cu strângere sau intermediare. Pot să existe prescripții privind abaterile de la circularitate și în cazul unor alezaje, așa cum sunt, de exemplu, cele corespunzătoare cămășilor de cilindri din cazul motoarelor cu ardere internă, al bușelor lagăr etc.

Cele mai cunoscute abateri de la circularitate sunt *ovalitatea* și *poligonalitatea*. Cunoașterea modurilor în care este posibilă apariția abaterilor de la forma circulară, a posibilităților de evaluare a acestor abateri și de prevenire a situațiilor în care abaterile de la circularitate sunt mai mari decât cele admise, este importantă pentru asigurarea unei calități ridicate a pieselor în cazul cărora există o anumită probabilitate de apariție a acestor categorii de abateri.

În conformitate cu normele în vigoare (SR ISO 4291; 4292), metodele de atelier de măsurare a abaterii la circularitate se pot clasifica în două categorii:

- metode la care contactul cu suprafața piesei se face în două sau trei puncte;
- metode bazate pe măsurarea variațiilor razei.

În literatura de specialitate există informații privind modalitățile de evaluare a abaterii de la circularitate, dar în mai mică măsură asemenea informații se referă la factorii care ar putea exercita influență asupra valorilor măsurate ale respectivei abateri. Astfel, Zhao și Li au dezvoltat un algoritm care să permită determinarea operativă a mărimii diametrului minim al cercului corespunzător profilului analizat [2]. Cao et al. au apreciat că studiul factorilor care generează abateri de la circularitate poate oferi informații utile pentru îmbunătățirea calității produselor [3]. Ei au propus folosirea unei metode statistice pentru a evalua abaterile de la circularitate. Otrusinová et al. au utilizat și au comparat rezultatele utilizării unei metode de contact și respectiv a unor dispozitive optice pentru măsurarea abaterilor de la circularitate [4].

În prezenta lucrare, vor fi expuse, în continuare, în mod succint, unele informații privind principiile de utilizare a proiectării axiomatice. Ulterior, asemenea principii vor fi utilizate pentru conturarea unei soluții de dispozitiv utilizabil pentru evidențierea influenței pe care unii factori din procesul de măsurare ar putea-o exercita asupra valorilor măsurate ale abaterii de la circularitate.

Considerații privind proiectarea axiomatice

Proiectarea axiomatice reprezintă o metodologie de proiectare a produselor, cu un caracter mai pronunțat sistematic și care asigură condiții pentru o manifestare mai deplină a creativității, datorită identificării și eliminării timpurii a soluțiilor ineficiente .

Principiile proiectării axiomatice au fost elaborate de către omul de știință sud-coreean Nam Pyo Suh (n. 1936), în perioada în care acesta era profesor la Massachusetts Institute of Technology din Boston (Statele Unite ale Americii). Cele dintâi considerații referitoare la posibilitățile de existență a unei metodologii de proiectare axiomatice aveau să fie publicate în anul 1978, ele referindu-se la abordarea axiomatice a problemelor de fabricație și respectiv a sistemelor de fabricație [5, 6].

În conformitate cu principiile proiectării axiomatice, cele două axiome care stau la baza proiectării axiomatice sunt:

- *Axioma independenței*, conform căreia funcțiile echipamentului sau procesului de proiectat trebuie să fie independente;
- *Axioma informațiilor*, aceasta precizând că volumul de informații necesare pentru dezvoltarea activității de proiectare trebuie să fie minim.

Etapile proiectării axiomatice sunt:

1. Stabilirea temei de proiectare;
2. Definirea necesității clientului
3. Determinarea cerințelor funcționale;
4. Ierarhizarea cerințelor funcționale;
5. Determinarea parametrilor de proiectare;
6. Cartografierea informației;
7. Stabilirea variabilelor de proces.

În prezent, evaluarea cantitativă a calității pieselor circulare sau cilindrice devine din ce în ce mai importantă pentru sectoarele relevante de producție industrială.

