

UOT 621.941.01

RPİ DƏZGAHLARINDA HİSSƏLƏRİN SƏMƏRƏLİ EMAL YOLLARININ ARAŞDIRILMASI

¹Yusubov N.D., ¹Məmmədov Ə.S., ²Xankişiyev İ.A., ¹Abbasova H.M.,
¹Dadaşov R.Y., ¹Hüseynov Y.E.

¹Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
²Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç, 18

E-mail: nizami.yusubov@aztu.edu.az, arastun.mammadov@aztu.edu.az, isaq.xankishiyev@asco.az,
abbasova.heyran@aztu.edu.az, dadashov@aztu.edu.az, yusif.huseynov@aztu.edu.az

Xülasə. Məqalədə rəqəmli proqramla idarəolunan (RPİ) çoxməliyyatlı dəzgahlarda hissələrin səmərəli emal üsulları araşdırılmışdır. Emal sxemlərinin təhlili, kəsmə vaxtının tərkib hissələri və emal olunan hissələrin elementar səthlərinin formalaşması zamanı alətin hərəkət trayektoriyasının planlaşdırılması əsasında, tsiklin qısaldılması və məhsuldarlığın artırılması üzrə optimallaşdırma strategiyaları təqdim olunmuşdur. Alətin hərəkət strukturu, seçimi və köməkçi hərəkətlərin əsas proseslərlə sinxronlaşdırılmasının ümumi səmərəliliyə təsiri qiymətləndirilmişdir. Müasir istehsalda texnoloji hazırlığın təkmilləşdirilməsi üçün adaptiv idarəetmə və çoxalətli emal üsulları tövsiyə edilmişdir.

Abstract. The article investigates efficient machining methods for parts on multi-operation CNC (Computer Numerical Control) machines. Based on the analysis of machining schemes, the components of cutting time, and the planning of the tool movement trajectory during the formation of elemental surfaces of the machined parts, optimization strategies for cycle time reduction and productivity enhancement are proposed. The impact of the tool movement structure, its selection, and the synchronization of auxiliary motions with main processes on overall efficiency is evaluated. Adaptive control and multi-tool machining methods are recommended to improve technological preparation in modern manufacturing.

Аннотация. В статье исследованы эффективные методы обработки деталей на многооперационных станках с числовым программным управлением (ЧПУ). На основе анализа схем обработки, составных частей времени резания и планирования траектории движения инструмента при формировании элементарных поверхностей обрабатываемых деталей предложены стратегии оптимизации по сокращению цикла и повышению производительности. Оценено влияние структуры движения инструмента, его выбора и синхронизации вспомогательных движений с основными процессами на общую эффективность. Для совершенствования технологической подготовки в современных производствах рекомендованы адаптивное управление и многоинструментальные методы обработки.

Açar sözlər: RPİ dəzgahları, çoxməliyyatlı dəzgahlarda emal, texnoloji optimallaşdırma, emal sxemləri, alət trayektoriyası və keçidlərin planlaşdırılması

Key words: CNC machines, machining on multi-operation machines, technological optimization, machining schemes, tool trajectory and transition planning

Ключевые слова: станки с ЧПУ, обработка на многооперационных станках технологическая оптимизация, схемы обработки, траектория инструмента и планирование переходов

Giriş. Müasir bazar münasibətlərində müxtəlif sənaye sahələrində əmək məhsuldarlığının artırılması məsələlərinin həlli, istehsalın mexaniki emal prosesləri ilə sıx bağlıdır. Burada metalkəsən dəzgahlar texnoloji avadanlığın əsas növü hesab edilir.

Müasir maşınqayırmanın ən mühüm məsələlərindən biri maşın hissələrinin mexaniki emalının səmərəliliyinin artırılmasıdır. Bu məsələnin həllinə hissələrin səth qatının verilmiş keyfiyyət səviyyəsində ən yüksək emal məhsuldarlığına nail olmaq da daxildir [1, 5].

Rəqabət qabiliyyətinin artırılması məqsədilə bir çox müəssisələr qarşılarına istehsal olunan məhsulların keyfiyyətinin və buraxılış həcminin artırılması ilə bağlı yeni tələblər qoyurlar. Bu isə, öz növbəsində, əsas istehsal fondlarının köklü şəkildə yenilənməsini və yüksək məhsuldarlıqlı, RPİ çoxəmaliyyətli dəzgahlarda yeni texnologiyaların mənimsənilməsini zəruri edir.

Əsasən seriyalı istehsal şəraitində fəaliyyət göstərən müasir maşınqayırma sənayesi üçün çoxfunksiyalı RPİ dəzgahlarının geniş tətbiqi xarakterikdir. Belə ki, RPİ dəzgahlarında müxtəlif növ və materialdan olan pəstahları emal etmək, bir neçə əməliyyatları bir dəzgahda cəmləşdirmək mümkündür.

