

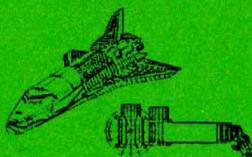
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამეცნიერო-ტექნიკური
კონფერენციის

ParametricCAD'98

ურობები

26-27 ნოემბერი
1998 წელი
თბილისი



სახარატო დამუშავების პარამეტრული ოპტიმიზაციის ევრისტიკული მოდელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
CAD/CAM-ის ჯგუფი
დოც. ალ. შარმაზანაშვილი, მაგისტრი ი. ხარაძე

პარამეტრული ოპტიმიზაციის ამოცანა წარმოადგენს დეტალების დამზადების მთლიანი ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაციის ქვეამოცანას. სახარატო დამუშავების დროს პარამეტრული ოპტიმიზაციის ამოცანა ფორმულირდება მოცემული ჰრის სიღრმის მნიშვნელობისათვის ($t=const$) ოპტიმალური ჰრის სიჩქარისა (V) და მიწოდების (S) განსაზღვრა. რაც ზოგადად შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად: მოცემული t -თვის უნდა ვიპოვოთ V და S -ის ისეთი მნიშვნელობები, რომლის დროსაც კავშირის ფუნქციისა და შემზღუდავი პირობების დაკმაყოფილებით მიიღწევა მიზნის ფუნქციის ექსტრემუმი

$$\Psi \rightarrow \text{ext} \quad - \text{ მიზნის ფუნქცია}$$

$$\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2 \dots \Phi_n\} \quad - \text{ შემზღუდავი}$$

$$\varphi = f(vst) \quad - \text{ კავშირის ფუნქცია}$$

$$V^{**}; S^{**}; t = \text{const}$$

მიზნის ფუნქციას როგორც წესი აქვს სტანდარტული სახე და იგი გამოიხატება თვითღირებულებისა და მწარმოებლობის ინტეგრირებული კრიტერიუმით.

$$\Psi = \frac{E_m}{V \cdot S \cdot t} + \frac{E_m + E_t}{V \cdot S \cdot t \cdot T(vst)} \quad (\text{ტვერსკოი})$$

სადაც, E_m - ჩარხის 1-ვთ მუშაობის ღირებულებაა, E_t - ინსტრუმენტის თვითღირებულებაა, გადაღესვების გათვალისწინებით.

შემზღუდავი ფაქტორები განპირობებულია ტექნოლოგიური სისტემის ჩარხი-სამარჯვი-ინსტრუმენტი-დეტალი (ჩსიდ), შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, ხოლო კავშირის ფუნქცია გამოხატავს დამოკიდებულებას ჰრის შიდა პარამეტრებსა და რეჟიმებს შორის. ასეთ პარამეტრს წარმოადგენს ცვეთა და მისი მახასიათებელი სიღრმე, მედეგობა

$$T = \frac{C_T}{V^\mu \cdot S^\nu \cdot t^\rho} \quad (\text{ტილორი})$$

აღნიშნული დამოკიდებულების საფუძველზე ოპტიმალური რეჟიმები შეიძლება გამოვითვალოთ შემდეგნაირად

$$V^{**} = \left[\frac{C_T}{\left(\tau_{CT} + \left(\frac{E_m}{E_t} \right) \right) \cdot (\mu - 1) \cdot S^\nu \cdot t^\rho} \right]^{\frac{1}{\mu}}$$

$$S^{**} = \left[\frac{C_T}{\left(\tau_{CT} + \left(\frac{E_m}{E_t} \right) \right) \cdot (\nu - 1) \cdot V^\mu \cdot t^\rho} \right]^{\frac{1}{\nu}}$$

დღეისათვის აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტის მრავალი მიდგომა არსებობს და მათი სიმრავლე განპირობებულია იმით, რომ ყველა მათგანი დაფუძნებულია ცდისეულად მიღებული შედეგების განზოგადებაზე და არა იმ ობიექტურ კანონზომიერებებზე, რომელიც საფუძველად უდევს ქრის ფიზიკურ პროცესს, ვინაიდან ეს უკანასკნელი თავისი სირთულის გამო, ბოლომდე არ არის შესწავლილი.

თავის მხრივ ქრის ფიზიკური პროცესი სტოქასტურია; ანუ იგი განიცდის ისეთი ხელშემშლელი ფაქტორების მნიშვნელოვან გავლენას როგორც არის ქრის სიღრმის (l), ნამზადის სისალის, ინსტრუმენტის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების, ჩარხის პარამეტრების ცვლილება და სხვ. ამიტომ პარამეტრული ოპტიმიზაციის ამოცანა მოითხოვს ადაპტური მართვის პრინციპებზე დაფუძნებული ოპტიმიზაციის ახალი კონცეფციების დამუშავებას.