Deși există deja algoritmi sau metode de evaluare a abaterii de la circularitate, atunci când se pune problema unei astfel de evaluări, identificarea unei anumite metode de evaluare are loc în mod holistic. În multe scenarii de desfășurare a proceselor industriale, evaluarea detaliată a abaterii de la circularitate a suprafețelor de revoluție este adesea mai eficientă decât o evaluare globală.

Prin efectuarea unei evaluări detaliate a abaterii de la circularitate a suprafețelor de revoluție, pot fi identificate informații importante referitoare atât la abaterea propriu-zisă, cât și la modul în care o anumită suprafață a fost generată.

Utilizarea unor principii din proiectarea axiomatică pentru conceperea unui dispozitiv care să permită evidențierea influenței exercitate de către diferiți factori asupra rezultatelor măsurătorilor privind abaterea de la circularitate

Pentru conceperea unui dispozitiv care să permită evidențierea influenței exercitate de către diferiți factori asupra rezultatelor măsurătorilor privind abaterea de la circularitate, s-a apelat la unele principii specifice proiectării axiomatice.

S-a plecat, în acest sens, de la o schemă de prelucrare ce presupunea rotirea piesei ce includea o suprafață de revoluție, profilul suprafeței de revoluție fiind urmărit de palpatorul unui comparator cu cadran (fig. 1). În asemenea condiții, informațiile oferite de către acul indicator al comparatorului cu cadran permit o evaluare a abaterii de la circularitate a profilului suprafeței, într-o secțiune perpendiculară pe respectiva suprafață.

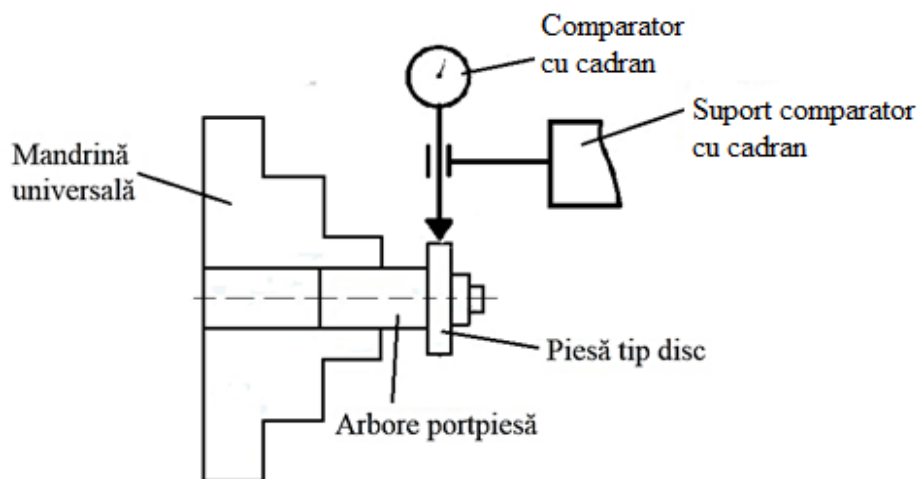


Figura 1. Schema de măsurare

În concordanță cu principiile de aplicare a proiectării axiomatice, este necesară evidențierea necesităților clientului.

Se va considera că acest client este un student care trebuie să dezvolte o temă de cercetare privind factorii capabili să afecteze valorile măsurate ale abaterii de la circularitate. Necesitățile clientului (în limba engleză, *client needs*, *CN*) ar putea lua forma: „Să se conceapă un echipament relativ simplu, destinat evidențierii măsurii în care diferiți factori ar putea exercita influență asupra rezultatelor unor măsurări direcționate spre evaluarea abaterii de la circularitate a unei piese de tip disc; echipamentul ar putea fi utilizat în cadrul unui atelier corespunzător unei întreprinderi mici”.

