

UOT 621.941.01

MÜASİR RPİ ÇOXMƏQSƏDLİ DƏZGAHLARINDA ÇOXALƏTLİ EMALIN XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ PROBLEMI

Yusubov N.D., Abbasova H.M.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: nizami.yusubov@aztu.edu.az

Xülasə. Məqalədə müasir RPİ ÇMD-lər, onların üstün cəhətləri, müasir RPİ ÇMD-lərin imkanlarının çoxalətli emal nöqtəyi-nəzərindən araşdırılması, çoxalətli sazlamalar şəklində ÇMD-lərin texnoloji imkanları nümunələri, çoxalətli çoxsupportlu emal (paralel çoxalətli emal) prosesinin xüsusiyyətləri, çoxalətli emalın ölçü-dəqiqlik nəzəriyyəsi, mexaniki emal texnoloji proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi, ölçülərin təhrif olunmasının tamfaktorlu modeli kimi məsələlərə baxılmışdır.

Analiz əsasında müasir RPİ ÇMD-lər konstruksiyasına görə 5 tipə ayrılmışdır. ÇMD-lərin konstruksiya tiplərinin hər birinin imkanlarının analizi aparılmış və sazlama imkanlarına baxılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, müasir şərtlər daxilində RPİ avadanlıqlarından istifadə zamanı maksimal effektivliyin əldə olunması qarşıya məqsəd olaraq qoyulur. Çoxalətli sazlamaları ÇMD-lərə tətbiq etməklə hissələrin emal vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmaq, buraxılan məmulun keyfiyyətini yüksəltmək və stabiləşdirmək, alət xərclərini azaltmaq mümkündür.

Abstract. The article discusses modern multi-purpose CNC machines, their advantages, study of the capabilities of modern multi-purpose CNC machines from the point of view of multi-tool machining, examples of the technological capabilities of multi-tool machines in the form of multi-tool adjustments, features of the process of multi-tool multi-carriage machining (parallel multi-tool machining), dimensional-accuracy theory of multi-tool machining, mathematical modeling of technological processes of mechanical processing, full-factor size distortion model.

Based on the analysis of the design, 5 types of modern multi-purpose CNC machines were identified. The analysis of the capabilities of each of the design types of multipurpose machines is carried out and the possibilities of adjustment are considered. It should be noted that the goal is to achieve maximum efficiency when using CNC equipments in modern conditions. By applying a multi-tool adjustment to multi-purpose machines, it is possible to significantly reduce the machining time of parts, improve and stabilize the quality of the product, and reduce tool costs.

Аннотация. В статье рассматриваются современные многоцелевые станки с ЧПУ, их преимущества, исследование возможностей современных многоцелевых станков с ЧПУ с точки зрения многоинструментной обработки, примеры технологических возможностей многоцелевых станков в форме многоинструментных наладок, особенности процесса многоинструментной многосуппортной обработки (параллельной многоинструментной обработки), размерно-точностная теория многоинструментной обработки, математическое моделирование технологических процессов механической обработки, полнофакторная модель искажения размеров.

На основании анализа по конструкции выделено 5 типов современных многоцелевых станков с ЧПУ. Проведён анализ возможностей каждого из конструктивных типов многоцелевых станков и рассмотрены возможности наладки. Следует отметить, что целью является достижение максимальной эффективности при использовании оборудования с ЧПУ в современных условиях. Применяя многоинструментную наладку на многоцелевых станках с ЧПУ, можно значительно сократить время обработки деталей, улучшить и стабилизировать качество изделия, снизить затраты на изготовление инструмента.

Açar sözlər: çoxalətli emal, çoxməqsədli dəzgahlar, çoxalətli sazlamalar, dəqiqlik modelləri

Key words: multi-tool machining, multi-purpose machines, multi-tool adjustments, accuracy models

Ключевые слова: многоинструментная обработка, многоцелевые станки, многоинструментные наладки, модели точности

Giriş. Çoxməqsədli dəzgahlar (ÇMD) – bir neçə müxtəlif növ kəsmə ilə emalı (yonma, frezləmə, içyonuş, burğulama, yiv açma və s.) yerinə yetirmək üçün alətin avtomatik dəyişdirilməsinə və rəqəmli proqramla idarəetməyə malik dəzgahlardır. Başqa sözlə, RPİ ÇMD mürəkkəb hissələrin müxtəlif tərəflərdən və onların başqa yerə (digər dəzgaha) köçürülməsi olmadan kompleks emalını təmin edən və bir qayda olaraq, alətin avtomatik dəyişdirilməsinə malik RPİ dəzgahı adlanır [1, s. 3-5], [2, s. 57]. Bu dəzgahlar fırlanma cisim tipli və müstəvi hissələrin, gövdələrin emalı üçün buraxılırlar. Birinci halda emal üçün torna-frez və pardaq dəzgahları qrupundan, ikinci halda isə burğu-frez-içyonuş dəzgahları qrupundan ÇMD-lər (emal mərkəzləri (EM-lər) və ya çoxməliyyatlı dəzgahlar (ÇƏD-lər) istifadə olunur [1, s. 3].