RPİ çoxəmaliyyətli dəzgahların tədqiqi. RPİ çoxəmaliyyətli dəzgahlarının əsas fərqləndirici cəhəti, müxtəlif təyinatlı işlərin görülməsi üçün emal prosesinin yüksək məhsuldarlıqlı və dəqiq yerinə yetilməsi şərti ilə hissələrin kompleks emalının mümkünlüyünü təmin edən, onların texnoloji imkanlarını artıran alət mağazasının, alətin avtomatik dəyişdirilməsi və onun vəziyyətinin diaqnostikası sistemlərinin olmasıdır.

RPİ çoxəmaliyyətli dəzgahlar əmək məhsuldarlığının daha da artırılması, avadanlıqların istifadə əmsalının artırılması, bir hissənin emalından digərinə keçid zamanı sazlaşmanın sadəliyi, çoxdəzgaha xidmət edilməsi imkanı, operator səhvlərinin emal keyfiyyətinə təsirinin aradan qaldırılması, nəzarət əməliyyatlarının həcmnin azalması, işçilərin ixtisas tələbinin azalması və s. kimi bir sıra əhəmiyyətli xüsusiyyətlərə də malikdirlər.

Çoxəmaliyyətli dəzgahlar istənilən hissələri istehsal etmək üçün uyğun olsa da, bəzi hallarda görə sadə hissələrin istehsalında onların rentabelliğini aşağı salır. Hissə nə qədər mürəkkəbdirsə və texnoloji proses nə qədər çox keçid və əməliyyat tələb edərsə, çoxəmaliyyətli dəzgahların tətbiqi bir o qədər səmərəli olur.

Məlum olduğu kimi, metalkəsən RPİ dəzgahlar parkında torna dəzgahları – 29,2%, paradaqlama və cilalama dəzgahları – 15,8%, frez dəzgahları – 13,2%, diş emalı dəzgahları – 7,2% paya malikdirlər. Bununla yanaşı, çoxfunksiyalı dəzgahlarda emal olunan tipik hissələri isə aşağıdakı kimi bölmək olar: mürəkkəb gövdə tipli hamar vallar – 36%, pilləli vallar – 42%, oymaq tipli detallar – 22% [2-6].

İqtisadi cəhətdən RPİ dəzgahlarının tətbiqi, yalnız universal dəzgahlarda emalı mümkün olmayan mürəkkəb gövdə hissələrinin emalı zamanı deyil, eləcə də xətti və diametral dəqiqliyi IT8-IT10 [7] və səthinin kələ-kötürlüyü Rz 5-dən 20 mkm-dək [8-10] olan valların emalı üçün məqsədə uyğundur. RPİ çoxəmaliyyətli dəzgahlarda emalın iqtisadi səmərəliliyinin artırılması, ilk növbədə, əməliyyatların maksimum konsentrasiyası ilə əldə olunur.

Aparılmış araşdırmalar göstərir ki, texnoloqlar tərəfindən təklif olunan üsullar məmulların tələb olunan keyfiyyət göstəricilərini təmin etmək üçün əhəmiyyətli xərclər tələb edir [3]. Sorğuda iştirak edən mütəxəssislər arasında problemin həlli variantları aşağıdakı kimi bölüşdürülüb:

- ❖ emal rejimi parametrlərinin azaldılması – 34%;
- ❖ avtomatik idarəetmə sistemlərinin və xüsusi təchizat vasitələrinin tətbiqi – 27%;
- ❖ texnoloji sistemin sərtliliyinin artırılması – 26%;
- ❖ variantların kombinasiyası – 13%.

Avadanlıqların yüksək maya dəyəri çoxəmaliyyətli RPİ dəzgahlarına, hissələrin elementar səthlərinin formalaşdırılması zamanı material çıxarılmadan, minimum emal vaxtını təmin edən, istehsalın əsaslandırılmış və yüksək effektiv texnoloji hazırlığının həyata keçirilməsi kimi müəyyən tələblər irəli sürür.

Elementar səthin formalaşdırılması zamanı ədədi vaxt ($T_{\text{əd}}$), üç tərkib hissənin - əməliyyat vaxtı ($T_{\text{əm}}$), iş yerinə xidmət vaxtı (T_{xid}) və əlavə vaxtın ($T_{\text{əl}}$) cəmi kimi təyin edilir:

$$T_{\text{əd}} = T_{\text{əm}} + T_{\text{xid}} + T_{\text{əl}} . \quad (1)$$

Burada əməliyyat vaxtı ($T_{\text{əm}}$), əsas ($T_{\text{əs}}$) və köməkçi ($T_{\text{köm}}$) texnoloji vaxtların cəmini təşkil edir. Köməkçi vaxt isə ($T_{\text{iş.ged.}}$) və ($T_{\text{boş.ged.}}$) olmaqla iki tərkib hissədən ibarətdir:

$$T_{\text{əm}} = T_{\text{əs}} + T_{\text{köm}} = T_{\text{əs}} + T_{\text{iş.ged.}} + T_{\text{boş.ged.}} , \quad (2)$$

burada $T_{\text{iş.ged.}}$ – alətin işçi veriş rejimində boş gedişləri üçün sərf olunan vaxtdır (giriş, çıxış, alətin növbəti keçid üçün geri çəkilməsi məsafəsi);

$T_{\text{boş.ged.}}$ – dəzgahın sürətli veriş rejimində alətin boş gedişlərinə sərf olunan vaxtdır (alətin dəyişmə nöqtəsindən emal səthinə yaxınlaşdırılması və dəyişmə nöqtəsinə geri qayıtması).