O analiză a factorilor a căror variație ar putea conduce la afectarea valorilor măsurărilor abaterilor de la forma circulară a profilului suprafeței de revoluție a unei piese de tip disc, cu axă orizontală și prin folosirea unui comparator cu cadran, a condus la constatarea că asemenea factori ar putea fi:

- a) o poziționare greșită a comparatorului cu cadran, astfel încât axa palpatorului comparatorului cu cadran să se afle deasupra sau dedesubtul planului orizontal al axei suprafeței de revoluție;
- b) o înclinare a axei palpatorului comparatorului cu cadran în plan vertical;
- c) jocul dintre alezajul piesei de tip disc și suprafața arborelui folosită pentru orientarea piesei de tip disc.

Prin examinarea necesităților clientului, se poate trece la formularea așa-numitei cerințe funcționale (în limba engleză, *functional requirement*, *FR*) de ordinul zero:

FR0: Concepeți un echipament/dispozitiv capabil să ofere informații privind influența diferiților factori capabili să exercite influență asupra rezultatelor unor măsurări ale abaterii de la forma circulară, pentru evidențierea abaterii de la circularitate.

Atunci când se intenționează conceperea unor produse relativ simple, este suficientă luarea în considerare a cerinței funcționale de nivel zero, însă nivelul de complexitate a problemei abordate pare să impună analiza cerințelor și de pe niveluri superioare. Astfel, s-au stabilit cerințe funcționale corespunzătoare celui dintâi nivel:

FR1: Asigurați fixarea dispozitivului pe o mașină-unealtă dintr-un atelier mecanic din categoria întreprinderilor mici;

FR2: Asigurați deplasarea axei palpatorului comparatorului în lungul unei axe verticale;

FR3: Asigurați înclinarea axei palpatorului comparatorului;

FR4: Asigurați indicarea abaterii la circularitate a profilului suprafeței de revoluție a piesei de tip disc

FR5: Asigurați orientarea și fixarea într-o anumită poziție a suportului comparatorului,;

FR6: Asigurați deplasarea și fixarea saniei de deplasare a comparatorului în lungul unei direcții verticale;

FR7: Asigurați posibilitatea de modificare a jocului dintre alezajul piesei de tip disc și arborele pe care piesa de tip disc este orientată și fixată.

Odată ce au fost elaborate cerințele funcționale ale dispozitivului, următoarea etapă este reprezentată de îndeplinirea acestor cerințe prin stabilirea parametrilor de proiectare, fiecărei cerințe funcționale i se atribuie un parametru de proiectare astfel:

DP1: Suport portcuțit al unui strung universal;

DP2: Îmbinare de tip coadă de rândunică;

DP3: Îmbinare de tip articulație cilindrică, cu posibilități de rotire și fixare a componentei rotite;

DP4: Comparator cu cadran;

DP5: Suport magnetic de susținere a comparatorului;

DP6: Mecanism cu șurub;

DP7: Arbore portpiesă de tip disc sau piesă de tip disc, cu valori diferite ale jocului dintre alezajul piesei de tip disc și suprafața cilindrică de orientare a arborelui.

Pentru fiecare dintre cerințele funcționale de ordinul întâi, analiza poate continua prin luarea în considerare a cerințelor funcționale de ordinul al doilea. Doar cu caracter orientativ și numai pentru cerința funcțională *FR2*, asemenea cerințe funcționale de ordinul al doilea ar putea fi:

FR2.1: Asigurați deplasarea subansamblului portcomparator în lungul unei direcții verticale;

FR2.2: Asigurați ghidarea deplasării subansamblului portcomparator.

FR2.3: Asigurați existența unui joc precis între subansamblul deplasabil portcomparator și subansamblul fix; .

Pentru a valorifica eficient parametrii de proiectare se elaborează tabelul ce cuprinde cerințele funcționale *FR* și parametrii de proiectare *DP*.

DP2.1: Sanie ce va susține, între altele, subansamblul portcomparator;

DP2.2: Ghidaj

DP2.3: Pană, șuruburi și piulițe de reglare a jocului dintre ghidaj și sanie.