EM-lərdə sağ tərəfli düzbucaqlı koordinat sistemi qəbul edilir. Bu sistemin X, Y, Z koordinat oxları sağ əlin böyük (baş), şəhadət və orta barmaqları istiqamətinə uyğun olur. Ümumi proqramlaşdırma halında, Z oxu şpindelini fırlanma oxları ilə üst-üstə düşür və onun müsbət istiqaməti hissə tərəfdən qəbul edilir. Adətən EM hissəni ardıcıl olaraq bir neçə alət ilə emal edir. Frez emalının konturu bir çox prosedurlarda X-Y planında formalaşır, burğulama isə alətlərin Z ox boyunca hərəkəti zamanı həyata keçirilir [3, s. 5-6].

ÇMD-lər çoxməqsədli olmayan, lakin alətlərin avtomatik dəyişdirilməsi ilə digər RPİ dəzgahlarından yüksək emal konsentrasiyası ilə xüsusilə seçilir [4, s. 176]. Onlarda özündə onlarla emal olunan səthləri birləşdirən mürəkkəb gövdə pəstahlarının kobud, yarımtəmiz və təmiz emalını, ən müxtəlif texnoloji keçidləri – müstəvilərin, çıxıntıların, qanovcuqların, quyuların frezlənməsini, hamar və pilləli dəşiklərin burğulanmasını, zenkerlənməsini, rayberlənməsini, içyonuşunu, xarici və daxili səthlərin emalını və s. həyata keçirirlər [5, s. 36-37].

Bu əməliyyatları yerinə yetirmək üçün dəzgah metalkəsən alətlərin böyük ehtiyatına malik olmalıdır. ÇMD-lər 15-30 ədəd ehtiyatı ilə, ehtiyac olduqda 50-100 və daha çox alət ehtiyatına malik alət mağazalarına (anbarlarına) malik olur. Bu da onları digər RPİ dəzgahlarından fərqləndirən cəhətlərdən biridir [6, s. 305-355].

Əksər ÇMD-lərin daha bir mühüm xüsusiyyəti onlarda stolun və ya dövrü və ya fasiləsiz (proqram üzrə) bölgü ilə bölücü tərtibatın olmasıdır. Bu yenidən yerləşdirmə olmadan bir neçə tərəfdən pəstahın emalı üçün mütləq (zəruri) şərtidir. Yeni konstruksiyalı dəzgahları əlavə stollar və pəstahı avtomatik dəyişmək üçün qurğular ilə təchiz edirlər. Pəstah ilkin olaraq tərtibat-peykə (cığırdışda) bərkidilir və onlar birlikdə əlavə stoldan əsas stola ötürülür. Pəstahın sputnikə (peykə) yerləşdirilməsi və emal olunmuş hissənin çıxarılması dəzgahın işi zamanı yerinə yetirilir. Beləliklə, dəzgahın yüklənməsinə sərf olunan köməkçi vaxt minimuma endirilir [1, s. 3; s. 176-178].

Müasir RPİ çoxməqsədli dəzgahların imkanlarının çoxalətli emal nöqtəyi nəzərindən araşdırılması. Texnoloji avadanlıq bazarında təqdim olunmuş RPİ ÇMD-lərin bazasında çoxalətli emala imkan verən analiz aparılmışdır. Araşdırma zamanı ÇMD-lərin konstruksiyalarının 5 tipi qeyd edilmişdir [7, s. 67]. Hər konstruksiya tipi üçün dəzgah modelləri və istehsalçı firma (dəzgah nümayəndələri) qeyd edilmişdir. Tez-tez rast gəlinən ÇMD-lərin konstruksiya tipləri ilə tanış olduqdan sonra hər avadanlıq tipinin imkanlarının analizi aparılmış və sazlama imkanlarına baxılmışdır. Dəzgahların konstruksiyalarının sxemləri, texniki xarakteristikaları və bu dəzgahlarda mümkün sazlamalar hər avadanlıq tipi üçün müvafiq olaraq cədvəllərdə göstərilmişdir [2, s. 60-61].

Çoxalətli sazlamalar şəklində çoxməqsədli dəzgahların texnoloji imkanları nümunələri. Sazlamaları layihələndirərkən sazlamada iştirak edən alətlərin eyni vaxtda işləməsinə səy göstərməli və səthlərin emalının elə uyğunlaşdırılmasına nail olmaq lazımdır ki, bu zaman bir alətdən yaranan kəsmə qüvvəsi digər alətdən yaranan kəsmə qüvvəsi ilə balansaşdırılsın.

ÇMD-lərdə emalın dəqiqliyi 11-13-cü kvalitetdə təmin olunur. Sazlama və texnoloji təchizatın düzgün seçilməsi nəticəsində dəqiqlik 6-9-cü kvalitetə qədər yüksəldilə bilər [2, s. 61].

Eyni zamanda işləyən alətlərin sayını artırarkən dəzgahın sərtliyi, hissə və onun dəzgahda bərkidilməsi mütləq nəzərə alınmalıdır.

Sazlama zamanı alətlərin sayını həddən artıq götürmək olmaz, belə ki, bu zaman dəzgahda titrəmələrə, kəsmə qüvvəsinin artması isə alətin sürətlə yeyilməsinə və onun tez-tez tənzimlənməsinə və dəyişilməsinə gətirib çıxarır.

Çoxalətli texnoloji avadanlıqlardan tam istifadə etmək məqsədilə sürətli kəsmə rejimlərində sazlama zamanı iki və az hallarda üç alət götürmək məsləhətdir. Bu zaman kəsmə sürətinin və verişin artması hesabına məhsuldarlıq 30-40% yüksəlir, eləcə də alət xərcləri də azalmış olur [4, s.176].