Təqdim olunan tənliklərin komponentlərinin analizi göstərir ki, ədədi vaxtı ($T_{\text{əd}}$) əsasən əməliyyat vaxtını ($T_{\text{əm}}$) azaltmaqla qısaltmaq mümkündür, çünki ədədi vaxtın digər tərkib hissələrinin payı əhəmiyyətli dərəcədə azdır.

Əməliyyat vaxtını ($T_{\text{əm}}$) isə iki üsulla azaltmaq mümkündür:

1. Əsas texnoloji vaxtın ($T_{\text{əs}}$) qısaltılması;

2. Əməliyyatlardakı keçidlərin vaxt baxımından tam və ya qismən üst-üstə düşməsinin təmin edilməsi ilə.

Əsas texnoloji vaxtın ($T_{\text{əs}}$) azaldılması, onun hesablandığı tənliyin komponentləri əsasında mümkündür [10]:

$$T_{\text{əs}} = \frac{(l_{\text{gir}} + l_{\text{d}} + l_{\text{çix}}) \cdot i}{n \cdot S} \quad (3)$$

burada l_{gir} – alətin giriş uzunluğu;

l_{d} – pəstahın səthində emal uzunluğu;

$l_{\text{çix}}$ – alətin çıxış uzunluğu;

n – şpindelin dövrlər sayı;

S – işçi veriş;

i – işçi gedişlərin sayıdır.

Əsas texnoloji vaxtın ($T_{\text{əs}}$) azaldılmasının **birinci yolu** – S işçi veriş rejimində alətin giriş və çıxış uzunluqlarının (uyğun olaraq l_{gir} və $l_{\text{çix}}$) qısaltılması hesabına alətin hərəkət yolunun azaldılmasıdır. Buna, kəsici alətin dəqiq mövqeləndirilməsini təmin etməyə imkan verən, düzgün avtomatlaşdırılmış idarəetmə proqramını tətbiq etməklə nail olmaq olar.

İşçi keçidlərin sayının (i) azaldılması məqsədilə tətbiq olunan **ikinci yanaşma**, müasir RPI dəzgahlarının yüksək sərtliyə malik texnoloji sistemlərinin imkanlarından istifadəni nəzərdə tutur. Bu sərtlik, “güclü kəsmə” kimi tanınan intensiv kəsmə rejimlərinin tətbiqinə şərait yaradır. Sözügedən rejimlər, kəsmə prosesində yükün (qüvvənin) artırılmasına baxmayaraq sistemdə deformasiya (yerdəyişmə) və vibrasiyaların minimallaşdırılmasına imkan verir. Bu yanaşma, həmçinin minimal emal ehtiyatına malik olan pəstahların istifadəsini mümkün edərək texnoloji prosesin ümumi effektivliyinin yüksəldilməsinə xidmət edir:

$$T_{\text{iş.ged.}} = \frac{(L_{\text{gir}} + L_{\text{çix}} + L_{\text{geç}}) \cdot i}{n \cdot S} , \quad (4)$$

burada L_{gir} – alətin giriş uzunluğu;

$L_{\text{çix}}$ – alətin çıxış uzunluğu;

$L_{\text{geç}}$ – alətin növbəti keçid üçün geri çəkilməsi məsafəsidir.

Alətin dəzgahın sürətləndirilmiş veriş rejimində yerini dəyişmə (yerdəyişmə) vaxtı aşağıdakı tənliklə müəyyən edilir:

$$T_{boş.ged.} = \frac{L_y}{S_y} . \quad (5)$$

burada: L_y – alətin sürətləndirilmiş yerdəyişmələrinin (yerinə dəyişmələrinin) uzunluğu;

S_y – alətin sürətləndirilmiş yerdəyişmələrinin (yerinə dəyişmələrinin) sürətidir.

Alətin sürətləndirilmiş hərəkətlərinin (yerdəyişmələrinin) sürəti, dəzgahın konstruktiv imkanları ilə müəyyən olunur və adətən pasport məlumatlarında göstərilir. Texnoloji proses zamanı alətin sürətləndirilmiş yerini dəyişmə sürəti (və ya boş keçid sürəti) dəzgahın maksimal dinamik imkanlarına uyğun seçilir və hesablama zamanı sabit parametr kimi qəbul olunur.