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია პარამეტრული ოპტიმიზაციის ახალი მიდგომა, რომელიც დაფუძნებულია ორ ეტაპიანი ოპტიმიზაციის პრინციპებზე. პირველ ეტაპზე ხორციელდება მართვის სტრატეგიის შერჩევა, ხოლო მეორეზე - კი ადაპტური მართვის სისტემის საშუალებით შესაბამისი რეჟიმების განსაზღვრა.

მართვის სტრატეგია წარმოადგენს ოპტიმიზაციის ზოგად მოდელის კერძო ე.წ. მუშა მოდელს, რომლის რეალიზაციასაც კონკრეტულ პირობებში მიყვარათ მიზნის ფუნქციის ექსტრემალური მნიშვნელობამდე.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების შედეგად დადასტურდა, რომ მედეგობის ტილორისეული ემპირიული დამოკიდებულების

შემთხვევაში მიზნის ფუნქციას არ გააჩნია აბსოლუტური ექსტრემუმი ($V^{**} S^{**}$) და პირობითი ექსტრემუმი მდებარეობს სასაზღვრო ზოლზე. ამიტომ პარამეტრული ოპტიმიზაციის მუშა მოდელები განსაზღვრულია სასაზღვრო პირობების სიმრავლეზე, რომლებიც თავის მხრივ განსაზღვრავენ რეჟიმების დასაშვებ მნიშვნელობათა ველს.

წინამდებარე ნაშრომში გადაწყვეტილია მუშა მოდელების გამოყოფის ამოცანა, რისთვისაც შემუშავებული იქნა შემდეგი მეთოდური გეგმა:

1. არსებული შემზღუდავი ფაქტორების იდენტიფიკაცია და მათი სრული სიმრავლის დადგენა.
2. მიღებული სიმრავლის ანალიზი და რეალური ფაქტორების გამოყოფა.
3. ორკონტურიანი ადაპტური მართვის შემზღუდავი ფაქტორების დაჭკუფება.
4. ჭკუფებიდან მუშა მოდელების ფორმირება.

სასაზღვრო პირობების სრული სიმრავლის დადგენისათვის შემუშავებული იქნა შემზღუდავი ფაქტორების კლასიფიკაცია, რომელშიც ცალის მხრივ მოყვანილია ტექნოლოგიური სისტემის ჩსიდ ელემენტები, ხოლო მეორეს მხრივ მასზე მოქმედი ფაქტორები.

ჩამოყალიბებულ იქნა სასაზღვრო პირობათა 24 ტიპი (ცხრილი 1). ამის შემდეგ ლიტერატურული წყაროების დამუშავებით, თითოეული ტიპისათვის დადგენილ იქნა შესაბამისი შემზღუდავი

ცხრილი 1

	ჩ	ს	ი	დ
გეომეტრია	$\Psi_{გ-ჩ}$	$\Psi_{გ-ს}$	$\Psi_{გ-ი}$	$\Psi_{გ-დ}$
სინისტე	$\Psi_{ს-ჩ}$	$\Psi_{ს-ს}$	$\Psi_{ს-ი}$	$\Psi_{ს-დ}$
ცვეთა	$\Psi_{ც-ჩ}$	$\Psi_{ც-ს}$	$\Psi_{ც-ი}$	$\Psi_{ც-დ}$
კინემატიკა	$\Psi_{კ-ჩ}$	$\Psi_{კ-ს}$	$\Psi_{კ-ი}$	$\Psi_{კ-დ}$
დატვირთვა	$\Psi_{დ-ჩ}$	$\Psi_{დ-ს}$	$\Psi_{დ-ი}$	$\Psi_{დ-დ}$
მოდელის სიზუსტე	$\Psi_{გ-ჩ}$	$\Psi_{გ-ს}$	$\Psi_{გ-ი}$	$\Psi_{გ-დ}$