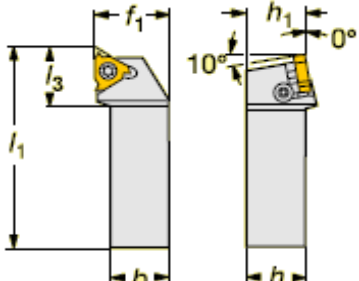
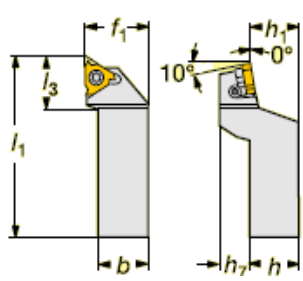
Cədvəl 1-də RPİ ÇMD-lərdə geniş istifadə olunan alətlər göstərilmişdir.

Cədvəl 1

RPİ ÇMD-lərdə istifadə edilən kəsən alətlər

Tutqacılı alətlər qrupu			
1	2	3	4
5		6	
İçyonuş sağanaqlı kəskilər qrupu			
7	8	9	

Cədvəl 1-in ardı

Yiv açmaq üçün alətlər qrupu			
10		11	
			
Xarici yivləri açmaq üçün		Daxili yivləri açmaq üçün	
Aləti aşağıdan yaxınlaşdırmaq üçün	Aləti yuxarıdan yaxınlaşdırmaq üçün		
Oxlu alətlər qrupu			
12	13	14	15
			
burğu	zenker	rayber	sekovka
16	17	18	19
			
Haşiyə frezi	Ümumi təyinatlı frez	Nov frezi	Lövə frez
20			
			
Yiv burğusu			

Cədvəl 2-də isə hər 5 tip dəzgahda çoxalətli emal zamanı istifadə olunan sazlamalarda alətlərin uyğunluğu və iki alətdən ibarət olan sazlamaların xülasəsi bütün variantlarda verilmişdir.

ÇMD-lərdə iki alətdən ibarət olan sazlamların xülasəsi

1-ci tip avadanlıq üçün																						
	Alətin nömrəsi (cədvəl 1 üzrə)																					
Alətin nömrələnməsi cədvəl 1-ə əsaslanır		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	
	2	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
	3	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
	4	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
	5	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
	6	t	t	t	t	t	o	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	7	t	t	t	t	t	t	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	8	t	t	t	t	t	t	t	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	9	t	t	t	t	t	t	t	t	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	10	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	+
	11	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	12	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	13	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	14	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+
	15	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+
	16	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+
	17	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+
	18	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+
	19	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+
20	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	
2-ci tip avadanlıq üçün																						
	Alətin nömrələnməsi cədvəl 1-ə əsaslanır																					
Alətin nömrələnməsi cədvəl 1-ə əsaslanır		1	2	3	4	5	6	(7)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	1	o	o	o	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	2	t	o	o	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	3	t	t	o	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	4	t	t	t	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	5	t	t	t	t	o	o	+/-	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	6	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
	(7)	t	t	t	t	t	t	o	o	o	+	-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
	8	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
	9	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
	10	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	11	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
	12	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	13	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	
14	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+		

Cədvəl 2-in ardı

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	15	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+
	16	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+
	17	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	+
	18	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	+
	19	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	+
	20	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+
+	İstehsalatda istifadə olunan sazlama																			
+	Avadanlıqların imkanlarına əsaslanan nəzəri mümkün sazlama																			
+!	əks şpindeldə yerləşən alətlə ancaq mərkəz yuvalarını emal etmək mümkündür, belə ki, eninə yerdəyişmə mümkün deyil.																			
+/-	Sazlama iqtisadi cəhətdən məqsədyönlü deyil, belə ki, xüsusi kəsici alət hazırlanmasını tələb edir.																			
o	Sazlamada alətlərin belə uyğunlaşdırılması mümkün deyil.																			
t	Təkrarlanan sazlamalar, yəni 2-1 və 1-2																			
3-cü tip avadanlıqlar üçün																				
1-ci tip avadanlıqlarda istifadə olunan sazlamalar hamısı burada istifadə olunur.																				
4(a) tip avadanlıqlar üçün																				
2-ci tip avadanlıqlarda istifadə olunan sazlamalar hamısı burada istifadə olunur.																				
4(b) tip avadanlıqlar üçün																				
1-ci tip avadanlıqlarda istifadə olunan sazlamalar hamısı burada istifadə olunur.																				

Üçalətli sazlamalara aşağıdakı avadanlıqların imkanları şərait yaradır: 3 revolver başlıqlı birinci tip avadanlıqlar; üçüncü və dördüncü b tipli avadanlıqlar. Dördalətli sazlamalara üçüncü tip dəzgahların imkanları şərait yaradır.

Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda istənilən RPI dəzgahından maksimum sə-mərəlilik əldə olunmasına çalışırlar. RPI ÇMD-lərdə də çoxalətli sazlamaların tətbiq edilməsi hissələrin emal vaxtının kəskin azalmasına, buraxılan məhsulun keyfiyyətinin stabiləşdirilməsinə və yüksəldilməsinə və alət sərfinin azaldılmasına imkan verir.