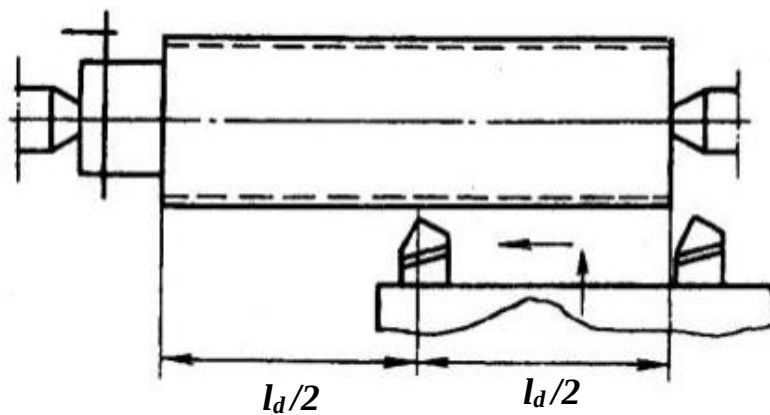
Hesablanmış əməliyyat vaxtı ($T_{əm}$) tənliyinin strukturunun analizi göstərir ki, əsas vaxt ($T_{əs}$), optimal kəsmə rejimi parametrlərinin (n , S) düzgün seçilməsi ilə azaldıla bilər. Bu, elementar səthlərin formalaşdırılması üzrə parametrik optimallaşdırma məsələlərinə daxildir [11-14].

$T_{iş.ged.}$ və $T_{boş.ged.}$ vaxtları, kəsmə, giriş, alətin pəstahdan çıxarılması və sürətləndirilmiş yerdəyişmə uzunluqlarının, həmçinin səthlərin formalaşdırılması prosesini pozmadan, alətin bu yerdəyişmələrdəki hərəkət trayektoriyalarının dəyişdirilməsi ilə azaldıla bilər. Bu, elementar səthlərin emal tsikllərinin strukturunun təkmilləşdirilməsi məsələlərinə daxildir. Perspektiv yol, hissələrin elementar səthlərinin çoxgedişli formalaşdırılması tsiklinin optimal strukturunun qurulması ilə emalın səmərəliliyinin artırılmasıdır.

Bildiyimiz kimi, universal dəgahlarda ssas texnoloji vaxtın (əgər bu maşın vaxtıdırsa) azaldılması aşağıdakı yollarla həyata keçirilə bilər [12] :

- Alət və materialın işçi veriş hərəkətindəki nisbi hərəkət yolu olan l_1 , l_d , l_2 -nin qısaldılması;
- İşçi keçidlərinin sayının (k -nin) azaldılması;
- Emal rejimlərinin artırılması;
- Əsas keçidlərin vaxt baxımından üst-üstə salınması.

Bildiyimiz kimi, universal dəzgahlarda alətin işçi keçid yolunun qısaldılmasında ən yüksək səmərə, emal edilən pəstahın səthi boyunca uzunluğun bir neçə kəsici alət arasında paylanması ilə əldə edilir. Məsələn, valların səthinin iki alətlə emalı (şəkil 1) həmin səthin bir alətlə emal edilməsi ilə müqayisədə maşın vaxtının (T_m) təxminən iki dəfə azalmasına səbəb olur.



Şəkil 1. Emal edilən səthin uzunluğunun iki kəsici alət arasında paylanması sxemi [12]

Şəkil 1-də valın səthinin iki kəsici alət tərəfindən emal edildiyi göstərilmişdir. Alətlərin hər biri səthin müəyyən bir hissəsini emal edir, nəticədə işçi keçidinin ümumi uzunluğu (l_d) iki hissəyə bölünür.

Bu yanaşma maşın vaxtını (t_m) təxminən iki dəfə azaldır, çünki hər alət eyni vaxtda iş görür, beləliklə, səthin bütövlükdə bir alətlə emalı ilə müqayisədə daha sürətli tamamlanmasını təmin edir. Bu texnika məhsuldarlığı artırmaq və emal prosesinin ümumi effektivliyini yüksəltmək üçün çox faydalıdır.

Alət və pəstahın nisbi hərəkət yolunun qısaldılması, işçi veriş hərəkəti zamanı kəsici alətin giriş və çıxış uzunluqlarının azaldılması ilə də həyata keçirilə bilər. Buradan belə qənaətə gəlmək olar ki, universal dəzgahlarda istifadə edilən alət və pəstahın işçi veriş hərəkətindəki nisbi hərəkət yolu olan alətin giriş (l_{gir}), emal uzunluğu (l_d), çıxış uzunluğunun ($l_{çix}$) qısaldılması imkanları ənənəsini RPI dəzgahlarında da mümkün qədər tətbiq etmək və bunun üçün lazım olan texniki məsələləri həll etmək lazımdır. Əlbəttə ki, bu zaman məsələnin həlli iqtisadi baxımdan konkret istehsal şəraitində səmərəli olmalıdır.

İşçi keçidlərin sayı (i), emal üçün nəzərdə tutulan pəstahın emal payından, dəzgahın gücündən və tələb olunan ölçü dəqiqliyindən asılıdır. İşçi keçidlərin sayını azaltmaq üçün pəstahların ölçü və formasını hazır hissənin ölçü və formasına yaxınlaşdırmaq vacibdir. Bu məqsədə nail olmaq üçün texnoloji sistemlərdə elastiki yerdəyişmələrin adaptiv idarəetmə qurğuları da kömək edə bilər.