Ψ _ბ	8	ნორმალური ბურუნგლის ფარმ. მიწოდების მიზნად	$S \geq [S_1]$	$[S_1] = S_{max}$		ვალკოვი
	9	დაამუშ. ზედაპირის სიმჭის	$R_1 \leq [R_1]$	$S = \sqrt{[R_1] \cdot [R_2]}$	შავად დაბეჭ.	
	10	დაამუშ. ზედაპირის სიმჭის	$R_2 \leq [R_2]$	$S = \frac{[R_1]}{\sin \varphi \cos \varphi + 0.07(1 - \cos \varphi) - \sin^2 \varphi \cdot \sqrt{S \cdot \sin \varphi - 1}}$		
	11	დაამუშ. ზედაპირის სიმჭის სუფთა დაბეჭდვისას	$R_2 \leq [R_2]$	$S = \frac{C_1 \cdot r^* \cdot [R_2]}{r^* \cdot (\varphi \cdot \varphi)^2}$		
	12	ბურუნგლის სისქ და სივსა.	$\frac{a}{b} = \left[\frac{a}{b} \right]$	$\left[\frac{a}{b} \right] = \left(\frac{a}{b} \right)_{max}$	მაჭ. დასაშვები 85 ნიშნულაზა	
	13	სუფთად დაბეჭ. შიდა მდონებდაპირის სიმჭის	$S \leq [S_1]$ $10 < V \leq 193 - \frac{243 \cdot S}{R^{0.5}}$	$[S_1] = \frac{R_2 \cdot R^{0.15} \cdot \Delta \varphi^{0.04}}{98 - 0.5 \cdot V}$		
	14	მულა ზედაპირის სიმჭის	$S \leq [S_1]$ $V > 193 - \frac{243 \cdot S}{R^{0.5}}$	$[S_1] = \sqrt{R^2 - (R - R_2)^2}$		
	15	ტენილი სისუბის არატაბილიზირების გამო დაბეჭდვითი	$\delta \leq [\Delta \cdot \varphi]$	$V \cdot S = \left(\frac{C_{max} \cdot K_p}{r^* \cdot \varphi} \cdot \left[\frac{1}{J_{min}} - \frac{1}{J_{max}} \right] \right)^{1.33}$	j - სისუბის სისისე	კაქსტინი
	16	დაამუშებელი ზედაპირის სისუბე	$S \leq [S_1]$	$[S_1] = \left(\frac{2.5}{C_p} \right)^{1.33} \cdot \left(\frac{\Delta_{max}}{A_{max}} \right)^{1.33} \cdot J^{1.33}$	Δ - დეტალის დასაშვები დროზილა	გვირკე
	17	სიმჭის	$R_2 \leq [R_2]$	$S = \left(\frac{C_H \cdot [R_2] \cdot r^* \cdot K_p}{r^* \cdot \varphi \cdot \varphi^2} \right)^{0.33}$	C _H - მუდმივი კოეფიციენტი R _{2max} - მაქსიმალური სიმჭის α, x, z - ხარისხის მაჩვენებლები	გვირკე

Ψ _ბ	18	ჩარხის სიმძლავრის მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნ.	$N_p \leq [N_p]$	$V \cdot S = \left[\frac{[N_p] \cdot 6120}{C_p \cdot r^* \cdot HB^2} \right]$		ვალკოვი
	19	ჩარხის არევის ბრუნვითი მომენტის მაქსიმალური დასაშ.	$M_p \leq [M_p]$	$S = \left[\frac{2 \cdot 10^4 \cdot N_p \cdot i \cdot \eta}{C_p \cdot D \cdot HB \cdot r^* \cdot \eta_p} \right]^{1/3}$	n - ნორმალური ბრ. რიგები C _p - კოეფიციენტი HB - სისულე	ვალკოვი
	20	ძირითადი ამბრავის სიმძლავრე	$N_p \leq [N_p]$	$V \cdot S = \left[\frac{102 \cdot 60 \cdot N_p \cdot \eta}{r^* \cdot C_p \cdot K_p} \cdot \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \right)^{1/3} \cdot \pi \right]$		კაქსტინი
	21	ჩარხის დასაშვები სიმძლავრე	$N_p \leq [N_p]$	$V \cdot S = \left[\frac{C_p \cdot r^*}{6120 \cdot [N_p]} \right]^{(1/3)}$	V - ჰრის სისქიანე	კომისაროვი
	22	ჩარხის უაფართო ვე შარხი		$S = \left[\frac{2000 \cdot M_p \cdot \pi}{C_p \cdot D \cdot r^* \cdot \eta_p} \right]^{1/3}$		კომისაროვი
	23	ჰრის სიმძლავრე	$N_p \leq [N_p]$	$V \cdot S = \left[\frac{6120 \cdot [N_p]}{72 \cdot C_p \cdot r^*} \right]^{(1/3)}$	M _{HT} - ბრუნვითი მომენტი D - ნამბადის დამატარი	გვირკე
	24	ჰრის მაჭ. დასაშვები მნიშვნ. რომელიც უზრუნველყოფს	$S \leq [S_1]$	$[S_1] = S_{max}$	N _p - ჰრის ბალა C _p - კოეფიციენტი	ვალკოვი
	25	მნიშვნ. დასაშვები უზრუნველყოფს	$V \leq [V_1]$	$[V_1] = V_{max}$		ვალკოვი
	26	მნიშვნ. რომელიც უზრუნველყოფს	$V \leq [V_1]$	$[V_1] = V_{max}$		ვალკოვი
	27	ბ-ბ მნიშვნ. დასაშვები მნიშვნ. რომელიც უზრუნველყოფს	$a \geq [a_1]$	$[a_1] = a_{min}$	a - ბურუნგლის სისქ	ვალკოვი

