
Dr. ing. Cristina-Ileana PASCU
Dr. ing. Alexandru STANIMIR

TOLERANȚE DIMENSIONALE ȘI GEOMETRICE

EDITURA UNIVERSITARIA CRAIOVA
2009

Referenți științifici:

Prof.univ.dr.ing. ION DAVID

Universitatea Politehnică Timișoara

Prof.univ. dr.ing. IOAN VIDA-SIMITI

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Contribuția autorilor:

Ileana Pascu cap.1.2, cap.2, cap.3, cap.5.1, 5.4.

Alexandru Stanimir cap.1.1, cap.4, cap.5.2, 5.3.

Tehnoredactare și verificare:

dr.ing. Pascu Cristina-Ileana

dr.ing. Stanimir Alexandru

Copyright © 2009 Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

PASCU, CRISTINA ILEANA

Toleranțe dimensionale și geometrice / Cristina-Ileana

Pascu, Alexandru Stanimir. - Craiova : Universitaria, 2009

Bibliogr.

ISBN 978-606-510-768-7

I. Stanimir, Alexandru

PREFAȚĂ

Stabilirea corectă a toleranțelor mărimilor geometrice și cunoașterea teoriei lanțurilor de dimensiuni, constituie o premiză fundamentală a asigurării preciziei în construcția de mașini, începând cu proiectarea și terminând cu tehnologia.

În cadrul lucrării sunt tratate problemele de bază ale interschimbabilității, noțiunile de bază ale preciziei dimensiunilor precum și precizia formei geometrice și a poziției reciproce a axelor și suprafețelor, ale rugozității suprafețelor prelucrate, punând accent pe regulile de înscriere pe desenele tehnice a toleranțelor de formă și precizie.

Analiza lanțurilor de dimensiuni reprezintă un mijloc de rezolvare rațională a problemelor datorate funcționării în ansamblu a mașinilor, stabilirea condițiilor de precizie, cu alegerea corectă a toleranțelor fiabilizate necesare bunei funcționări a mașinilor.

Fără a epuiza problemele tratate, lucrarea sintetizează cele mai importante aspecte legate de toleranțe și ajustaje, fiind elaborată în urma consultării unei bogate bibliografii de specialitate, a standardelor în vigoare, fără a se substitui acestora, și a recomandărilor forurilor europene specializate în acest domeniu.

În egală măsură, lucrarea poate fi privită ca un îndrumar practic pentru interpretarea corectă a indicațiilor de pe desenele de execuție și stabilirea procedeeleor de prelucrare și a condițiilor în care acestea trebuie executate, în vederea asigurării conformității produselor.

Prin tematica abordată, lucrarea se adresează în primul rând studenților din învățământul superior tehnic, de la facultățile cu profil mecanic, dar poate fi utilă și specialiștilor din domeniul mecanic, care au ca obiect de activitate construcția de mașini, precum și profesorilor de specialitate din învățământul preuniversitar.

Prin reacțiile celor care vor studia prezenta lucrare, vom constata dacă, și în ce măsură, aceasta corespunde exigențelor acestora.

Autorii sunt convingeți că există loc pentru mai bine și că pot exista unele deficiențe în abordarea tematicii prezentate, fapt pentru care cred că lucrarea poate fi perfecționată și mulțumesc anticipat tuturor acelor care prin observații pertinente vor contribui la îmbunătățirea calității ulterioare a acesteia.

Mulțumim totodată aprecierilor formulate de domnii prof.dr.ing. Ion David și prof.dr.ing. Ioan Vida-Simiti, referenții științifici ai acestei lucrări.