Aspectele menționate anterior și existența unor corelații între ele au fost evidențiate prin conținutul tabelului 1.

Tabelul 1

Matrice care include cerințelor funcționale și parametrii de proiectare din cazul unui dispozitiv pentru evidențierea influenței pe care unii factori din procesul de măsurare ar putea-o exercita asupra valorilor măsurate ale abaterii de la circularitate

	DP1: Suport portcutit al unui strung	DP2: Îmbinare de tip coadă de rândunică	DP3: Îmbinare de tip articulație cilindrică	DP4: Comparator cu cadran	DP5: Suport magnetic	DP6: Mecanism cu șurub	DP7: Piesă de tip disc cu valori diferite ale jocului
FR1: Fixare pe mașina-unealtă	X						
FR2: Deplasarea verticală a palpatorului	X	X	X	X	X	X	
FR3: Înclinarea axei palpatorului	X		X	X	X	X	
FR4: Indicarea abaterii	X			X	X	X	
FR5: Fixare comparator	X	X	X	X	X	X	
FR6: Deplasarea si fixarea saniei	X					X	
FR7: Modificarea jocului		X	X	X	X	X	X

În cazul cerințelor funcționale și al parametrilor de proiectare de ordinul al doilea, corelația dintre aceștia poate fi evidențiată prin intermediul unei relații matriceale de forma celei prezentate în continuare.

FR2.1: Deplasare în lungul unei direcții verticale		DP2.1: Sanie	1	1	1	
FR2.2: Ghidarea deplasării	=	DP2.2: Ghidaj	1	1	0	(1)
FR2.3: Asigurați jocul precis		DP2.3: Pană etc.	0	0	1	

Analiza informațiilor din tabelul 1 și respectiv a celor corespunzătoare relației matriceale (1) arată că, în conformitate cu principiile proiectării axiomatice, avem de-a face cu o *proiectare cuplată* (nu este respectat enunțul corespunzător primei axiome), ceea ce ar implica efectuarea unor cercetări suplimentare, de îmbunătățire a soluției constructive a dispozitivului.

Prin luarea în considerare a rezultatelor obținute până în prezent, în ceea ce privește conceperea unui dispozitiv care să permită evidențierea influenței exercitate de către unii factori de intrare în procesul de măsurare a abaterii de la circularitate, a fost conceput dispozitivul reprezentat schematic în figura 2.

Se poate observa că în suportul portcutit a fost fixat un ghidaj, prin intermediul unei piese prismatice care se introduce în suportul portcutit, în locul cuțitelor obișnuite de strung. În ghidaj, în lungul unei direcții verticale, se poate deplasa o sanie, prin acționarea unui șurub, cu ajutorul unei

chei cu secțiune hexagonală. Pe sanie, prin intermediul unei articulații cilindrice, poate fi rotită și imobilizată cu șuruburi, într-o anumită poziție, o piesă de tip disc. Un suport magnetic poate fi atașat piesei de tip disc.

Comparatorul cu cadran poate fi atașat suportului magnetic prin intermediul unui subsistem de bare existente, în mod obișnuit, în componența suportului magnetic.

O piesă de tip disc, în cazul căreia se urmărește evaluarea mărimii abaterii de la circularitate, poate fi montată pe treapta cilindrică a unui arbore ce se va fixa în mandrina universală a strungului.

Valori diferite al jocului dintre alezajul piesei de tip disc și arbore ar putea fi luate în considerare la determinarea influenței exercitate de către jocul dintre piesa de tip disc și arbore asupra valorilor rezultatelor măsurării abaterii de la forma circulară.