Maşın vaxtının azaldılmasının ən effektiv yollarından biri də emal rejimlərinin artırılmasıdır. Emal rejimlərinin seçimi hissələrin tələb olunan dəqiqliyi, pəstahın səth qatının keyfiyyəti və kəsici alətin davamlılığı ilə sıx bağlıdır.

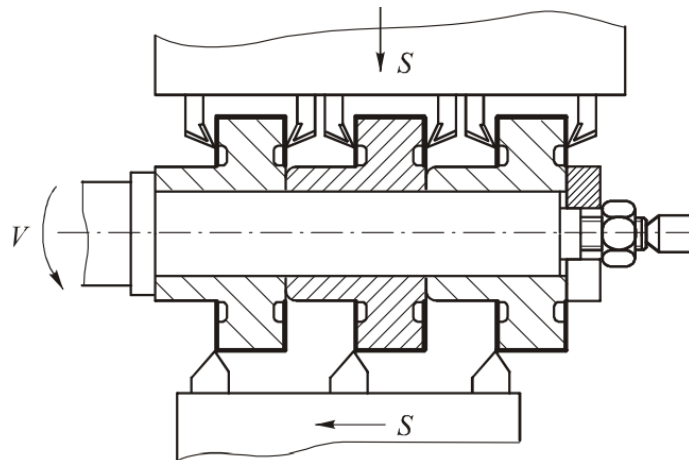
Verişin seçilməsi, emal zamanı buraxıla bilən kəsmə qüvvəsi ilə məhdudlaşır. Bu qüvvə texnoloji sistemdə elastik yerdəyişmələrə və emal olunan səthin səthi qatının keyfiyyətinə təsir edir.

Kəsmə sürəti, kəsici alətin ölçü davamlılığı və kəsmə zamanı yaranan istiliyin miqdarı ilə məhdudlaşır. İstilik texnoloji sistemdə deformasiyalara səbəb olur və səthin keyfiyyətinə təsir edir.

Bu səbəbdən, emal rejimlərinin seçilməsi, tələb olunan keyfiyyətin iqtisadi cəhətdən optimal şəkildə əldə edilməsinə əsaslanmalıdır.

Emal rejimlərinin artırılması, maşın vaxtının azaldılmasında böyük ehtiyatlar yaradır. Yeni yüksək davamlılığa malik alət materialları və mükəmməl alət konstruksiyaları, dəzgahların işçi orqanlarının hərəkət sürətlərinin diapazonunun genişləndirilməsi, dəzgahların dəqiqlik üçün avtomatik idarəetmə sistemləri ilə təchiz edilməsi bu ehtiyatlardan istifadə etməyə və emal proseslərinin məhsuldarlığını artırmağa imkan yaradır.

Əsas keçidlərin vaxt baxımından üst-üstə salınması, maşın vaxtının azaldılmasında digər effektiv üsuldur. Bu yanaşmanın nümunəsi olaraq, çoxsaylı kəsici alətlərdən istifadə edən dəzgahda dişli çarx bloku üçün müxtəlif diametrlərə malik səthlərin 12 alətlə emalı göstərilə bilər (şəkil 2).



Şəkil 2. Dişli çarx bloku üçün çoxsaylı kəsici alətlərlə emal zamanı əsas keçidlərin vaxt baxımından üst-üstə salınması [15]

Bu halda bütün əməliyyat üçün sərf olunan maşın vaxtı, ən uzun davam edən əsas keçid üçün tələb olunan maşın vaxtına bərabər olacaqdır.

Vaxtın üst-üstə salınması texnologiyası, əsas keçidlərin eyni zamanda paralel şəkildə yerinə yetirilməsinə imkan verir. Bu iş istehsal prosesinin məhsuldarlığını artırır və ümumi maşın vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. RPI dəzgahlarının resurslarının səmərəli istifadəsinə və mürəkkəb hissələrin daha sürətli və kompleks emalına nail olunur.

Köməkçi vaxtı iki yolla qısaltmaq mümkündür: Köməkçi keçidlərin icrası üçün sərf olunan vaxtın birbaşa azaldılması və köməkçi keçidlərin əsas keçidlər ilə paralel həyata keçirilməsi ilə.

Köməkçi vaxtın birbaşa qısaldılması aşağıdakı yollarla mümkündür:

- Emal edilmiş pəstahın növbəti partiyadan olan pəstahla dəyişdirilməsi üçün sərf olunan vaxtın azaldılması;
- Alətlərin boş yerdəyişdirmələri sürətinin artırılması;
- Avadanlıq və tərtibatların idarə edilməsi üçün sərf olunan vaxtın azaldılması;
- Texnoloji prosesin gedişatını nəzarət etməyə sərf olunan vaxtın azaldılması ilə.

Bəzi hissələrin yerləşdirilməsi çox vaxt ala bilər. Bu zaman xüsusi və universal tərtibatların istifadəsi iş vaxtını qısaldır. Məsələn, dayaq, lövhə, təbəqələr kimi normallaşdırılmış vasitələrdən ibarət olan tərtibatlar, hissələrin altı nöqtə qaydası ilə yerləşdirilməsini təmin edir və vaxt sərfini azaldır. Ayrıca cəld hərəkətli pnevmatik, hidravlik və elektro-mexaniki sıxma quruluşları sistemləri tərtibatlara daxil edilə bilər.