Autorii
Craiova, 05 noiembrie 2009

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

1.1 IMPORTANȚA TOLERANȚELOR DIMENSIONALE ȘI GEOMETRICE PENTRU ASIGURAREA CALITĂȚII PRODUSELOR

O cerință esențială a dezvoltării economice contemporane o constituie realizarea unui înalt nivel calitativ al produselor. În general, calitatea unui produs este determinată de suma acelor proprietăți ale produsului care reflectă măsura în care acesta poate satisface nevoile societății și depinde de calitatea proiectării și cea a execuției. În figura 1.1 este prezentat triunghiul calității care exprimă legătura dintre calitatea concepției, calitatea execuției și calitatea produsului.

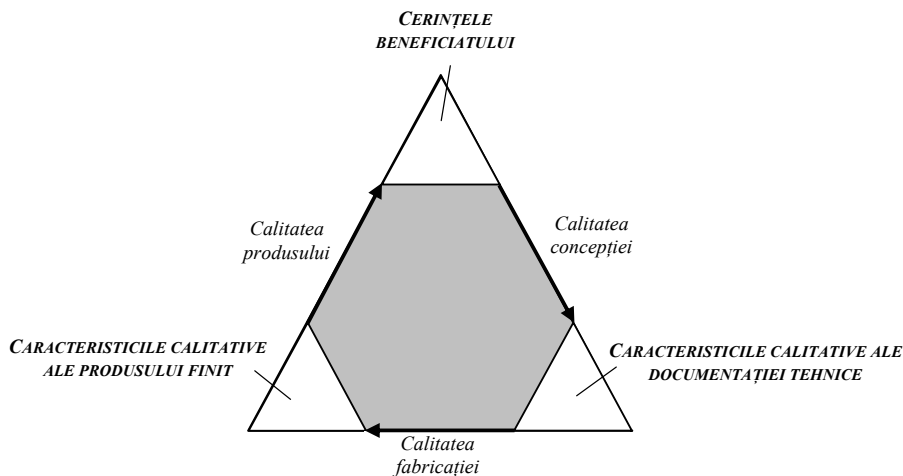


Fig. 1.1

Pentru a realiza un produs de o anumită calitate, se fac anumite cheltuieli. Costul global reprezintă suma dintre costul de achiziție și costul de exploatare și întreținere în bună stare de funcționare pe toată perioada de utilizare a produsului. Între nivelul calitativ minim și cel maxim, corespunzător produsului perfect, se poate determina un nivel calitativ optim, caracterizat printr-o calitate corespunzătoare cerințelor, realizată cu costuri minime.

Din punct de vedere tehnologic, calitatea produselor în construcția de mașini se poate aprecia prin luarea în considerare a cinci parametri principali și anume: precizia de prelucrare, calitatea suprafețelor prelucrate, economicitatea fabricației, durabilitatea și fiabilitatea produselor [21, 33, 34, 56, 84].

Corespunzător rolului funcțional al diferitelor piese, pe desenele de execuție ale acestora, sunt prevăzute anumite *condiții tehnice*, care fac referire la: dimensiuni și toleranțe dimensionale, condiții și toleranțe de formă geometrică, condiții și toleranțe de poziție reciprocă a suprafețelor, condiții privind rugozitatea suprafețelor prelucrate etc. La unele piese, pentru asigurarea rolului funcțional, se prevăd condiții tehnice suplimentare referitoare la duritate, rezistență mecanică, structura stratului superficial și a materialului de bază etc. Respectarea condițiilor tehnice este de mare însemnătate pentru asigurarea bunei funcționări și a interschimbabilității pieselor.

În cadrul acestei lucrări piesele vor fi privite ca ansambluri de suprafețe, motiv pentru care, numai condițiile tehnice dimensionale și geometrice vor fi discutate.

Precizia reprezintă un indicator de calitate care exprimă gradul de corespondență al caracteristicilor dimensionale, de formă geometrică și de poziție relativă ale suprafețelor pieselor cu valorile teoretice care rezultă din desenele de execuție. Precizia unei piese se poate analiza atât în faza de proiectare, caz în care ea se numește precizie funcțională sau precizie prescrisă, cât și în faza de execuție, când se vorbește de precizie tehnologică sau precizie de prelucrare.