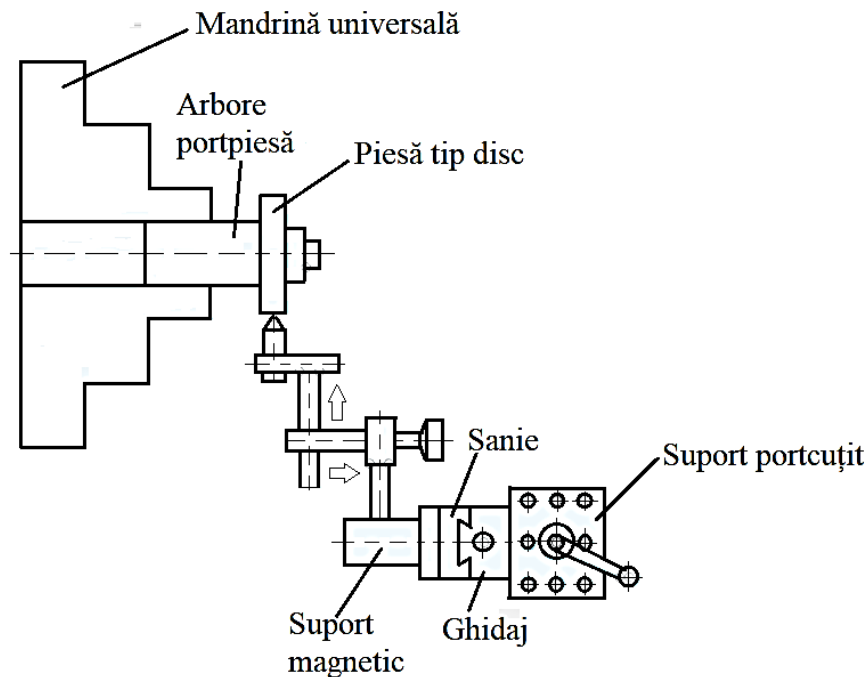


Figura 2. Dispozitiv de măsurarea a abaterilor de la circularitate

Concluzii

Evaluarea unor abateri de la forma prescrisă a pieselor utilizate în construcția de mașini constituie o problemă careia trebuie să i se găsească soluții practice, dar pentru care există aspecte interesante mai puțin investigate până în prezent. Cercetarea referitoare la abaterile de la forma circulară a avut ca și scop obținerea unui dispozitiv care să permită evidențierea influenței exercitate de către diferiți factori asupra rezultatelor măsurării abaterii de la circularitate a unei piese de tip disc cu un alezaj central. Au fost utilizate, în acest sens, principiile din proiectarea axiomatice. A fost conceput un dispozitiv care să conducă la îndeplinirea obiectivului asumat. Aplicarea principiilor din proiectarea axiomatice a condus la constatarea că soluția identificată deocamdată poate fi îmbunătățită. Cercetarea ar putea fi continuată prin identificarea unei soluții îmbunătățite, prin materializarea și experimentarea dispozitivului.

Referințe

1. CIOATĂ, F., MUNTEANU, A. Toleranțe și control dimensional. Suport de curs [online]. 2016 [accesat 12.03.2023]. Disponibil: <https://www.cmmi.tuiasi.ro/docs/cursuri/TCD-Curs.pdf>

2. ZHAO, S.Z., LI, X.M. Evaluation of roundness error based on the position of the centers. In: *Applied Mechanics and Materials*, 2013, 470, pp. 420-424. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.470.420
3. CAO, Z, WU, Y., HAN, J. Roundness deviation evaluation method based on statistical analysis of local least square circles. In: *Measurement Science and Technology*, 2017, 28 (10), pp. 1-20. DOI:[10.2478/teen-2013-0006](https://doi.org/10.2478/teen-2013-0006)
4. OTRUSINOVÁ, L., ČEPOVÁ, L., PETŘKOVSKÁ, L. Measurement of deviation of roundness. In: *Technological Engineering*, 10 (1), pp. 19-22. DOI: 10.2478/teen-2013-0006
5. THOMPSON, M.K. Introduction to axiomatic design theory. Tutorials of the eight international conference on axiomatic design. In: *ICAD 2014*, Campus de Caparica, Portugal, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, September 24-26, 2014.
6. SLĂTINEANU, L. *Bazele cercetării științifice* [Fundamentals of scientific research]. Iași: PIM, 2019.