Köməkçi hərəkətlər üçün sərf olunan vaxtın azaldılması məqsədilə, müasir dəzgahların işçi orqanlarının sürətli hərəkətləri üçün mexanizmlərlə təchiz olunur və avtomatik cihazlar işə salınır, beləliklə işçi veriş hərəkətlərinə keçid daha sürətli olur.

İdarəetməni bir yerdə mərkəzləşdirərək, dəzgah və tərtibatların idarə edilməsi üçün sərf olunan vaxtı qısaltmaq mümkündür. Ağır dəzgahlarda idarəetmə panelləri ikiləşdirilir, bu da işçiyə dəzgahı müxtəlif iş yerlərindən idarə etməyə imkan verir.

Əməliyyat vaxtının azaldılması, tam və ya qismən köməkçi keçidlərin əsas keçidlərlə üst-üstə düşməsi nəticəsində mümkündür. Buna misal olaraq, frez dəzgahının fırlanan stolunun bir mövqeyində növbəti pəstahın yerləşdirilməsi və digər mövqeyində əvvəlki pəstahın emal edilməsi göstərilə bilər. Emal bitdikdən sonra stol 180° dönür, növbəti pəstah emal edilməyə başlanır və stolun boş mövqeyində əvvəlki pəstah yenisi ilə əvəz olunur.

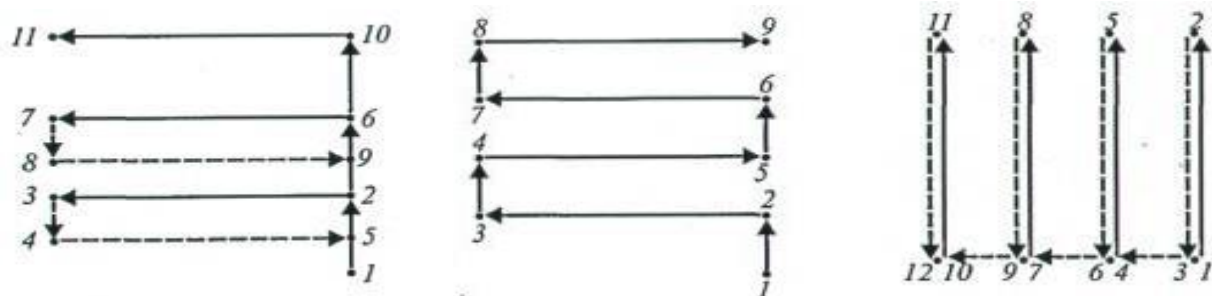
Əsas keçidlər ilə, alətin alət maqazində dəyişdirilməsi vaxtı, pəstahın emal zamanı ölçülməsi, emal rejimlərinin dəyişdirilməsi və digər köməkçi tədbirlər üst-üstə salına bilər. Köməkçi tədbirlərin əsas keçidlərlə tam üst-üstə düşməsi halında əməliyyat vaxtı, əsas texnoloji vaxtla bərabər olur.

Bu yanaşma, əməliyyat vaxtını optimallaşdırmağa və ümumi istehsal prosesini sürətləndirməyə kömək edir.

Çoxgedişli emal tsiklinə təsir edən amillər. RPI dəzgahı üçün idarəetmə proqramlarını hazırlayarkən, hissənin ölçü dəqiqliyi və səthlərinin müəyyən edilmiş kələ-kötürlüyünə, həmçinin kəsici alətlərin imkanlarına və pəstahın bərkidilməsi üsullarına olan tələblərdən asılı olaraq formalaşan emal zonalarına bölünür. Bir qayda olaraq, bir texnoloji keçidə uyğun gələn emal sahələri (zonaları) kobud emal və təmiz emala bölünür. Bu halda, ən böyük ümumi əmək tutumu (idarəetmə proqramının layihələndirilməsi və birbaşa dəzgahda emal) açıq, yarım açıq, qapalı ola bilən seçmə zonalarında (sahələrində) baş verir.

İstehsalın texnoloji hazırlanmasının səmərəliliyini artırmaq üçün hazırda standart dövrlər (tsikllər) hazırlanmışdır ki, onlara uyğun olaraq zonada emal payının çıxarılması müxtəlif sxemlərdən istifadə etməklə həyata keçirilə bilər.

Seçmə zonaları üçün alətin trayektoriyasını işləyərkən, alətin standart hərəkət sxemləri tövsiyə olunur (şək. 3).



a) b) c)
 Şəkil 3. Alətin hərəkət sxemləri: a) ilmə; b) burum (ziqzaq); c) enmə [16]

“İlmə” sxemi pəstahı eyni istiqamətdə işləyən kəşkilərlə emal edərkən, istifadə olunur. “Burum (Ziqzaq)” sxemi əsasən dərin çökəklikləri hər iki istiqamətdə “fincan tipli” kəşkilərlə emal zamanı istifadə olunur. “Enmə” sxemi qanov kəşkiləri ilə iş üçün təyin olunmuşdur.