Precizia funcțională sau precizia prescrisă este definită de totalitatea condițiilor tehnice prevăzute în desenul de execuție al piesei referitoare la dimensiuni, formă geometrică și poziție relativă a suprafețelor și care trebuie să fie realizate la prelucrarea acesteia. Condițiile amintite sunt determinate, nemijlocit, de rolul funcțional al piesei.

Pornind de la desenul de execuție al unei piese, se poate defini modelul teoretic al acesteia sau piesa ideală. Realizarea într-un proces tehnologic a unei asemenea piese nu este posibilă, datorită influenței mai multor factori care acționează în sistemul tehnologic, prin prelucrare obținându-se așa-numita *piesă reală*, care tinde să se apropie de modelul ei teoretic.

Precizia de prelucrare sau precizia tehnologică reprezintă gradul de corespondență (dimensională și geometrică) dintre piesa reală, rezultată în urma prelucrării, și piesa ideală. Pentru ca piesa să corespundă din punct de vedere tehnic precizia de prelucrare trebuie să fie superioară preciziei funcționale.

Diferențele dintre piesa reală și piesa ideală constituie *abateri*. De aceea, precizia de prelucrare poate fi exprimată și prin mărimea abaterilor și anume, cu cât abaterile sunt mai mici, cu atât precizia de prelucrare este mai mare.

În practică, referitor la precizia prelucrărilor, sunt utilizate noțiuni precum: prelucrare normală, prelucrare de precizie sau prelucrare ultraprecisă. În figura 1.2 este prezentată diagrama lui Norio Taniguchi privind evoluția preciziei de prelucrare [49]. Aceasta permite încadrarea prelucrărilor pe nivelele

de precizie dimensională menționate mai sus și oferă o serie de exemple privind echipamentul tehnologic necesar obținerii unor asemenea precizii, precum și o serie de aplicații.

EVOLUȚIA PRECIZIEI DE PRELUCRARE (TANIGUCHI 1983)

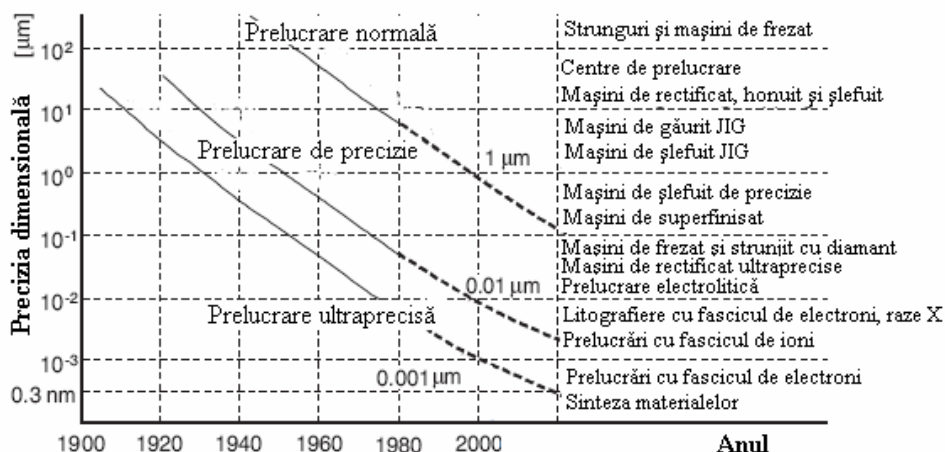


Fig. 1.2

Calitatea suprafețelor prelucrate este determinată de abaterile geometrice ale suprafeței reale în raport cu cea ideală și de proprietățile fizico-mecanice ale stratului superficial [33, 73, 74, 84].

Sub aspect geometric, suprafața prelucrată poate prezenta diverse neregularități care, în funcție de formă și dimensiuni, pot fi împărțite în macroneregularități, undulații și microneregularități. Microneregularitățile sau rugozitatea suprafețelor influențează comportarea în exploatare a produselor și anume: rezistența la uzură a suprafețelor în contact, rezistența la oboseală, rezistența la coroziune, calitatea îmbinărilor dintre piese etc.