Çoxalətli sazlamaların tətbiqinin araşdırılması göstərir ki, nəzəri olaraq mümkün 400 sazlamadan (cədvəl 2) yalnız 36-sı, yəni 9 %-dən istifadə olunur. Bu fakt isə ondan xəbər verir ki, müasir RPI ÇMD-lərin yüksək potensialına baxmayaraq, belə texnoloji imkanların reallaşdırılması çox aşağı səviyyədədir. Bu isə öz növbəsində, belə sazlamaların layihələndirilməsi və tətbiq edilməsi ilə əlaqədar tövsiyələrin olmaması ilə izah olunur [7, s. 68].

Hazırda RPI dəzgahları ilə bağlı ədəbiyyatlarda [8, s. 108-159], [9, s. 185-404], [10, 472 s.] kəsmə rejimlərinin və vaxt normalarının təyini üzrə tövsiyələr mövcuddur. Lakin bu ədəbiyyatlarda çoxalətli emal haqqında və belə emal zamanı kəsmə rejimlərinin təyini haqqında heç bir məlumat verilmir. Bu səbədən məhz çoxalətli çoxsupportlu sazlamaların layihələndirilməsi və tətbiqi üzrə tövsiyələrin işlənməsi zəruridir [4, s.177].

Çoxalətli çoxsupportlu emal prosesinin xüsusiyyətləri. Torna avtomat-dəzgahlar qrupunda çoxalətli çoxsupportlu sazlamaların layihələndirilməsi zamanı bir sıra xüsusiyyətləri nəzərə almaq lazımdır.

Buraya ayrı-ayrı mövqe və keçidlərin qarşılıqlı kinematik və təşkilati əlaqəsi, supportların verişlərinin təyin edilməsi məsələsi, sazlamanın ayrı-ayrı alətlərinin qarşılıqlı təsiri və s. daxildir. Bununla əlaqədar, limitləyici alət üzrə dövrlər sayının təyin edilməsi sazlamanın əksər alətlərinin konkret alət üçün qeyri-rasional kəsmə şərtlərində (adətən kiçik sürətlər zonasında) işləməsinə gətirib çıxarır. İstehsalatda əldə olunan təcrübə göstərir ki, emalın keyfiyyətini təmin etmək üçün (ölçülərin qeyri-stabilliyindən və emal olunan səthdə pillələrin əmələ gəlməsindən qaçmaqdan ötrü) müxtəlif

alətlərin işlərinin başlanğıc və son anlarını üst-üstə salmaq lazımdır. Bu məqam uzununa və eninə supportların verişlərinin işçi gedişlərinin vaxtlarının bərabərləşdirilməsi yolu ilə həll edilməsini tələb edir. Çoxalətli çoxsupportlu sazlamalar zamanı alətlərin sayının çox olması ilə əlaqədar olaraq, onların dəyişdirilməsi üçün paralel-qrup üsulundan istifadə edilməsi rəşional hesab edilir. Bu da kəsmə rejimlərinin lazımı korrektə edilməsini (xüsusilə, kəsmə sürətlərini) zəruri edir.

Bundan başqa, çoxalətli çoxsupportlu əməliyyatın layihələndirilməsi sazlama strukturunun seçilməsinin çoxvariantlı məsələ olması ilə fərqlənir. Belə ki, hər bir səthin formaləşdırılması zamanı işçi gedişlər üzrə emal payının bölüşdürülməsi, mövqelər və supportlar üzrə alətlərin paylaşdırılması, keçidlərin üst-üstə salınması müxtəlif üsullar ilə həyata keçirilə bilər. Zavod sazlamalarının araşdırılması əməliyyatın məhsuldarlığının sazlamanın strukturundan əhəmiyyətli dərəcədə asılı olduğunu göstərir. Eyni zamanda texnoloji variantın seçilməsi icra edən (məsələn, texnoloqun) şəxsi təcrübəsinə əsaslanır. Əlbəttə ki, emal sxemlərinin mümkün böyük sayında hissənin texniki tələblərini yerinə yetirməklə qəbul edilmiş variant texnoloji maya dəyəri, məhsuldarlıq və s. baxımından optimal olmayacaqdır.

Beləliklə, çoxalətli çoxsupportlu emal əməliyyatlarının mürəkkəbliyi və çoxvariantlılığı layihələndirmə zamanı müəyyən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinə və ya konkret sazlamalar üçün tövsiyələrə ehtiyac olduğunu göstərir.

Maşınqayırma istehsalının müasir inkişaf mərhələsi RPİ dəzgahlarının istehsala geniş tətbiqi ilə səciyyələnir. Hazırda respublikanın müxtəlif istehsal sahələrində böyük sayda RPİ dəzgahları istismar edilir. Son dövrlərdə əlavə funksiyalara (koordinat yerdəyişmələrinin asılı olmayan idarə edilməsi, kəsmə proseslərinin kinematikasının idarə edilməsi və s.) malik ikisupportlu RPİ dəzgahlarının istehsalatda istifadə edilməsinə xüsusi diqqət verilir. Belə dəzgahların mürəkkəb və bahalı olması onların istismarı zamanı yüksək məhsuldarlığı təmin edən istehsalın səmərəli hazırlığını tələb edir. Lakin belə dəzgahların istismarı zamanı müxtəlif supportlarda alətlərin yerləşdirilməsinə baxmayaraq (burada koordinat yerdəyişmələrinin müstəqil idarəetmə funksiyalı RPİ mikroprosessor qurğusu olmasına rəğmən) ikialətli ikisupportlu emal əsas etibarı ilə keçidlərin ardıcıl yerinə yetirilməsi ilə müşahidə olunur.