Müxtəlif seçmə zonaları üçün sxemlərin həyata keçirilməsi variantları cədvəl 1-də göstərilmişdir.

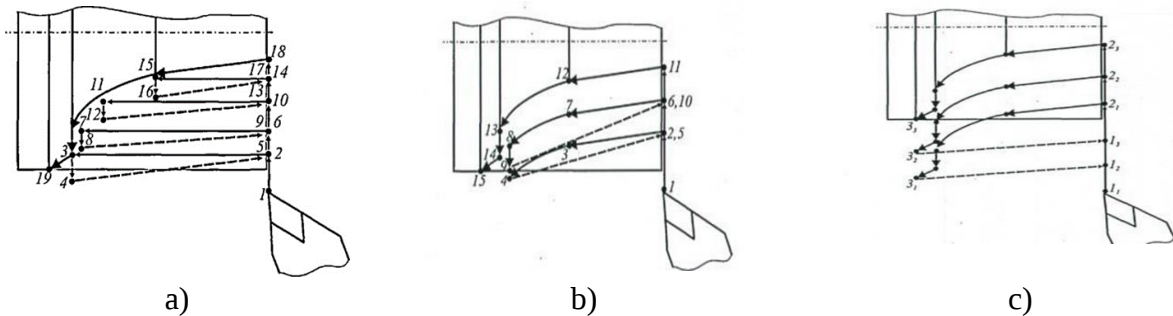
Cədvəl 1

Emal paylarının götürülməsi sxemlərinin həyata keçirilməsi [16]

Keçidlərin sxemi	Müxtəlif emal zonalarında tipik keçidlər		
	Açıq zona	Yarımaçıq zona	Bağlı zona
İlmə			
Burum (Ziqzaq)			
Enmə			

RPI dəzgahlarında istehsal olunan hissələrin çeşidinin təhlili göstərir ki, əhəmiyyətli bir nisbəti yarı açıq sahələri olan hissələr tutur. Belə bir hissələri emal edərkən, yuxarıda müzakirə olunanlardan daha mürəkkəb alət hərəkət sxemlərindən istifadə olunur (şəkil 4).

Ekvidistant sxem (şəkil 4, b) alətin işçi gedişlərinin trayektoriyalarını pəstahın konturuna uyğun şəkildə təşkil edir. Kontur sxemi, emal edilən profilə bərabər məsafədə (ekvidistant) olan alətin işçi gedişlərini təkrarlayaraq formalaşır (şəkil 4, c). Hər bir işçi gediş, köməkçi gedişlə birlikdə müəyyən bir trayektoriya yaradır. Bu trayektoriya qapalı dövrə uyğun gəlir. Bu dövrdə başlanğıc nöqtəsi düz xətt üzrə hərəkət edərək hissənin konturuna yaxınlaşır.



Şəkil 4. RPİ dəzgahlarında istehsal olunan hissələrin emalı zamanı, alətin mürəkkəb hərəkət sxemləri [16]:
a) Yarımtəmiz gediş ilə (təmizləmə) kobud emal sxemi, b) Ekvidistant (bərabər məsafəli) sxem. c) Konturun emal edilməsi sxemi

RPİ dəzgahlarında çoxgedişli kobud və təmiz emal tsikllərinin strukturunun təhlili göstərir ki, zonanın emal sxemləri idarəetmə proqramının tərtib edilməsinin əmək tutumu, məhsuldarlıq, emal xətası ilə fərqlənir. Bu səbəbdən, emal mərhələsində RPİ dəzgahında hissənin istehsalının səmərəliliyini artırmaq üçün "təmizləmə" gedişləri tətbiq olunur. Beləliklə, çoxgedişli emal dövrü onun elementləri (emal paylarının paylanma sxemi, "təmizləmə" gedişinin mövcudluğu və ya olmaması, istifadə olunan alətin növü və emal sxemi) ilə müəyyən edilir.

Apardığımız araşdırmanın nəticəsi olaraq bu qənaətə gəlirik ki, RPİ ilə mexaniki emalda dəqiqlik, səmərəlilik və xərclərin optimallaşdırılması müasir istehsalatın əsas tələblərindəndir. Bu optimallaşdırmanın mühüm amillərindən biri də, kəsici alət vasitəsilə emal olunan hissəni formalaşdırmaq üçün izlədiyi əvvəlcədən proqramlaşdırılmış marşrut, yəni alət yolu strategiyasıdır. Alət yolu strategiyası, müxtəlif materiallar və dəzgah konfigurasiyalarında emal proseslərini təkmilləşdirmək məqsədilə hazırlanmış metodologiyadır.

Alət yolu (alətin hərəkət trayektoriyası) strategiyası, effektiv alət hərəkətinin təmin edilməsi, emal vaxtlarının azaldılması, kəsən alətin yeyilməsinin minimuma endirilməsi və yüksək səth keyfiyyətinin əldə edilməsi kimi məqsədləri nəzərdə tutur. İnkişaf etmiş RPİ sistemlərinin və yüksək dəqiqlikli, az tullantılı istehsalata olan tələbatın artması ilə alət yolu strategiyası müasir RPİ proqramlaşdırmasının təməl daşına çevrilmişdir. Bu strategiya, istehsalın sürətini artırmaqla yanaşı, məhsulun keyfiyyətini də yüksəldir, rəqabət üstünlüyünü təmin edir.

Nəticə. Məqalədə RPİ çoxəmaliyyətli dəzgahlarda hissələrin səmərəli emal yolları araşdırılmış, emal prosesinin optimallaşdırılması üçün müxtəlif texnoloji yanaşmalar təhlil edilmişdir. Emal sxemlərinin struktur analizi və kəsici alətin hərəkət trayektoriyalarının düzgün planlaşdırılması əsasında, maşın vaxtının və köməkçi vaxtların azaldılması yolları araşdırılmışdır. Əsas texnoloji vaxtın optimallaşdırılması, emal rejimlərinin artırılması, keçidlərin paralel yerinə yetirilməsi və çoxalətli alətlərlə işləmə metodlarının tətbiqi vasitəsilə məhsuldarlığın artırılması imkanları göstərilmişdir. Həmçinin, çoxkeçidli emal tsikllərinin optimal strukturunun formalaşdırılması texnoloji hazırlığın səmərəliliyini artırmaq üçün əsas istiqamətlərdən biri kimi müəyyən edilmişdir.

Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir – Qrant No AEF-MGC-2024-2(50)-16/01/1-M-01

Ədəbiyyat

1. Yusubov N.D., Bogatenkov S.A., Dadaşov R.Y., Əzizli Z.M. RPİ dəzgahlarında emal keyfiyyəti və məhsuldarlığın yüksəldilməsinin araşdırılması // ADDA-nın Elmi əsərləri, –N2, – 2023, – s. 58–66.
2. Гжиров, Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий. – Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 588 с., ил.
3. N.D. Yusubov, M.K. Səmədov, H.M. Abbasova. Maşın istehsalı texnologiyasının əsasları (Maşın hissələrinin mexaniki emal texnoloji proseslərinin normalaşdırılması). Dərs vəsaiti. – Bakı: AzTU, – 2024, – 440 s.
4. Молчанов, Г.Н. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ / Г.Н. Молчанов. – М.: Машиностроение, 1979. – 204 с.
5. N.D. Yusubov, F.Q. Əmirov, M.K. Səmədov, H.M. Abbasova. Maşınqayırmada texnoloji proseslərin kompyuter layihələndirilməsi (Maşınqayırmada texniki sistemlərin kompyuter idarə olunması). – Bakı: AzTU, – 2015, – 147 s.
6. Yusubov, N.D. Fundamentals of matrix theory of accuracy of multi-tool turning. (Principles and structure of the theory, design and management of multi-tool machining processes). AV Akademikerverlag Gmbh & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, – 2013.
7. N.M.Rəsulov, Ə.S.Məmmədov, E.T. Şəbiyev, İ.Ə.Abbasova. Maşın istehsalı texnologiyasının əsasları - 2 (Mexaniki emal payı, pəstahalma). Ali texniki məktəblər üçün dərs vəsaiti. – Bakı, AzTU, – 2021, – 346s.
8. Допуски и посадки: Справочник: В 2-х ч. Ч.1 / Под ред. В.Д. Мягкова. Л.: Машиностроение, – 1978, – 544 с.
9. Точность и надёжность станков с ЧПУ / Под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, – 982. – 256 с., ил.
10. N.D. Yusubov, İ.A. Xankişiyev, R.C. Cabbarov. Maşınqayırma texnologiyası. Dərs vəsaiti, Bakı, ADDA, – 2020, – 210 s.
11. V. Guzeev, N. Yusubov, H. Abbasova, R. Dadashov. Optimization of the number of machining stages workpieces for mechanical engineering parts. Machine science, – 2024, – N2, –pp. 4–12.
12. Якобс Г.Ю. Оптимизация резания / Г.Ю. Якобс, Э. Экоб, Д. Кохан. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
13. Yusubov, N.D. Multi - tool machining on automatic lathes (Matrix theory of multi-tool machining accuracy on modern CNC lathes). AV Akademikerverlag Gmbh & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, – 2013.
14. N.D. Yusubov, H.M. Abbasova. Müasir RPİ çoxməqsədli dəzgahlarında çoxalətli emalın xüsusiyyətləri və problemi. /ADDA-nın Elmi Əsərləri, – N2, – 2022, – s. 33–43.
15. V.Z. Mövlazadə, H.M.Abbasova. Maşınqayırma texnoloji proseslərinin layihələndirilməsi. Ali texniki məktəblər üçün dərs vəsaiti. Bakı, AzTU, –2023, – 184 s.
16. Yusubov N.D., Məmmədov A.M. Maşınqayırma texnoloji proseslərinin layihələndirilməsi (Rəqəmli proqramla idarəolunan dəzgahlarda texnoloji əməliyyatların layihələndirilməsi). Dərs vəsaiti – Bakı: AzTU, – 2005, – 156s.

Məqalə qəbul olunub: 15.04.25
Təvsiyə edib: prof. İsmayılov N.Ş.