$\Psi_{\text{C}}^{\text{C}}$	28	შის შავი, დასაშვები მნიშვნელობები	$S \leq [S_1]$	$[S_1] = S_{\text{max}}$	ვალისაფი
	29	Y-1 შავი, დასაშვები მნიშვნელობები	$V \leq [V_1]$	$[V_1] = V_{\text{max}}$	ვალისაფი
		შავი, დასაშვები მნიშვნელობები	$T \geq [T_2]$	$V \cdot S = \left(\frac{C_1}{[T_1] \cdot r^*} \right)^{100}$	ვალისაფი
	31	საჭრის ძეგლი	$T \geq [T_1]$	$V \cdot S = \left(\frac{C_1 \cdot d^2 \cdot K_1}{[T_1] \cdot r^* \cdot B^2} \right)^{100}$	ვალისაფი t - მიწოდება m - ხარისხის მძვ. X ₁ , X ₂ - ხარისხის მძვ.
		საჭრის ძეგლი	$T \geq [T_1]$	$V \cdot S = \frac{[T_1] \cdot r^* \cdot (HB/200)^2}{C_1}$	ვალისაფი
	32	საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$T \geq [T_1]$	$V \cdot S = \left(\frac{C_1 \cdot K_2}{[T_1] \cdot r^*} \right)^{100}$	ვალისაფი
		საჭრის ძეგლი	$T \geq [T_1]$	$S = \left(\frac{[P_1]}{C_n \cdot HB^2 \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი
	34	საჭრის ძეგლი	$T \geq [T_1]$	$S = \left(\frac{[P_1]}{C_n \cdot HB^2 \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი
		საჭრის ძეგლი	$T \geq [T_1]$	$V = 10 \pi D \frac{L_2}{L} \sqrt{\frac{[Q_1] \cdot g}{P \cdot P}}$	ვალისაფი
	35	მიწოდების შეტანის სისიბე X დარის მიმართ	$P_x \leq [P_x]$	$V = 10 \pi D \frac{L_2}{L} \sqrt{\frac{[Q_1] \cdot g}{P \cdot P}}$	ვალისაფი
მიწოდების შეტანის სისიბე □ დარის მიმართ		$P_y \leq [P_y]$	$S = \left(\frac{[P_1]}{C_n \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი	
37	შინდელის საპირებზე მოჭ. დანამ-ქრიდებო.	$Q \leq [Q_1]$	$S = \left(\frac{[P_1]}{C_n \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი	
	ცენტრებზე მოჭდი დანამ.	$Q \leq [Q_1]$	$S = \left(\frac{[P_1]}{C_n \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი	
39	მიწოდების შეტანის სისიბე	$P_x \leq [P_x]$	$S = \left(\frac{[P_1]}{C_n \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი	
	ხარის მიწოდების დასაშვები ძალა	$P_y \leq [P_y]$		ვალისაფი	

$\Psi_{\text{C}}^{\text{C}}$

$\Psi_{\text{C}}^{\text{C}}$

$\Psi_{\text{C}}^{\text{C}}$	41	განის დეორატორისა და გეორატორისა დასაშ. ცდობ.	$\delta \leq [\delta_1]$	$S = \left(\frac{B \cdot C_{100} \cdot \left[\frac{m \cdot \sigma_1 \cdot r^* \cdot K}{C_n \cdot HB^2 \cdot r^*} \right]^{\frac{1}{n}}}{C_n \cdot HB^2 \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი
	42	საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$P_1 \leq [P_1]$		ვალისაფი
43		საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$P_2 \leq [P_2]$	$S = \left(\frac{\sigma_1 \cdot W_1}{C_n \cdot HB^2 \cdot r^* \cdot K \cdot I_{K_1}} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი
	44	საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$P_2 \leq [P_2]$	$S = \left(\frac{3 \cdot [f_1] \cdot E_1 \cdot J_1}{C_n \cdot HB^2 \cdot r^* \cdot K \cdot I_{K_1}} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი
45		საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$P_3 \leq [P_3]$	$S = \left(\frac{a \cdot [f_1]}{C_n \cdot HB^2 \cdot H_1 \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი
	46	საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$P_3 \leq [P_3]$		ვალისაფი
47		საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$\delta \leq [\delta_1]$		ვალისაფი
	48	საჭრის ძეგლი, ფორმისა და მჭრელი პირის მასალის შედეგობა	$P_4 \leq [P_4]$	$S = \left(\frac{W_2}{I_{sp} \cdot C_n \cdot r^*} \right)^{\frac{1}{n}}$	ვალისაფი
49		დასაშვები ძალა, დეტალის სისიბე	$P_4 \leq [P_4]$		ვალისაფი
	50	დასაშვები ძალა, დეტალის სისიბე	$P_5 \leq [P_5]$		ვალისაფი
$\Psi_{\text{C}}^{\text{C}}$		51	დასაშვები ძალა, დეტალის სისიბე	$V \leq [V_1]$	ვალისაფი
	52	დასაშვები ძალა, დეტალის სისიბე		ვალისაფი	