Müasir RPİ ÇMD-lərdə əməliyyatların proqramlaşdırılmasının mövcud avtomatlaşdırılmış sistemlərinə ikisupportlu torna dəzgahları üçün texnoloji keçidlərin üst-üstə salınması məsələsinin həlli sınaq və səhvlər metodu ilə əl rejimində həyata keçirilir. Bu isə RPİ ÇMD-lərdə çoxalətli çoxsupportlu emalın layihələndirilməsi üzrə elmi əsaslandırılmış metodikanın olmamasını bir daha təsdiq edir və onun işlənməsinin aktual olduğunu bildirir.

Çoxalətli emalın ölçü-dəqiqlik nəzəriyyəsi. Yerinə yetirilən ölçülərin dəqiqliyi texnoloji prosesin layihələndirilməsi, sazlınması və reallaşdırılması zamanı ən birinci tələbdir [11, s. 39-42]. Buna görə də layihələndirilən texnoloji prosesin parametrləşdirilməsinin birinci məsələsi “Texnoloji prosesin ölçü araşdırılması” vahid bölməsini təşkil edən emal paylarının və əməliyyat ölçülərinin hesablanmasıdır. Parametrləşdirmə mərhələsinin ikinci məsələsi isə kəsmə rejimlərinin hesablanmasıdır [8, 368 s.], [9, s. 108-159].

Çoxalətli sazlamalarda yerinə yetirilən ölçülər və aralıq emal payları məhz kəsmə rejimlərinin parametrləri ilə əlaqəlidir. Bu səbəbdən texnoloji prosesin parametrləşdirilməsinin bu iki məsələsi eyni zamanda həll olunmalıdır [12, s. 191-232].

Ölçü-dəqiqlik layihələndirilməsi zamanı çoxalətliliyin nəzərə alınması metodları A.A. Koşin [12, s. 127-189] və N. D. Yusubovun [13, s. 36-39], [14, s. 52-54], [15, s. 15-188], [16, s. 51-117] işlərində göstərilmişdir. Çoxalətli sazlamaların alətlərinin qarşılıqlı qüvvə təsirinin nəzərə alınmasına əsaslanan çoxalətli emalın layihələndirilməsi və optimallaşdırma nəzəriyyəsinin əsasları A.A. Koşinin işlərində işlənmişdir [12, s. 127-211]. A.A. Koşin torna yarımavtomatları və avtomatlarında çoxalətli sazlamalar sistematikasını yaradaraq, eləcə də dəqiqlik üzrə məhdudiyyətin qrup xarakterini nəzərə alaraq çoxalətli sazlamaların üç əsas qrupu üçün dəqiqlik modellərinin baza dəstini işləmişdir. Bu modellər texnoloji sistemin və emal olunan materialın xassələri və rejim parametrlərindən başqa, çoxalətli sazlamanın strukturunu – kəsən alətlərin tiplərini və sazlamada yerləşmə sxemini nəzərə

alırlar. O, işlənmiş bu modellər bazasında çoxalətli emalın idarəetmə modelləri dəstini də yaratmışdır. Amma onun tərəfindən yalnız yumruqlu idarəetməli dəzgah-avtomatlarda reallaşdırılan sadə müstəvi çoxalətli sazlamalara baxılmışdır. N.D. Yusubov müasir çoxşpindelli və çoxsupportlu RPI dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi nəzəriyyəsinin alətlərin əyri xətti trayektoriya üzrə hərəkət imkanları, eləcə də sazlamadakı alətlərin ixtiyari fəza yerləşməsi nəzərə alınmaqla sazlamadakı alətlərin qarşılıqlı qüvvə təsiri balansını əsasında qurulmalı olduğunu əsaslandırıb və müasir RPI dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi üçün funksional idarəetmə səviyyəsinə qədər çoxalətli emalın matris dəqiqlik nəzəriyyəsini yaratmışdır. O, çoxalətli emalın təşkili üzrə müasir RPI torna dəzgahları qrupunun texnoloji imkanlarını nəzərə almaqla çoxalətli sazlamaların çoxfaktorlu sistematikasını - təsnifatını işləmiş, sonra isə çoxalətli sazlamaların yaradılmış təsnifatı əsasında yerinə yetirilən ölçülərin dəqiqliyinin təhrif edilməsi və pəstah dəstlərinin emalı zamanı ölçülərin səpələnmə sahəsi modelindən ibarət kompleks matris modellərini işləmişdir. Burada ilk dəfə olaraq o, bütün koordinat oxları üzrə texnoloji sistemin elastikliyi nəzərə alınmış, sazlamanın alətlərinin ixtiyari fəza yerləşməsi mümkünlüyünü göstərmişdir [15, 256 s.], [16, 216 s.].

Çoxalətli emal matris nəzəriyyəsinin əsasını çoxalətli sazlamalarda alətlərin yerinə yetirdiyi ölçülərin dəqiqliyinin riyazi modelləri təşkil edir. Buna görə də çoxalətli sazlamalarda ölçülərin xətlərinin formalaşmasının riyazi modellərinin müasir səviyyəsi xüsusi maraq doğurur.

Mexaniki emal texnoloji proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi. Çoxalətli emalın dəqiqlik nəzəriyyəsinin əsasını çoxalətli sazlamalarda alətlər tərəfindən yerinə yetirilən ölçülərin dəqiqliyinin riyazi modelləri təşkil edir. Ona görə də çoxalətli sazlamada ölçü xətlərinin formalaşmasının riyazi modelinin müasir səviyyəsi maraq yaradır.