În conformitate cu cele prezentate mai sus, proiectantul unui produs indică în documentația tehnică pe care o elaborează o serie de condiții care să asigure funcționalitatea, fiabilitatea și anumite performanțe ale acestuia și care, în același timp, să permită o realizare ușoară și cu costuri mici, fie că este vorba de prelucrare, de asamblare sau de control, iar modul de cotare și tolerare utilizat la întocmirea documentației respective trebuie să fie în concordanță cu aceste obiective. De aceea, este deosebit de important ca în etapa de proiectare a unui produs să se acorde o atenție deosebită cotării și tolerării desenelor de execuție întrucât depistarea ulterioară (de exemplu la fabricație) a unor erori sau omisiuni în legătură cu acestea poate conduce la cheltuieli suplimentare legate de pregătirea fabricației și întâzieri în livrarea produselor către beneficiari.

Odată cu evoluția produselor în sensul miniaturizării acestora și a creșterii complexității constructive și funcționale a lor [86], devine tot mai importantă realizarea unei cotări și tolerări adecvate.

În vederea descrierii cât mai exacte a rolului funcțional al piesei sau produsului, proiectantul trebuie să înscrie pe desen specificațiile dimensionale și geometrice strict necesare și să indice principiile de tolerare utilizate, fără a face exces de precizie și fără a prevedea un grad de netezire al suprafețelor nejustificat de ridicat, deoarece în asemenea cazuri este necesară de cele mai multe ori utilizarea de operații tehnologice suplimentare, care ridică costul prelucrării. De aceea este necesară o bună înțelegere a măsurii în care diferitele moduri de cotare și tolerare pot exprima rolul funcțional al piesei și utilizarea în consecință a acelor care pot exprima mai bine o anume funcție. De exemplu, este cunoscut faptul că utilizarea toleranțelor dimensionale liniare și a celor unghiulare este în multe situații insuficientă pentru a exprima rolul funcțional al piesei, pentru aceasta ele trebuind să fie completate sau înlocuite cu o serie de toleranțe geometrice.

Pe desenul de execuție al unei piese se înscriu mai multe specificații, de aceeași natură sau de naturi diferite, pentru a căror analiză, în vederea stabilirii conformității piesei, se aplică, în general, principiul independenței, conform căruia, fiecare cerință dimensională sau geometrică trebuie respectată independent de celelalte, exceptând cazul în care este indicată o relație specială între dimensiuni și geometrie. În cazul indicării unor astfel de relații speciale, acest principiu se poate dovedi mult prea restrictiv, motiv pentru care se pot utiliza alte principii de tolerare, ca de exemplu principiul înfășurătorii (pentru relații între dimensiune și formă) sau principiile maximumului sau minimumului de material (în cazul unor relații între dimensiune și orientare sau între dimensiune și poziție).

Un alt aspect legat de analiza conformității piesei cu specificațiile dimensionale și geometrice indicate pe desen se referă la acțiunea acestora din urmă, locală sau globală și tratarea lor în consecință. Astfel, principiul înfășurătorii se poate aplica numai unei anumite suprafețe, care este cotată de exemplu $\Phi 100 \pm 0,1(E)$, sau tuturor elementelor unice de pe desen, dacă printr-o notă, aflată în general în apropierea indicatorului, este indicat ISO 8015(E).

O bună cunoaștere a cotării și tolerării pieselor este necesară controlorilor și tehnologilor. Astfel, atunci când la prinderea semifabricatelor pe mașini-unelte nu pot fi folosite suprafețele indicate pe desen ca baze de referință, pentru realizarea condițiilor dimensionale și geometrice indicate de proiectant, tehnologul trebuie să realizeze o nouă cotare și tolerare a piesei, numită în mod obișnuit cotare tehnologică. În plus, pentru întocmirea documentației tehnologice, mai este necesară o bună cunoaștere a preciziei medii economice și a preciziei limită, precum și a rugozității suprafețelor realizate prin diferite procedee de prelucrare.