ხარისხი. დამოკიდებულების ხასიათი ამჟამის სიმძლავრის (ა), შპინდელზე და ცენტრებზე მოქმედი ღინამიური დატვირთვისათვის (გ), და მედეგობიდან გამომდინარე შეზღუდვისათვის (ბ), ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.

ამასთან ექსპერიმენტალური მრუდები აგებულია დამუშავების 3 სხვადასხვა ვარიანტისათვის:

I - ნამზადი: ფოლადი 45, $H_B=200$, $L=300\text{მმ}$, $\varnothing 200\text{მმ}$; საჭრისი: T15K6, $\varphi=0.76\text{rad}$ $\varphi_1=0.76\text{rad}$; ჩარხი: 16K20T1, $[N_p]=7.5\text{კვტ}$, $[P_z]=300\text{კგს}$, $[P_y]=40\text{კგს}$, $[R_z]=0.002\text{მკმ}$.

II - ნამზადი: ЭИ437Б, $H_B=200$, $L=300\text{მმ}$, $\varnothing 200\text{მმ}$; საჭრისი: BK6, $\varphi=0.76\text{rad}$ $\varphi_1=0.76\text{rad}$; ჩარხი: 16K20T1, $[N_p]=7.5\text{კვტ}$, $[P_z]=300\text{კგს}$, $[P_y]=70\text{კგს}$, $[R_z]=0.002\text{მკმ}$.

III - ნამზადი: Δ16 ფოლადი 45, $H_B=200$, $L=300\text{მმ}$, $\varnothing 200\text{მმ}$; საჭრისი: T15K6, $\varphi=0.76\text{rad}$ $\varphi_1=0.76\text{rad}$; ჩარხი: 16K20T1, $[N_p]=7.5\text{კვტ}$, $[P_z]=300\text{კგს}$, $[P_y]=40\text{კგს}$, $[R_z]=0.002\text{მკმ}$.

როგორც ანალიზის შედეგებმა ცხადჰყვეს ამჟამის სიმძლავრის შეზღუდვაზე უფრო დიდ გავლენას ახდენს $[V]$ -ს პარამეტრი, რაც უფრო მეტად იჩენს თავს შავად დამუშავების დროს. ამიტომ აღნიშნული შეზღუდვა შეიძლება მივაკუთვნოთ $[V]$ -ს ჯგუფს. ანალოგიურად დამუშავების იგივე ვარიანტებისათვის მედეგობისა და ღინამიური დატვირთვის შეზღუდვების ანალიზმა ცხადჰყო, რომ ყველა განხილული პირობისათვის $[V]$ -ს გავლენა აღნიშნულ ფაქტორებზე გაცილებით აღემატება $[S]$ -ის გავლენას, რაც უფრო გამოკვეთილია შავად დამუშავების დროს. ამიტომ აღნიშნული შეზღუდვები მივაკუთვნეთ $[V]$ -ს ჯგუფს.

ამრიგად პარამეტრული ოპტიმიზაციის მუშა მოდულების გამოყოფისათვის განსაზღვრულ იქნა სასაზღვრო პირობების $[V]$ და $[S]$ სიმრავლე, რომელთაგანაც მოხდა მუშა მოდულების ფორმირება.

ლიტერატურა

1. Тверской Н.Н. Автоматическое управление режимами обработки деталей на станках. М.:Машиностроение, 1982.-208с.
- 2.Кован В.М., и др. Основы технологии машиностроения. М.:Машиностроение, 1965, 489с.
3. Грановский Г.И. и др. Резание металлов. Машгиз, 1954.
4. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов, Машгиз, 1958.
5. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М.Машиностроение, 1976.-278с.