Emal dəqiqliyinin miqdarca xüsusiyyəti emal xətasıdır. Bu emal xətası real hissənin forma və ölçülərinin hissənin konstruksiyasında verilmiş onun ideal sxeminə uyğunsuzluq (müvafiq olmama) dərəcəsini səciyyələndirir.

Emal dəqiqliyinin modelləşdirilməsi zamanı kəsmə qüvvəsi təsirindən texnoloji sistemin elastiki yerdəyişmələri nəticəsində yaranan Δ_y elementar xətası xüsusi yer tutur. Onun qiyməti kəsmə rejimləri ilə, texnoloji sistemin xüsusiyyətləri ilə müəyyənləşdirilir. Bu səbəbdən Δ_y elementar xətası burada əsas idarəetmə obyektini kimi çıxış edir və onun riyazi təsviri tələb olunur.

Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən qeyd etmək olar ki, çoxalətli sazlamaların hesabi layihələndirilməsi nəzəriyyəsinin işlənməsi üçün yerinə yetirilən ölçülərin təhrif olunması və onların səpələnmə sahələrinin kompleks modelləri lazımdır və bu modellər çoxalətli sazlamanın strukturunu – uzununa supportdan və ya eninə supportda müxtəlif növ kəşkilər, uzununa və eninə supportların eyni zamanda işini nəzərə almalıdırlar.

Araşdırılmış xarici mənbələrdə çoxalətli emalın çox vaxt eksperimental olaraq tədqiqinə rast gəlinir. Məsələnin riyazi modelləşdirilməsi və bu zaman çoxalətli emalın spesifikasiyası demək olar ki tam olaraq heç bir mənbədə rast gəlinmir.

Çoxalətli emalın layihələndirilməsinin hesablama nəzəriyyəsinin yaradılması zamanı A.A. Koşin [12, s. 9-72; s. 122-224] və N.D. Yusubov [15, s. 63-188], [16, s. 51-96], [17, s. 268-271], ilk növbədə, yerinə yetirilən ölçülərin təhrif edilməsi və onların səpələnmə sahələrinin modellərinin çoxalətli sazlamaların strukturunu (uzununa supportun və eninə supportun müxtəlif növ alətlərini, uzununa və eninə supportların eyni zamanda işləməsinə və s.) nəzərə alan kompleks riyazi modellərinin işlənməsinin zəruri olduğunu göstərmişlər. N.D. Yusubov göstərmişdir ki, müasir çoxşpindelli və çoxsupportlu RPI dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi nəzəriyyəsi alətlərin əyri xətti trayektoriya üzrə hərəkət imkanları, eləcə də sazlamadakı alətlərin ixtiyari fəza yerləşməsi nəzərə alınmaqla sazlamadakı alətlərin qarşılıqlı qüvvə təsiri balansını əsasında qurulmalıdır. Bu səbəbdən, ilk növbədə, fəza yerləşməli alətlərlə çoxalətli sazlamalarda sazlamadakı bütün alətlərin kəsmə qüvvəsinin bütün təşkildicilərinin eyni zamanda təsirini və texnoloji sistemin bütün koordinat istiqamətləri üzrə elastiki yerdəyişmələrini nəzərə alan emal xətləri modellərinin olması zəruridir. Bunun üçün isə fəzada maddi cisimlər sisteminin qarşılıqlı elastiki qüvvə təsirini təsvir edən matris

nəzəriyyəsi əsasında analitik mexanika aparatı əlverişli hesab olunur. Bununla da o, çoxalətli emalın matris dəqiqlik nəzəriyyəsinin yaradılması zərurətini göstərmiş və bu nəzəriyyəni yaratmışdır.

Beləliklə, emal dəqiqliyi modelinin işlənməsində iki əsas amil var: kəsmə qüvvələri və texnoloji sistemin elementlərinin elastikliyi. Çoxalətli emalda kəsmə qüvvələri kompleks fəaliyyət göstərir. Bu qüvvələrin təsiri sxemi sazlamasının strukturu tərəfindən verilir, yəni kəsən alətlərin emal olunan pəstaha nisbətən yerləşdirilməsi sxemi ilə, onların tipi və hər bir alətdə kəsmə dərinliyi ilə. N. D. Yusubov tərəfindən işlənmiş çoxalətli emalın dəqiqlik matris modelləri çoxalətli sazlamasının strukturunu təsvir edir və bütün əsas təsir edici amilləri nəzərə alır. Bu səbəbdən çoxalətli emalın layihələndirilməsinin hesabı nəzəriyyəsinin əsasını təşkil edir. Lakin burada da işlənmiş modellərin sistematikasını və onların çoxalətli sazlamalar təsnifatı ilə müqayisə edilməsi göstərir ki, dəqiqliyin proqnozlaşdırma ilə qiymətləndirilməsinin analitik modelləri texnoloji keçidlərin üst-üstə salınmasının bütün variantlarını nəzərə almır.

Ölçülərin təhrif olunmasının tamfaktorlu modeli. N.D. Yusubovun çoxalətli emalın dəqiqliyinin matris nəzəriyyəsi əsasında işlədiyi emal xətlərinin demək olar ki, əksər modelləri texnoloji sistemin altsistemlərinin XYZ dekart koordinat sisteminin oxları boyunca düzxətli-paralel yerdəyişmələrini nəzərə alır [15, s. 63-165], [16, s. 51-96; 97-114], [17, s. 268-271]. Emal xətlərinin formalaşma prosesinə belə yanaşma qabarit ölçüləri bütün koordinat oxları boyunca eyni tərtibdə olan hissələr üçün buraxıla bilər.