În tabelul 1.1 este prezentată precizia medie economică și precizia limită care poate fi obținută prin diferite procedee de prelucrare, iar în tabelul 1.2 sunt date toleranțele fundamentale pentru dimensiuni până la 3150 mm [84].

Tabelul 1.1

PRECIZIA MEDIE ECONOMICĂ																		
CARACTERISTICĂ DIFERITELOR PROCEDEE DE PRELUCRARE																		
CLASA DE PRECIZIE	STAS ISO	PRECIZIA LIMITĂ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Strunjire exterioară	Degroșare	10																
	Semifinisare	9																
	Finisare	7																
	Neted cu diamant	5																
Strunjire interioară	Degroșare	10																
	Semifinisare	9																
	Finisare	6																
	Neted cu diamant	5																
Rabotare	Degroșare	10																
	Fină	8																
Frezare	Degroșare	9																
	Finisare	8																
	Netezire	7																
Burghiere		9																
Adâncire		8																
Lărgire		8																
Alezare	Degroșare	7																
	Finisare	6																
	Foarte fină	5																
Broșare	Degroșare	7																
	Finisare	6																
	Foarte fină	5																
Prelucrare danturi	Prin rabotare	6																
	Prin mortezare	6																
	Prin frezare	6																
	Rectificare	5																
Rectificare rotundă	Degroșare	7																
	Finisare	6																
	Foarte fină	5																
Rectificare plană	Finisare	6																
	Foarte fină	5																
Rodare	Finisare	6																
	Foarte fină	5																
Honuire	Medie	6																
	Foarte fină	5																

PRECIZIA MEDIE ECONOMICĂ																			
CARACTERISTICĂ DIFERITELOR PROCEDEE DE PRELUCRARE																			
CLASA DE PRECIZIE	STAS ISO	PRECIZIA LIMITĂ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Lepuire	Prealabilă	6																	
	Medie	6																	
	Finisare	5																	
Filetare interioară	Cu tarodul	6																	
	Cu cuțit pieptăne sau freză	5																	
Filetare exterioară	Cu filiera	6																	
	Cu cuțit pieptăne sau freză	6																	
	Prin deformare cu role	7																	
	Rectificare	5																	
Observații:			Precizie obținută fără măsuri tehnologice deosebite (precizie medie); Precizie obținută cu măsuri tehnologice deosebite (precizie limită).																

Tabelul 1.2

TOLERANȚE FUNDAMENTALE IT, [μm]																			
Intervalul de dimensiuni, [mm]		TREAPTA DE PRECIZIE																	
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Până la 1		0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60					
1	3*	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6*	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10*	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18*	0,5	0,8	1,2	2,0	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30*	0,6	1,0	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50*	0,6	1,0	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80*	0,8	1,2	2,0	3,0	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120*	1,0	1,5	2,5	4,0	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180*	1,2	2,0	3,5	5,0	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250*	2,0	3,0	4,5	7,0	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315*	2,5	4,0	6,0	8,0	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400*	3,0	5,0	7,0	9,0	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500*	4,0	6,0	8,0	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
500	630*									44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800
630	800*									50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200
800	1000*									56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600
1000	1250*									66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200
1250	1600*									78	125	185	310	500	780	1250	1850	3100	5000
1600	2000*									92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000
2000	2500*									110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000
2500	3150*									135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600

Observație: Cifrele marcate cu * sunt incluse în intervalul de dimensiuni considerat. De exemplu, pentru dimensiunea de 120 mm și treapta de precizie 7 se obține IT = 35 μm. Valorile toleranțelor din acest tabel sunt valabile atât la prelucrarea suprafețelor de revoluție, cât și a celor plane.