Lakin praktikada torna əməliyyatı zamanı qabarit ölçüləri müxtəlif istiqamətlərdə kəskin fərqlənən hissələr də emal edilir. Məsələn, uzun vallar (xətti ölçüləri üstünlük təşkil edən), disk və flans (diametral ölçüləri üstünlük təşkil edən) tipli hissələr. Belə hallarda emal xətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə mövcud vəziyyətdə emal edilən pəstahın dönmələri, xüsusilə də qabarit ölçülərinin üstünlük təşkil etdiyi istiqamətdə dönməsi də təsir edəcəkdir [15, s. 168].

Beləliklə, texnoloji sistemin elastikliyinin hər bir altsistem üçün iki matrisdən ibarət kompleks xarakteristikası (koordinat oxları və onların qarşılıqlı təsiri üzrə altsistemlərin elastikliyini xarakterizə edən koordinat elastiklik matrisi və koordinat oxları ətrafında dönməyə müqaviməti və onların qarşılıqlı təsirini xarakterizə edən bucaq elastiklik matrislərinin qiymətləri) müəyyən edilə bilər.

Nəticədə, texnoloji sistemin altsistemlərinin deformasiyası xassəsini bilməklə dəqiqlik modellərinin bazasında [15, s. 179-181] sazlamaların strukturu üzrə kəsmə rejimlərinin emal dəqiqliyinə təsir səviyyəsinin müəyyən edilməsi və proqnozlaşdırılması üçün imkan yaranır.

Nəticə. Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Analiz əsasında müasir RPİ ÇMD-lər konstruksiyasına görə 5 tipə ayrılmışdır. ÇMD-lərin konstruksiya tiplərinin hər bir tipinin imkanlarının analizi aparılmış və sazlama imkanlarına baxılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, müasir şərtlər daxilində RPİ avadanlıqlarından istifadə zamanı maksimal effektivliyin əldə olunması qarşıya məqsəd olaraq qoyulur. Çoxalətli sazlamaları ÇMD-lərə tətbiq etməklə hissələrin emal vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmaq, buraxılan məmulun keyfiyyətini yüksəltmək və stabiləşdirmək, alət xərclərini azaltmaq mümkündür.

Müasir RPİ ÇMD-lərdə çoxalətli emal texnoloji imkanlarının analizi və Azərbaycan Respublikasının maşınqayırma zavodlarında ÇMD-lərin potensialından istifadənin araşdırılması göstərir ki, zavodlarda 400 nəzəri mümkün sazlamaların yalnız 9%-i tətbiq edilir. Bizim ölkəmizdə isə bu rəqəm sıfıra bərabərdir. Bu zavodlardakı ÇMD-lərdən eyni zamanda bir neçə səthin emalı üçün deyil, müxtəlif detalların eyni zamanda emalı (şpindel və əksşpindel) üçün istifadə edilir. Bu fakt onu göstərir ki, müasir RPİ ÇMD-lərin yüksək potensialının olmasına baxmayaraq, belə dəzgahlarda çoxalətli sazlamaların reallaşdırılması çox aşağı səviyyədədir. Zavodda eyni zamanda bir neçə səthin çoxalətli emalına imkan verən avadanlıqların olmasına baxmayaraq, çoxalətli emalın tətbiq edilməməsinin başlıca səbəbi də orada bu istiqamət üzrə layihələndirmə və müvafiq olaraq sazlama sxemləri üzrə tövsiyələrin olmamasıdır. Hazırda müasir RPİ ÇMD-lər ilə bağlı ədəbiyyatlarda kəsmə rejimlərinin və vaxt normalarının təyini üzrə tövsiyələr mövcuddur. Lakin bu ədəbiyyatlarda ÇMD-

lərdə çoxalətli emal haqqında və belə emal zamanı kəsmə rejimlərinin təyini haqqında heç bir məlumat verilmir. Bu səbəbdən müasir RPİ ÇMD-lərdə məhz çoxalətli çoxsupportlu sazlamların layihələndirilməsi və tətbiqi üzrə tövsiyələrin işlənməsi zəruridir [4, s.177].

Digər tərəfdən müasir RPİ ÇMD-lərdə onların dəqiqlik imkanlarından tam istifadə olunmur, belə ki emalın dəqiqliyi 11-13-cü kəşlətdə təmin olunur. Amma sazlama və texnoloji təchizatın, kəsmə rejimlərinin düzgün seçilməsi nəticəsində dəqiqlik 6-9-cu kəşlətdə qədər yüksəldilə bilər. Sənayedə müasir RPİ ÇMD-lərdə əməliyyatların layihələndirilməsi üzrə avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərindən istifadə olunur, amma onlarda da ölçülərin dəqiqliyi üzrə məhdudiyyətin və eyni zamanda işləyən alətlərin qarşılıqlı təsirini nəzərə almaqla texnoloji sistemin elastiki yerdəyişmələrinin modelləşdirilməsi əsasında verişlərin hesabı müəyyən edilməsi metodikası yolu ilə çoxalətli emalın dəqiqliyinin və məhsuldarlığının yüksəldilməsi imkanları nəzərdə tutulmamışdır.

Çoxalətli çoxsupportlu sazlamların layihələndirilməsi və tətbiqi üzrə tövsiyələrin işlənməsi üçün əsas zəmin müasir RPİ dəzgahlarının imkanlarını nəzərə almaqla N.D. Yusubov tərəfindən işlənməmiş çoxalətli emalın matris dəqiqlik nəzəriyyəsidir. Araşdırma göstərmişdir ki, N.D. Yusubovun çoxalətli çoxsupportlu emalın dəqiqliyinin matris nəzəriyyəsi əsasında işlədiyi emal xətlərinin əksər modelləri texnoloji sistemin altsistemlərinin düzxətli-parallel yerdəyişmələrini nəzərə alır. Emal xətlərinin formalaşma prosesinə belə yanaşma qabarit ölçüləri bütün koordinat oxları boyunca eyni tərtibdə olan hissələr üçün buraxıla bilər.

Lakin praktikada torna əməliyyatı zamanı qabarit ölçüləri müxtəlif istiqamətlərdə kəskin fərqlənən hissələr də emal edilir. Belə hallarda emal xətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə mövcud vəziyyətdə emal edilən pəstahın dönmələri, xüsusilə də qabarit ölçülərinin üstünlük təşkil etdiyi istiqamətdə dönməsi də təsir etdiyindən dəqiqlik modellərində nəzərə alınmalıdır.

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alaraq çoxməqsədli dəzgahlarda çoxalətli emalın problemi müəyyən edilir. Problem RPİ ÇMD-lərdə çoxalətli sazlamada eyni zamanda işləyən alətlərin qarşılıqlı təsirini nəzərə almaqla texnoloji sistemin elastiki yerdəyişmələrinin modelləşdirilməsi əsasında verişin hesablanması yolu ilə çoxalətli emalın dəqiqliyinin müəyyən edilməsi, proqnozlaşdırılması və məhsuldarlığının yüksəldilməsi yollarının araşdırılmasıdır.

Ədəbiyyat

1. Багров, Б.М. Многоцелевые станки. Учебное пособие. / Б.М. Багров, А.М. Козлов; – Липецк: ЛГТУ, – 2004. – 193 с.
2. Юсубов, Н.Д., Багирова Г.М. Многоинструментная обработка на многоцелевых станках с ЧПУ // – Баку: Машиноведение, – 2012. №1, – с. 57-62.
3. Чуваков, А.Б. Современные тенденции развития и основы эффективной эксплуатации обрабатывающих станков с ЧПУ / А.Б. Чуваков.- Нижний Новгород: НГТУ, – 2013. – с. 174.
4. Юсубов, Н.Д., Багирова, Г.М. Проектирование многоинструментной обработки на современных многоцелевых токарных станках с ЧПУ // Седьмая Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в промышленности», – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, – 30-31 октября, – 2012, – с. 176-178.
5. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. Т. 2 / В.В. Бушуев [и др.]; под ред. В.В. Бушуева. Т. 2. - Москва: Машиностроение, - 2011. - 586 с.
6. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. / В.И. Гузеев, Батуев В.А., Сурков И.В. Под ред. В.И. Гузеева. 2-е изд.– Москва: Машиностроение, – 2007. – 368 с.
7. Abbasova, N.M. RPİ çoxməqsədli dəzgahlarının texnoloji imkanlarının tam istifadə edilməsi zamanı çoxalətli emalın rolu // – Bakı: Elmi əsərlər, – 2019. №3, – s. 67-74.
8. Машиностроение. Энциклопедия: [в 40 томах]. Технология изготовления деталей машин. / А. М. Дальский, А.Г. Сулов, Ю.Ф. Назаров [и др.]. –Москва: Машиностроение. Т. III-3. – 2000. – 840 с.

9. Обработка на токарных станках: наладка, режимы резания: Справочник / Под общей ред. проф. А.А. Кошина. – Челябинск: Сити-Принт, – 2012. – 744 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Част II. Нормативы режимов резания // - Москва: Экономика, -1990, -472 с.
11. Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – Москва: Машиностроение, – 1969. – 358 с.
12. Кошин, А. А. Теория точности и оптимизация многоинструментной токарной обработки: / диссертация доктора технических наук, специальность 05.02.08 – Технология машиностроения. / – Челябинск, 1997. – 290 с.
13. Юсубов, Н.Д. Матричная полнофакторная модель искажения размеров, выполняемых в многоинструментных наладках // – Москва: Техника машиностроения, – 2008. № 1 (65), – с. 36-39.
14. Юсубов, Н. Д. Матричные модели точности в многоинструментных двухсуппортных наладках // – Москва: Вестник машиностроения, – 2009. № 3, – с. 52-54.
15. Юсубов, Н. Д. Многоинструментная обработка на станках - автоматах токарной группы (Матричная теория точности многоинструментной обработки на современных станках с ЧПУ токарной группы) / Н. Д. Юсубов. – Саарбрюккен: AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013. – 256 с.
16. Юсубов, Н. Д. Основы матричной теории точности многоинструментной токарной обработки (Принципы и структура теории, проектирования и управления процессами многоинструментной обработки) / Н. Д. Юсубов. – Саарбрюккен: OmniScriptum GmbH & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013. – 216 с.
17. Yusubov, N. D. Matrix Models of the accuracy in multitool two-support setup // – Moscow: Russian Engineering Research, – 2009. Volume 29, issue (3), – p. 268-271.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022

Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayilov