

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

Təvəkkül Talıbov Lətif oğlu

Məmməd Abdullayev Polad oğlu

**“Yüksək dəqiqli yuvaların pardaqlanmasında rejim parametrlərinin
idarə olunması hesabına prosesin optimallaşdırılması”**

MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI

İxtisas 060625- “Texnoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Metalkəsən dəzgahlar və alətlər”

Kafedra müdiri:

Hüseynov Ələkbər Güləhməd

Elmi rəhbər:

Hüseynov Ələkbər Güləhməd

BAKİ – 2024

MAGİSTRANTIN ANDI

“Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanmasında rejim parametrlərinin idarə olunması hesabına prosesin optimallaşdırılması” mövzusunda təqdim etdiyim(iz) (Magistrlik dissertasiyasının mövzusu) magistrlik dissertasiyasını elmi əxlaq normalarına və istinad qaydalarına tam riayət etməklə və istifadə etdiyim bütün mənbələri ədəbiyyat siyahısında əks etdirməklə yazdığımı and içirəm(ik) və magistrlik dissertasiyasının AzTU Kitabxana İnformasiya Mərkəzində saxlanması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə verirəm.

(Adı, Soyadı) (imza) Məmməd Abdullayev _____

(Adı, Soyadı) (imza) Təvəkkül Talıbov _____

Tarix:

XÜLASƏ

Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması prosesin optimallaşdırılması, mümkün olan ən yaxşı nəticələri əldə etmək və iş prosesinin effektivliyini artırmaq məqsədilə aparılır. Əsas məqsədlərdən biri, iş prosesində istifadə olunan rejim parametrlərinin optimal səviyyədə təyin edilməsi və tənzimlənməsidir. Qeyd edək ki: tədqiqatın nəticələrinə əsaslanaraq, optimal parametrlərin dəyərləri təyin edilməlidir. Kəsmə sürəti, yemsürəti, kəsmə dərinliyi və s. kimi kritik dəyərlər, iş prosesinin istənilən xüsusiyyətlərə uyğun olmasını təmin etmək üçün əhəmiyyətlidir. Optimal parametrlər təyin edildikdən sonra, prosesin nəzarət altında saxlanması və tənzimlənməsi əhəmiyyətli bir addım olur. Prosesdəki dəyişikliklər və problemlər sürətli şəkildə müdaxilə edilməlidir, optimal parametrlərə əsaslanan proses tənzimləmələri həyata keçirilməlidir. Bu tədbirlər, yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması prosesində rejim parametrlərinin idarə olunması və prosesin optimallaşdırılması üçün əhəmiyyətli addımlardır. Bu yolla, prosesin effektivliyi artırılaraq, nəticələrin keyfiyyəti və səthin mükəmməlliyi təmin edilir.

SUMMARY

High precision slot polishing is done to optimize the process, achieve the best possible results and increase the efficiency of the work process. One of the main goals is to set and adjust the mode parameters used in the work process at an optimal level. Note that: based on the results of the study, the values of the optimal parameters should be determined. Cutting speed, feed rate, depth of cut, etc. critical values such as are important to ensure that the workflow conforms to the desired specifications. Once the optimal parameters have been determined, process control and regulation is an important step. Changes and problems in the process must be quickly intervened, and process adjustments based on optimal parameters must be implemented. These measures are important steps for controlling the mode parameters and optimizing the process in the high-precision slot polishing process. In this way, the efficiency of the process is increased, the quality of the results and the perfection of the surface are ensured.

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ.....	6
I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI.....	9
1.1. Daxili pardaqlama əməliyyatının xüsusiyyətləri ilə bağlı tədqiqat icmalı	9
1.2. Daxili pardaqlamada istifadə edilən abraziv alətlərin icmalı.....	21
1.3. Tədqiqat işinin istiqamətinin müəyyənləşdirilməsi.....	26
II FƏSİL.TƏDQIQAT OBYEKTİ VƏ TƏDQIQAT ÜSULLARI.....	27
2.1.Yüksək dəqiqli yuvaların pardaqlamasında rejim parametrlərinin idarə olunması	27
2.2. Taquchi metodunun tətbiqi	36
III FƏSİL.YÜKSƏK DƏQİQLİ YUVALARIN PARDAQLANMASINDA REJİM PARAMETRLƏRİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI	44
3.1. Ölçmə aləti ilə pardaqlanma parametrlərinin təyini	44
3.2. Oymaqların pardaqlanması rejimlərinin hesablanması.....	46
NƏTİCƏ	54
İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT	59

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Rejim parametrlərinə nəzarət yuvaların pardaqlaması prosesində mühüm optimallaşdırma addımıdır. Rejim parametrlərinin düzgün tənzimlənməsi həm prosesin səmərəliliyini artırır, həm də son məhsulun keyfiyyətini optimallaşdırır. İstifadə olunan material və pardaqlama aləti də vacibdir. Material səthi çirkləri və istənməyən təbəqələri effektiv şəkildə aradan qaldırmalıdır. Səthin xüsusi sahələrinə diqqət yetirərək daha yaxşı pardaqlama təmin etmək üçün pardaqlama alətinin forması və xüsusiyyətləri seçilməlidir.

Daxili pardaqlama dəzgahları, müasir dəzqah texnologiyalarının inkişafında mühüm rol oynamış və sənaye tarixinin əhəmiyyətli mərhələlərindən biri olmuşdur. Bu dəzqahların mənşəyi, ilk üfüqi pardaqlama dəzqahını və mühərrikli torna dəzqahını ixtira edən Con Uilkinsonun və daha sonra Henri Maudsleyin təcrübə və ixtiralarına dayanır. Daxili pardaqlama dəzqahlarının inkişafı, Sənaye İnkilabının başlanğıcı ilə xüsusilə əlaqəlidir və etibarlı, ucuz polad istehsalının yaranması və pardaqlama çarxının inkişafı bu prosesin əsasını təşkil edir. Daxili pardaqlama dəzqahının əsası ilk dəfə 1830-cu illərdə Jonathan Bridges və James Wheaton adlı iki müstəqil şəxs tərəfindən qoyulmuşdur. Dəzqahın ilk dəfə hansı ixtiraçı tərəfindən istehsal edildiyi aydın olmasa da, hər ikisi müasir alətin ilk tarixi görünüşü ilə sıx bağlıdır. Bu aləti daha da inkişaf etdirmək və təkmilləşdirmək üçün daha 40 il lazım olmuşdur.

Daxili pardaqlama dəzqahları, yüksək dəqiqlik və səth keyfiyyəti tələb edən daxili səthlərin işlənməsi üçün istifadə olunan mühüm texnologiyadır. Bu dəzqahlar, boruların, silindrlərin və müxtəlif formalı deliklərin daxili səthlərinin pardaqlanmasını təmin edir. Daxili pardaqlama, xüsusi alətlər və texnikalar vasitəsilə iş parçasının daxili səthindən materialın incə təbəqələrinin çıxarılması yolu ilə həyata keçirilir. Bu proses, sənayenin müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunur və məhsulların funksionallığını, etibarlılığını və uzunömürlülüyünü artırır. Daxili pardaqlama əməliyyatı, digər pardaqlama növlərindən, məsələn, dairəvi, müstəvi və lentli pardaqlama üsullarından kinematik xassələrinə görə çox fərqlidir. Bu fərqlər daxili pardaqlama prosesinin özünəməxsus texniki tələbləri və metodlarını formalaşdırır.

Daxili pardaqlama prosesində iş parçası adətən fırlanan platformaya yerləşdirilir və səthdən lazımsız materialı çıxarmaq üçün aşındırıcı alətlər tətbiq olunur. Daxili səthlərin dəqiq işlənməsi üçün xüsusi kinematik sistemlər və alətlər istifadə olunur ki, bu da prosesin dəqiqliyini və keyfiyyətini təmin edir. Daxili pardaqlama üçün istifadə olunan alətlər, xüsusi olaraq daxili səthlərin işlənməsi üçün dizayn edilir. Bu alətlər, səthin hamar və dəqiq olmasını təmin etmək üçün yüksək keyfiyyətli materiallardan hazırlanır. Daxili pardaqlama prosesində hər bir addım diqqətlə idarə olunur. Kəsmə sürəti və kəsim dərinliyi dəqiq şəkildə tənzimlənir ki, səth keyfiyyəti maksimal səviyyədə olsun. Nəticə etibarı ilə daxili pardaqlama dəzgahlarının inkişafı, sənayenin yüksək dəqiqlik və səth keyfiyyəti tələb edən sahələrində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu dəzgahlar, müasir istehsalat proseslərinin vazkeçilməz bir hissəsi olaraq, məhsulların funksionallığını və etibarlılığını artırmağa imkan verir. Jonathan Bridges və James Wheatonun tarixi ixtiraları və sonrakı 40 il ərzində həyata keçirilən təkmilləşdirmələr, daxili pardaqlama texnologiyasının bu günkü mükəmməl səviyyəsinə çatmasına zəmin yaratmışdır. Beləliklə, daxili pardaqlama dəzgahları, sənaye inkişafının əsas sütunlarından biri olaraq qalır və gələcəkdə də mühüm rol oynamağa davam edəcəkdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri: İşin məqsədi yüksək dəqiqlikli yuvaların pardaqlaması prosesində rejim parametrlərinin əhəmiyyətini başa düşmək, nəzarət rejimi parametrlərinin pardaqlama prosesinə təsirini öyrənmək, optimal pardaqlama şərtlərini təyin etməklə prosesin səmərəliliyinin artırılmasını müəyyənləşdirmək, pardaqlama prosesi zamanı səthin keyfiyyəti ilə son məhsulun performansı arasındakı əlaqəni araşdırmaqdır. Bu məqsədə nail olmaq üçün bəzi vəzifələr təyin edilmişdir:

- Yüksək dəqiqlikli yuvaların pardaqlaması prosesi ilə bağlı mövcud ədəbiyyatı hərtərəfli nəzərdən keçirmək.
- Müxtəlif rejim parametrlərinin (sürət, istifadə olunan material, pardaqlanma aləti və s.) pardaqlama prosesinə təsirini eksperimental olaraq müəyyən etmək;
- Optimal pardaqlama şərtlərini müəyyən etməklə prosesin səmərəliliyini artırmaq üçün tövsiyələr hazırlamaq;

- Pardaqlamadan sonra səthin keyfiyyətini qiymətləndirmək və son məhsulun performansını yoxlamaq üçün müvafiq ölçüləri müəyyən etmək;
- Sənaye tətbiqlərində rejim parametrlərinin necə tənzimləndiyini və optimallaşdırma strategiyalarını müəyyən etmək üçün sahə tədqiqatlarının aparılması və ya sənaye əməkdaşlığının qurulması.

Tədqiqatın obyektı və predmenti: Tədqiqatın obyektı yüksək dəqiqli yuvaların pardaqlamasıdır. Tədqiqatın predmenti isə yuvaların pardaqlamasında rejim parametrlərinin idarə olunması hesabına prosesin optimallaşdırılması məsələsidir.

Tədqiqatın nəzəri və metodoloji əsasları. Aparılan bu tədqiqat yüksək dəqiqli yuvaların pardaqlanması prosesində rejim parametrlərinin idarə olunması hesabına prosesin optimallaşdırılması tədqiqatını həm nəzəri, həm də praktiki baxımdan əhatə edir. Bu mövzuda tədqiqatın məqsədi, pardaqlama prosesinin effektivliyini artırmaq, məhsulun keyfiyyətini yüksəltmək və istehsal xərclərini azaltmaq üçün optimal rejim parametrlərini müəyyən etməkdir.

Tədqiqat metodları.Tədqiqat üçün fərqli bir metod oalraq ortoqonal array (OA) istifadə edilmişdir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi: Daxili Pardaqlama prosesi zamanı iş parçasının dəqiqliyinin artırılması üçün rejim parametrlərinin daha dəqiq idarə olunması və optimallaşdırılması üsulları işlənmişdir.

Tədqiqatın praktik və nəzəri əhəmiyyəti. Yüksək dəqiqli yuvaların pardaqlanması və rejim parametrlərinin doğru idarə olunması, texniki sistemlərin düzgün işləməsi üçün əsasən vacibdir. Bu, məsələn, enerji istismarını azaldır, cihazların ömrünü artırır və texniki problemlərin qarşısını alır.

I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI

1.1. Daxili paradaqlama əməliyyatının xüsusiyyətləri ilə bağlı tədqiqat icmalı

Nasoslar, müxtəlif sənaye və məişət tətbiqlərində geniş istifadə olunan mühüm mexaniki qurğulardır. Onların düzgün və effektiv işləməsi üçün daxili komponentlərin dəqiqliklə istehsal edilməsi vacibdir. Nasos komponentlərində istifadə olunan oymaqların paradaqlanması, nasosun performansını və etibarlılığını artırmaq üçün kritik əhəmiyyət kəsb edir. Bu yazıda, nasoslarda istifadə olunan oymaqların paradaqlanma prosesləri, metodları və üstünlükləri haqqında ətraflı məlumat verilir (Khandare, Kulkarni, Sankpa, 2021).

Oymaqların paradaqlanması, nasos komponentlərinin performansını və etibarlılığını artırmaq üçün həyata keçirilir. Bu prosesin əhəmiyyəti bir neçə aspektdə özünü göstərir:

1. Səth keyfiyyətinin artırılması-Oymaqların səth keyfiyyəti, nasosun ümumi performansına birbaşa təsir edir. Hamar və düzgün səthlər, sürtünməni azaldır və komponentlərin daha səmərəli işləməsinə təmin edir. Paradaqlama prosesi zamanı səthdəki mikro qeyri-bərabərliklər aradan qaldırılır və nəticədə yüksək keyfiyyətli səth əldə edilir. Bu da nasosun daha sakit və effektiv işləməsinə imkan verir.

2. Ölçü dəqiqliyinin təmin edilməsi-Nasos komponentlərinin düzgün işləməsi üçün oymaqların dəqiq ölçülərə malik olması vacibdir. Ölçü dəqiqliyi, komponentlərin bir-birinə uyğunlaşmasını və minimal boşluqla işləməsinə təmin edir. Paradaqlama prosesi, oymaqların dəqiq ölçülərdə olmasını təmin edərək, komponentlərin mükəmməl uyğunlaşmasını mümkün edir. Bu, nasosun performansını artırır və aşınma riskini azaldır.

3. Aşınmanın azaldılması-Dəqiq paradaqlanmış oymaqlar, komponentlər arasında minimal sürtünmə və aşınma təmin edir. Hamar və düzgün səthlər, komponentlərin bir-birinə qarşı daha az müqavimət göstərməsinə səbəb olur, bu da aşınmanın azalmasına gətirib çıxarır. Aşınmanın azalması, nasosun daha uzun müddət etibarlı və səmərəli işləməsinə təmin edir.

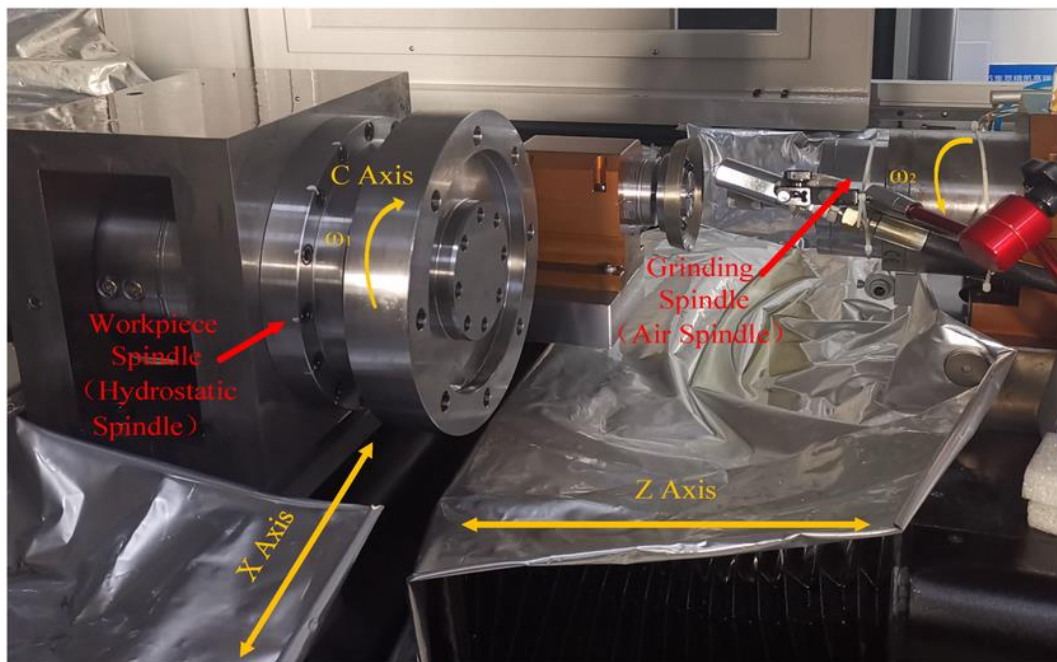
Yuxarıda qeyd edilənlərə əsasən nasos oymaqlarının paradaqlanmasının üstünlüklərini aşağıdakı şəkildə ümumiləşdirək:

1. Dəqiqlik-Oymaqların ölçülərinin və səth keyfiyyətinin yüksək dəqiqliklə təmin edilməsi, nasosun optimal işləməsinə və uzun ömürlü olmasını təmin edir. Dəqiq paradaqlanmış oymaqlar, nasosun səmərəli və etibarlı işləməsinə imkan verir.

2. Aşınma müqaviməti-Yüksək keyfiyyətli səthlər aşınmaya daha dayanıqlı olur və bu, nasosun daha uzun müddət problemsiz işləməsinə imkan verir. Bu, həm də təmir və baxım xərclərini azaldır.

3. Sızdırmazlıq-Dəqiq paradaqlanmış oymaqlar daha yaxşı sızdırmazlıq təmin edir, bu da nasosun effektivliyini və etibarlılığını artırır. Yaxşı sızdırmazlıq, enerji itkilərini azaldaraq nasosun ümumi səmərəliliyini artırır.

4. Funksionallıq-Padaqlanmış oymaqlar, nasos komponentlərinin düzgün və sabit işləməsinə təmin edir, bu da nasosun ümumi performansını artırır. Bu, nasosun daha uzun müddət etibarlı və səmərəli işləməsinə imkan verir.



Şək.1.1.Daxili paradaqlama prosesinin iş mühiti

Neft sənayesində istifadə edilən nasoslarda daxili paradaqlama prosesi nasosun performansını, dayanıqlığını və səmərəliliyini artırmaq üçün çox vacibdir. Xüsusilə nasosun içərisində rotoru və statoru olan nasoslarda daxili paradaqlama prosesinə rotorun dönməsinə imkan verən ox boyunca əməliyyatlar daxildir.

Pardaqlama dəzgahları detalların təmiz emalında tətbiq edilir. Pardaqlama dəzgahlarının və dairələrinin, həmçinin hazırlıq əməliyyatlarının (dəqiq tökmə, şampplama, yayma və s.) təkmilləşdirilməsi sahəsindəki müvəfəqiyyətlər nəticəsində torna-frez və digər dəzgahlar əvəzinə kobud və təmiz pardaqlama üçün yüksək məhsuldarlıqlı pardaqlama dəzgahlarından istifadə edilmə imkanı yaranmışdır. Pardaqlama dəzgahlarında a) pəstahı soyma, kəsmə və doqrama; b) müstəvilərin, fırlanan səthlərin, çarxların dişlərin, vintvari və fasonlu səthlərin və i.a. dəqiq emalı; v) istənilən alətlərdə itiləmə kimi əməliyyatlar aparılır. Sənayenin müxtəlif sahələrində ümumi təyinatlı və xüsusi dəzgahlar şəklində pardaqlama dəzgahlarına rast gəlmək olur. Metalkəsən dəzgahlar parkının 30%-dən çoxunu pardaqlama dəzgahları qrupu, onların da əksəriyyətini xüsusi pardaqlama dəzgahları təşkil edir. Pardaqlamanın növündən və pardaqlanan səthin formasından asılı olaraq pardaqlama dəzgahlarını aşağıdakı növlərə bölmək olar: dairəvi pardaqlama; daxili pardaqlama; yastı pardaqlama və mərkəzsiz pardaqlama. Pardaqlamanın növündən və pardaqlanan səthin formasından asılı olaraq pardaqlama dəzgahlarını aşağıdakı növlərə bölmək olar (Akkurt, 2014).:

- dairəvi pardaqlama;
- daxili pardaqlama;
- lentli pardaqlama;
- müstəvi pardaqlama.

Daxili pardaqlama prosesləri bir çox sənaye sahələrində mühüm yer tutur və material emalı texnologiyalarının əsas hissəsini təşkil edir. Buna görə də, səthin təmizlənməsi parametrlərinin optimallaşdırılması və dəqiq idarə edilməsi məhsulun keyfiyyətinin və məhsuldarlığının yaxşılaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Gələcək tədqiqatların səthi emal parametrlərinin daha da yaxşılaşdırılmasına və yeni texnologiyaların inkişafına yönəldilməsi gözlənilir. Bu şəkildə sənaye tətbiqlərində daha keyfiyyətli və daha səmərəli məhsullar istehsal etmək mümkün olacaq. Diametri 30-50 mm olan neft maşınqayırmasında istifadə olunan oymaqların daxili pardaqlanması, müxtəlif texniki parametrlər və mühüm proseslər tələb edir. Bu proses,

neft maşınqayırma prosesində istifadə olunan pompa və ya kompresorlarda yerləşən oymaqların daxili hissələrini təmizləmə, yoxlama, və təmir etmə məqsədilə aparılır.

Bu proseslərin bəziləri aşağıdakıları daxildir:

- Təmizləmə: Oymaqların daxili hissələri zamanla qida maddələri, neft və ya qaz qatışmaları və digər xarici materiallarla təmizlənmə bilər. Təmizləmə prosesi, bu nəqliyyat vasitələrinin daxili hissələrini səmərəli və faydalı olacaq şəkildə təmizləmək üçün lazımlıdır.
- Yoxlama: Oymaqların daxili hissələrinin yaxşı işləməsi və mövcud problemlərin təsbit edilməsi üçün yoxlanılmalıdır. Bu, gözlə görünən və ya yaxşı fərqlənməyən mənfi dəyişiklikləri təsbit etmək üçün müxtəlif dənənin yoxlanılması və müqayisəsi tələb edən prosesləri daxil edir.
- Təmir və bərpa: Yoxlama zamanı tapılan problemlərə görə, oymaqların daxili hissələri təmir edilə və ya bərpa edilə bilər. Bu proseslər, müxtəlif texniki məsləhətlərin, materialların və texnika ilə əlaqəli proseslərin tətbiqi ilə həyata keçirilir.



Şək.1.2. Neft maşınqayırmada istifadə edilən daxili pardaqlama qurğusu

Bu proseslər, neft maşınqayırmasında əlavə proseslər və tələblərlə əlaqəli olaraq təkmilləşdirilə bilər. Bu səbəbdən, konkret daxili pardaqlama prosesləri və tədbirləri, maşınqayırma sistemləri və onların ətrafındakı mühitə görə dəyişə bilər.

Bu tədqiqatların nəticələri səthin emal parametrlərinin əhəmiyyətini və bu parametrlərin səthin keyfiyyətinə təsirini vurğulayır. Xüsusilə, alətin fırlanma sürəti, qidalanma sürəti və alətin basma qüvvəsi kimi parametrlər səthin pürüzlülüyünə və sərtliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Bununla belə, optimallaşdırma tədqiqatlarının prosesin ən yaxşı nəticələrinə nail olmaq üçün hansı parametr birləşmələrinin istifadə olunacağına müəyyən edilməsində mühüm rol oynadığı da aydın olur.

Səthi paradaqlama prosesləri bir çox sənaye sahələrində mühüm yer tutur və material emalı texnologiyalarının əsas hissəsini təşkil edir. Buna görə də, səthin təmizlənməsi parametrlərinin optimallaşdırılması və dəqiq idarə edilməsi məhsulun keyfiyyətinin və məhsuldarlığının yaxşılaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Gələcək tədqiqatların səthi emal parametrlərinin daha da yaxşılaşdırılmasına və yeni texnologiyaların inkişafına yönəldilməsi gözlənilir. Bu şəkildə sənaye tətbiqlərində daha keyfiyyətli və daha səmərəli məhsullar istehsal etmək mümkün olacaq.

Xüsusilə, qabaqcıl texnologiyalardan və süni intellektlə dəstəklənən sistemlərdən istifadə səthin emal parametrlərini optimallaşdırmaq və prosesin səmərəliliyini artırmaq üçün yeni imkanlar təklif edir. Bu kontekstdə gələcək tədqiqatların daha mürəkkəb modellərdən istifadə etməklə proses parametrlərinin təsirinin daha ətraflı təhlilinə yönəldilməsi gözlənilir.

Bundan əlavə, ekoloji cəhətdən təmiz və enerjiyə qənaət edən səthi təmizləmə üsullarının inkişafı mühüm tədqiqat sahəsi olacaqdır. Resursların daha səmərəli istifadəsi və sənaye tətbiqlərində tullantıların miqdarının azaldılması davamlı istehsal üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir.

Nəticədə səthin emal parametrlərinin optimallaşdırılması və nəzarəti materialların emalı sənayesində daim inkişaf edən tədqiqat sahəsidir. Bu sahədə irəliləyişlər məhsulun keyfiyyətinin artırılmasına, istehsal proseslərinin təkmilləşdirilməsinə və sənaye tətbiqlərində davamlılığa əhəmiyyətli töhfələr verəcəkdir. Gələcək tədqiqatların bu istiqamətdə daha da irəliləyiş əldə edəcəyi gözlənilir (Agarwal, 2016).

Bu sahədə tədqiqat daxili pardaqlama prosesinin nasosun işinə təsirini anlamaq və təkmilləşdirməyə yönəlib. Daxili pardaqlama prosesi nasosun içərisindəki boşluqların səthinin pürüzlülüyünə, ölçülərinə və həndəsəsinə təsir göstərə bilər. Buna görə daxili pardaqlama prosesinin optimallaşdırılması nasosun səmərəliliyini artırma və aşınma müqavimətini artırma bilər.



Şək.1.3.Daxili pardaqlamadan sonra alınan detallar

Tədqiqatçılar daxili pardaqlama prosesinin parametrlərini və proseslərini araşdıraraq nasosun işini yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə müxtəlif tədqiqatlar aparırlar. Bu tədqiqatlar ümumiyyətlə daxili pardaqlama prosesini optimallaşdırmaq, səth keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq və aşınma müqavimətini artırmaq üçün müvafiq parametrlərin müəyyən edilməsinə yönəlmişdir. Bu sahədə tədqiqat nasos sənayesində istifadə edilən daxili pardaqlama prosesinin daha yaxşı başa düşülməsinə və nasosun işini optimallaşdırmağa kömək edir. Bu tədqiqatın nəticələri daha davamlı, səmərəli və az texniki xidmət tələb edən nasosların dizaynına və istehsalına kömək etmək məqsədi daşıyır.

2021-ci ildə Zhang və başqaları tərəfindən aparılan bu tədqiqat neft nasosları üçün daxili pardaqlama prosesinin tədqiqi və optimallaşdırılmasına yönəldilmişdir. Tədqiqat neft sənayesində geniş istifadə olunan nasosların daxili səthlərinin emalında istifadə olunan daxili pardaqlama prosesini ətraflı şəkildə araşdırmaq məqsədi daşıyırdı (Mane, Pawar, Mali, 2022).

Tədqiqat daxili pardaqlama prosesinin parametrlərini və proseslərini optimallaşdırmaq üçün eksperimental və nəzəri metodlardan istifadəni nəzərdə tutur. Daxili pardaqlama prosesinin müxtəlif parametrləri material xassələri, emal şəraiti və aşındırıcı material seçimi kimi amillərlə bağlı eksperimental tədqiqatlar vasitəsilə tədqiq edilmişdir (şəkl.1.1). Bundan əlavə, daxili pardaqlama prosesinin səmərəliliyini artırmaq üçün yeni emal strategiyaları və texnikaları üzərində nəzəri tədqiqatlar aparılmışdır.

Tədqiqatın əsas məqsədlərinə neft nasoslarının daxili səthlərinin emalında istifadə olunan daxili pardaqlama prosesinin optimallaşdırılması, işlənmiş səthlərin keyfiyyətinin yüksəldilməsi və nasosun işinin yaxşılaşdırılması daxildir. Bu məqsədlərə nail olmaq üçün eksperimental məlumatların təhlili, riyazi modelləşdirmə, optimallaşdırma üsulları və materialşünaslıq prinsiplərindən istifadə kimi müxtəlif üsullardan istifadə edilmişdir. Tədqiqatın nəticələri daxili pardaqlama prosesinin neft nasoslarının işinə təsirinin daha yaxşı başa düşülməsinə və bu prosesin səmərəli istifadəsinə töhfə vermək məqsədi daşıyır.

2021-ci ildə A. A. Khandare, S. V. Kulkarni, və S. S. Sankpal daxili pardaqlama üzərinə tədqiqat aparmışlar. Bu tədqiqat AISI D3 polad üzərində daxili pardaqlama prosesi zamanı materialın səthini optimallaşdırmaq üçün aparılmışdır. Daxili pardaqlama qeyd edildiyi kimi metal hissələrin daxili səthlərini emal etmək üçün istifadə edilən bir üsuldur və çox vaxt dəqiq dözümlülükləri olan hissələrin istehsalında mühüm rol oynayır. Buna görə də optimal emal parametrlərinin müəyyən edilməsi prosesin səmərəliliyini artırmaq və işlənmiş hissələrin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir (Mane, Pawar, Mali, 2022).

Tədqiqatın əvvəlində AISI D3 polad üzərində daxili pardaqlama təcrübələri aparıldı. Təcrübələrdə istifadə olunan hər bir parametr üçün müxtəlif səviyyələr müəyyən edilmiş və bu səviyyələrə uyğun olaraq təcrübələr tərtib edilmişdir. Təcrübələrdən əldə edilən məlumatlar materialın səth pürüzlülüüyü kimi performans göstəricilərini qiymətləndirmək üçün istifadə edilmişdir. Sonra, eksperimental məlumatlar Cavab Səthi Metodologiyası (RSM) adlı statistik texnikadan istifadə edərək təhlil edildi. RSM eksperimental məlumatlardan riyazi modellər qurmaqla emal

parametrlərinin təsirini və bu parametrlərin optimal birləşmələrini müəyyən etməyə kömək edən güclü vasitədir.

RSM analizi nəticəsində ən uyğun emal parametrlərini müəyyən etmək üçün riyazi model yaradılmışdır. Bu model materialın səth pürüzlülüyünü istənilən dəyerdə təmin etmək üçün optimal parametr birləşmələrini müəyyən etmişdir. Bu optimal parametrlər təcrübələr vasitəsilə təsdiq edilmişdir.

Tədqiqatın nəticələri AISI D3 polad üzərində daxili paradaqlama prosesi üçün ən uyğun emal parametrlərinin müəyyən edilməsinə mühüm töhfə verir. Müşahidə edilmişdir ki, optimal parametrlərdən istifadə etməklə işlənmiş səthin keyfiyyəti yaxşılaşır.

Yekun olaraq, bu tədqiqat sənayedə daxili paradaqlama prosesini optimallaşdırmaq üçün dəyərli mənbə təqdim edir. Bu tədqiqatın nəticələri emal edilmiş hissələrin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq və prosesin səmərəliliyini optimallaşdırmaq istəyən mühəndislər və istehsalçılar üçün mühüm bələdçi ola bilər.

2021-ci ildə R. G. Mane, S. N. Pawar, və S. M. Mali tərəfindən Taquchi metodu ilə daxili paradaqlama performansının dəyərləndirilməsi aparılmışdır. Bu tədqiqat EN8 polad kimi çox istifadə olunan materialın daxili paradaqlamasının performansını yaxşılaşdırmaq üçün Taquchi metodunu tətbiq edir. Tədqiqatın əvvəlində EN8 poladda daxili paradaqlama testləri aparıldı. Təcrübələr müxtəlif reagentlərdən istifadə etməklə aparılmışdır. Bu parametrlərə sürət və qalınlıq kimi amillər daxildir. Hər bir parametr üçün səviyyələr müəyyən edilmiş və bu səviyyələrə uyğun təhlillər aparılmışdır. Bu məlumatlar Taquchi metodu ilə təhlil edilmiş və optimal performans parametrlərini müəyyən etmək üçün analitik çərçivə hazırlanmışdır. Taquchi metodu sınaqların sayını azaltmaqla və sınaq səhvini minimuma endirməklə ən yaxşı nəticələr əldə etməyi hədəfləyir. Belə qənaətə gəldi ki, daha keyfiyyətli materiallardan istifadə etməklə emal olunan hissələrin keyfiyyətini artırmaq və məhsuldarlığı artırmaq olar (Mane, Pawar, Mali, 2022).

2021-ci ildə Bangar və digərlərin təqdim elədikləri elmi tədqiqat işi D2 poladının daxili paradaqlaması zamanı səth pürüzlülüyünü optimallaşdırmaq məqsədi daşıyır. D2 polad yüksək möhkəmlik və korroziyaya davamlılıq tələb edən tətbiqlərdə

istifadə olunan ümumi materialdır. Bu elmi araşdırma eksperimental tədqiqat yanaşmasını qəbul edir və əsasən dörd mərhələdən ibarətdir: eksperimental dizayn, təcrübə, məlumatların təhlili və nəticələrin şərh. Tədqiqatın əvvəlində əvvəlcə daxili pardaqlama testləri üçün yoxlama siyahısı hazırlanmışdır. Bu strategiya müxtəlif emal səviyyələrinin müəyyən edilməsini tələb edir. Təcrübə dizaynı Taquchi metodu kimi optimallaşdırma prosedurlarından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir ki, bu da təcrübələrin keyfiyyətini ən yaxşı şəkildə əldə etmək üçün təcrübələrin maksimum sayını təmin etmişdir. Təcrübə mərhələsinə laboratoriya testləri daxildir. Bu nöqtədə hər bir təcrübədə müəyyən edilmiş emal parametrlərinə uyğun olaraq daxili pardaqlama tətbiq edilmiş və nəticədə yaranan hissələrin səthi pürüzlülüüyü ölçülmüşdür. Təcrübələrin təkrarlanmasını və etibarlılığını təmin etmək üçün bu proses diqqətlə idarə edilmişdir. Əldə edilən məlumatlar növbəti hissədə təhlil edilmişdir. Məlumatların təhlili Cavab Səthi Metodologiyası (RSM) kimi statistik üsulların istifadəsini əhatə edir. RSM eksperimental məlumatlardan riyazi modellər yaratmaqla texniki effektlərin və dizaynların ən yaxşı birləşməsini müəyyən etməyə kömək edir. Bu üsul sistem parametrlərinin kompleks qarşılıqlı təsirini qiymətləndirə və optimal həlli müəyyən edə bilər. Son hissədə tədqiqat materialları şərh edilmiş və nəticələrə gəlinmişdir. Tədqiqat nəticələri göstərdi ki, optimal əməliyyat sisteminin müəyyən edilməsi ilə səth pürüzlülük yaxşılaşdırılmışdır.

2015-ci ildə hazırlanılan Oğuz Yükselin “Neft sənayesində maşın elementləri və nasoslari” kitabında neft sənayesində istifadə olunan müxtəlif maşın elementləri və nasosların istismarı və dizaynı ətraflı şəkildə müzakirə edilir. Kitab neft sənayesində çalışan mühəndislər, tədqiqatçılar və tələbələr üçün dəyərli mənbə hesab edilir. Kitabda neft sənayesində istifadə olunan müxtəlif növ nasosların iş prinsipləri, dizayn xüsusiyyətləri və tətbiq sahələri araşdırılır. O, həmçinin bu nasosların işinə təsir edən amilləri, onların performans meyarlarını və texniki xidmət tələblərini əhatə edir.

Kitabda xüsusilə neft sənayesində daxili pardaqlama prosesi və nasosların daxili hissələrinin emalı haqqında ümumi məlumat verilir. O, daxili pardaqlama prosesinin prinsipləri, istifadə olunan avadanlıq, emal parametrləri və bu prosesin nasosların işinə təsiri haqqında əsas məlumatları əhatə edir. Oğuz Yükselin kitabı oxuculara neft

sənayesində maşın elementlərinin və nasosların mürəkkəb strukturlarını anlamağa kömək edir və bu maşınların etibarlılığını, səmərəliliyini və dayanıqlığını artırmaq üçün lazımi məlumatları təqdim edir. Bu, həmçinin onlara daxili paradaqlama prosesi kimi mühüm istehsal prosesini başa düşməyə və bu prosesin nafta sənayesində tətbiqlərini qiymətləndirməyə imkan verir. Kitab neft sənayesində daxili paradaqlama prosesi və daxili nasosların emal edilməsi kimi mövzuları daha dərinlən başa düşmək istəyənlər üçün dəyərli məlumatlar təqdim edir.

Thakur 2019-ci ildə apardığı tədqiqat, daxili paradaqlama prosesində müxtəlif emal parametrlərinin səth pürüzlülüyünə təsirini araşdırmağa yönəlmişdir. Daxili paradaqlama, dar dəliklərin və digər daxili səthlərin yüksək dəqiqliklə işlənməsini tələb edən prosesdir. Bu prosesin performansını və nəticələrini yaxşılaşdırmaq üçün proses parametrlərinin dəqiq tənzimlənməsi mühümdür.

Tədqiqatın əsas məqsədi, daxili paradaqlama zamanı səth pürüzlülüyünü minimuma endirmək üçün optimal emal parametrlərini müəyyən etməkdir. Bunun üçün Taquchi metodundan istifadə edilərək eksperimentlər dizayn edilmiş və analiz edilmişdir. Taquchi metodu, proses parametrlərinin optimal kombinasiyonunu tapmaq üçün istifadə edilən statistik bir metoddur. Bu metod təcrübələrin sayını azaltmaqla və təcrübə səhvlərini minimuma endirməklə, proses parametrlərinin təsirini qiymətləndirməyə imkan verir. Bu tədqiqatda üç əsas proses parametri araşdırılmışdır:

- Dönmə sürəti (Spindle speed): İş parçasının fırlanma sürəti.
- İrəliləmə sürəti (Feed rate): Paradaqlama alətinin iş parçası boyunca irəliləmə sürəti.
- Paradaqlama dərinliyi (Depth of cut): Paradaqlama alətinin iş parçasına daxil olma dərinliyi.

Təcrübələrdə hər bir parametr üçün üç səviyyə seçilmişdir. Bu parametrlər və səviyyələrə görə, təcrübə dizaynı aşağıdakı kimidir:

- Dönmə sürəti: Aşağı, orta və yüksək səviyyələr
- İrəliləmə sürəti: Aşağı, orta və yüksək səviyyələr
- Paradaqlama dərinliyi: Aşağı, orta və yüksək səviyyələr

Taquchi metodu əsasında L9 ortogonal array (9 təcrübə) seçilmişdir ki, bu da hər bir parametrin təsirini qiymətləndirmək üçün kifayətdir.

Təcrübələr laboratoriya şəraitində aparılmış və hər bir təcrübə üçün səth pürüzlülüyü ölçülmüşdür. Səth pürüzlülüyü Ra vahidi ilə (ortalama səth pürüzlülüyü) ölçülmüşdür. Hər bir təcrübə bir neçə dəfə təkrarlanmış və ortalama nəticələr götürülmüşdür (Hoang, Tran, Cuong, Nga, 2018).

Təcrübə nəticələri Taquchi metodunun analiz vasitələri ilə (məsələn, S/N nisbətləri) təhlil edilmişdir. Bu analiz nəticəsində aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

- Dönmə sürəti: Səth pürüzlülüyünə əhəmiyyətli təsir göstərir. Yüksək dönmə sürətində səth pürüzlülüyü azalır.
- İrəliləmə sürəti: Səth pürüzlülüyünə əhəmiyyətli təsir göstərir. Daha aşağı irəliləmə sürətində səth pürüzlülüyü azalır.
- Paradaqlama dərinliyi: Səth pürüzlülüyünə təsir göstərir, lakin dönmə sürəti və irəliləmə sürəti qədər əhəmiyyətli deyil.

Optimal səth pürüzlülüyü üçün optimal parametrlər aşağıdakı şəkildə müəyyən edilmişdir:

- Dönmə sürəti: Yüksək
- İrəliləmə sürəti: Aşağı
- Paradaqlama dərinliyi: Orta

Bu tədqiqat, daxili paradaqlama prosesində səth pürüzlülüyünü minimuma endirmək üçün proses parametrlərinin dəqiq tənzimlənməsinin vacibliyini vurğulamışdır. Taquchi metodu ilə əldə edilən optimal parametrlər, paradaqlama prosesinin keyfiyyətini və səmərəliliyini artırmaq üçün faydalı məlumatlar təqdim edir. Bu nəticələr, istehsalatda daha yüksək səth keyfiyyəti əldə etmək üçün praktik tətbiqlərə çevrilə bilər.

Sharma 2018-ci ildə apardığı tədqiqat, C40E poladının daxili paradaqlama prosesi zamanı səth keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün proses parametrlərinin optimallaşdırılmasına yönəlmişdir. Daxili paradaqlama, dar dəliklərin və digər daxili səthlərin yüksək dəqiqliklə işlənməsini tələb edən bir emal prosesidir və səth keyfiyyəti bu prosesin əsas çıxış göstəricilərindən biridir.

Tədqiqatın əsas məqsədi, C40E poladının daxili pardaqlanması zamanı səth keyfiyyətini (səth pürüzlülüüyü) yaxşılaşdırmaq üçün optimal emal parametrlərini müəyyən etməkdir. Bu məqsədə çatmaq üçün Taquchi metodu istifadə edilmişdir. Taquchi metodu, proses parametrlərinin optimal kombinasiyasını tapmaq üçün istifadə edilən statistik bir metoddur. Bu metod, təcrübələrin sayını azaltmaqla və təcrübə səhvlərini minimuma endirməklə proses parametrlərinin təsirini qiymətləndirməyə imkan verir. Bu tədqiqatda üç əsas proses parametri araşdırılmışdır:

- Dönmə sürəti (Spindle speed): İş parçasının fırlanma sürəti.
- İrəliləmə sürəti (Feed rate): Pardaqlama alətinin iş parçası boyunca irəliləmə sürəti.
- Pardaqlama dərinliyi (Depth of cut): Pardaqlama alətinin iş parçasına daxil olma dərinliyi.

Hər bir parametr üçün üç səviyyə müəyyən edilmişdir:

- Dönmə sürəti: 500 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm
- İrəliləmə sürəti: 0.02 mm/rev, 0.04 mm/rev, 0.06 mm/rev
- Pardaqlama dərinliyi: 0.01 mm, 0.02 mm, 0.03 mm

Taquchi metodu əsasında L9 ortogonal array (9 təcrübə) seçilmişdir. Bu dizayn hər bir parametrin təsirini qiymətləndirmək üçün kifayət qədər təcrübə təmin edir, eyni zamanda təcrübələrin sayını azaldır. Təcrübələr laboratoriya şəraitində aparılmış və hər bir təcrübə üçün səth pürüzlülüüyü Ra vahidi ilə (ortalama səth pürüzlülüüyü) ölçülmüşdür. Hər bir təcrübə bir neçə dəfə təkrarlanmış və ortalama nəticələr götürülmüşdür.

Taquchi metodu ilə təcrübə nəticələri S/N (signal-to-noise) nisbətləri vasitəsilə analiz edilmişdir. Bu analiz, proses parametrlərinin səth pürüzlülüüyünə təsirini qiymətləndirmək və optimal parametrləri müəyyən etmək üçün istifadə edilmişdir. Təcrübə nəticələrinin analizi aşağıdakı əsas nəticələri ortaya çıxarmışdır:

Dönmə sürəti: Dönmə sürətinin səth pürüzlülüüyünə əhəmiyyətli təsiri olduğu müəyyən edilmişdir. Yüksək dönmə sürəti daha az səth pürüzlülüüyü ilə nəticələnmişdir.

İrəliləmə sürəti: İrəliləmə sürətinin də səth pürüzlülüyünə əhəmiyyətli təsiri olduğu aşkar edilmişdir. Daha aşağı irəliləmə sürəti daha yaxşı səth keyfiyyəti təmin etmişdir.

Pardaqlama dərinliyi: Pardaqlama dərinliyinin səth pürüzlülüyünə təsiri, dönmə sürəti və irəliləmə sürəti qədər əhəmiyyətli olmamışdır, lakin optimal səth keyfiyyəti üçün orta dərinlik tövsiyə edilmişdir.

Optimal səth pürüzlülüyü üçün optimal parametrlər aşağıdakı şəkildə müəyyən edilmişdir:

- Dönmə sürəti: 1500 rpm (yüksək)
- İrəliləmə sürəti: 0.02 mm/rev (aşağı)
- Pardaqlama dərinliyi: 0.02 mm (orta)

Səth keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün aşağıdakı tövsiyələr verilmişdir:

- Yüksək dönmə sürəti istifadə edilməlidir, çünki bu, səth pürüzlülüyünü azaldır.
- Aşağı irəliləmə sürəti seçilməlidir, çünki bu, daha yaxşı səth keyfiyyəti təmin edir.
- Orta pardaqlama dərinliyi istifadə edilməlidir, çünki bu, digər parametrlərlə birlikdə optimal səth pürüzlülüyü əldə etməyə kömək edir.

Bu tədqiqat, C40E poladının daxili pardaqlanması zamanı səth keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün proses parametrlərinin dəqiq tənzimlənməsinin vacibliyini vurğulamışdır. Taquchi metodu ilə əldə edilən optimal parametrlər, pardaqlama prosesinin keyfiyyətini və səmərəliliyini artırmaq üçün praktiki tətbiqlərə çevrilə bilər. Nəticələr, istehsalatda daha yüksək səth keyfiyyəti əldə etmək üçün dəyərli məlumatlar təqdim edir və bu, emal proseslərinin təkmilləşdirilməsi üçün mühüm bir addımdır.

1.2. Daxili pardaqlamada istifadə edilən abraziv alətlərin icmalı

Pardaqlanma metal emalı sənayesində geniş istifadə olunan mühüm prosesdir. Bu proses metal hissələrin səthlərini hamarlamaq, pürüzləri aradan qaldırmaq və onlara

estetik parlaqlıq vermək üçün tətbiq olunur. Pardaqlama prosesi metal hissələrin keyfiyyətini həm funksional, həm də vizual olaraq yaxşılaşdırır.

Pardaqlama adətən aşındırıcı materiallardan istifadə etməklə həyata keçirilir. Bu materiallar ümumiyyətlə yüksək sərtliyə və aşınma müqavimətinə malikdir və iş parçasının səthində arzuolunmaz pürüzlülük və qüsurları aradan qaldırmaq üçün effektiv işləyir. Aşındırıcı materiallar adətən xüsusi bir yapışdırıcı ilə birləşdirilir və müxtəlif forma və ölçülərdə mövcuddur.

Pardaqlama prosesi müxtəlif aşındırıcı alətlər və avadanlıqlardan istifadə etməklə həyata keçirilir. Bu alətlərə pardaqlama diskləri, seqmentlər, toplar, sümbül kağızları, pastalar və tozlar daxildir. Hər bir alət müəyyən bir tətbiq və ya iş parçası üçün optimallaşdırılmışdır

Deyə bilərik ki, daxili pardaqlamada abraziv dairəsinin diametrini emal olunan yüksək dəqiqli yuvaların diametrinin 0,7... 0,95 misli qədər olur. Abrziv dairəsinin emal olunan yuvadan diametrinin kiçik olması onun intensiv yeyilməsinə və vaxtaşırı səthinin itilənməsinə gətirib çıxarır ki, bu da daxili pardaqlamada əməliyyatın fasilələr ilə aparılmasına, emal dəqiqliyinin azaldılmasına, kəsilən səthin keyfiyyət parametrlərinin aşağı səviyyəyə düşməsinə səbəb olur.

Abrziv dənəciklər kiçildikcə(narınlaşdıqca) dəyirmilik radiusu və kəsmə bucağıkiçilir. Bu səbəbdən də narın dənəcikli alətlə nazik emal payı götürməklə çox təmiz üzlər almaq mümkündür. Metal alətlərin işində rejim elementlərini və alətin hündəsi parametrlərini dəyişməklə kəsmə prosesini tamidarə etmək olur. Abrziv alətlərin işində isə ancaq kəsmə rejimi elementlərini dəyişmək mümkündür. Kəsməni icra edən abraziv alətin dənəciklərinin hündəsi parametrləri öz özünə alınır. Abrziv alətlər aşağıdakı göstəricilərlə xarakterizə olunur: dənəciklərin materialı, birləşdirici, dənəvərlik, bərklik, struktur, forma və ölçü.

- Pardaqlamada təbii abraziv materiallara kvars SiO_2 və korund aid edilir. Süni abraziv materiallara elektrokorund, silisium karbidi, bor karbidi, silikokarbid bor aid edilir.

- AL₂O₃ tərkibdə faizlə olmasından asılı olaraq elektrokorundnormal, ağ, legirlənmiş və monokorund növlərinə bölünür.
- Normal elektrokorund tərkibində 95% AL₂O₃ olmaqla 12A,13A, 14A, 15A, 16A markalarında buraxılır . Əsasən 15A çoxistehsal olunur. Rəngi boz-qəhvəyi, tünd-qəhvəyi, bənövşəyi və tünd-qırmızı olur . Poladların, çuqunların və tuncdan olan xəlitələrin paradaqlanmasında istifadə olunur. Ağ elektrokorund tərkibində 97% AL₂O₃ olmaqla 22A, 23A,24A, 25A markalarında buraxılır . 22A-nın tərkibində 97%AL₂O₃ , 24A və 25A-nın tərkibində 99% AL₂O₃ olur. Rəngi boz-ağarmış, açıq- bənövşəyi olur. Məsul paradaqlama işlərində istifadə olunur (yiv paradaqlaması, itiləmə). Bunlardan həm başlıqlar, xona və super finiş başlıqlarında hazırlanır. Legirlənmiş elektrokorund tərkibində legirləyici element kimi xrom, titan və sink olur.
- Xromlu elektrokorund (texniki rubin) tərkibi 0,4...2% qədər Cr₂O₃ və 97% AL₂O₃ olmaqla qlinozəmdən alınır (Markaları 32A,33A, 34A). Rəngi tünd bənövşəyi və ya tünd qırmızı olur. Titanlı elektrokorund (texniki safir) tərkibinə 0,2...3% titan oksidi qarışdırıb əritməklə alınır və 37A markasında buraxılır. Sinkli elektrokorund tərkibində 10...40% iki oksidli sink və titan oksidləri qarışdırılıb əritməklə alınır. Əsas yeyilməyə qarşı davamlıdır və 38A markasında buraxılır. Monokorund tərkibi 97% AL₂O₃ ibarət olub bərkliyi böyükdür. Markaları 43A, 44A, 45A. Dənələri böyük olur və buna görə möhkəmliyi azdır . Sürətli və itiləmə dairələrinin və həmçinin kiçik dənəli tozların hazırlanmasında istifadə olunur. Emal olunmuş sətrin kələ-kötürlüyü $R_z=0,1...0,05$ mkm-ə bərabər olur. Silisium karbid SiC böyük bərkliyə və kövrəkliyə malikdir. İti kəsici ilə malik olub, yaşıl və qara rəngli silisium karbidə bölünürlər.

Padaqlama prosesi zamanı iş parçası adətən fırlanan platformaya yerləşdirilir və səthdən lazımsız materialı çıxarmaq üçün iş parçasına aşındırıcı alətlər tətbiq olunur.

Bu proses emal dəqiqliyini artırmaq üçün diqqətlə idarə olunur və adətən bir sıra emal addımlarından ibarətdir.

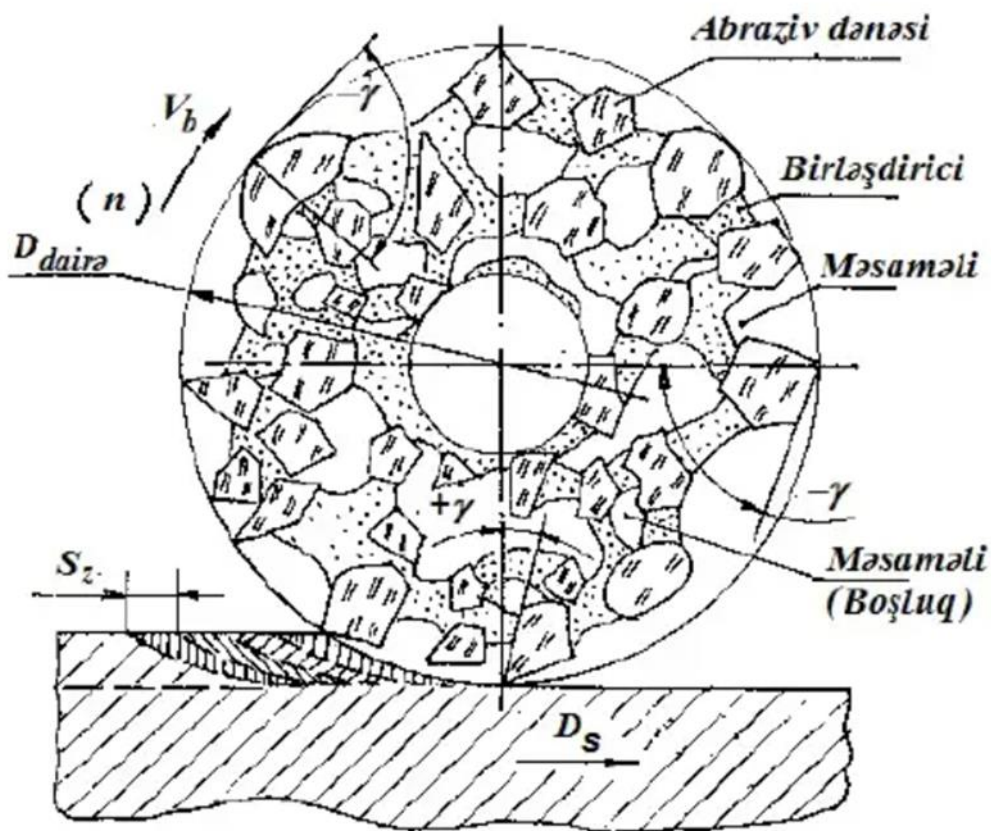
Nəticədə, paradaqlama prosesi metal hissələrin səth keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır və onlara estetik görünüş verir. Parlaq və hamar səth həm funksional, həm də vizual məmnunluq təmin etdiyi üçün bu, metal hissələrin geniş sənaye və istehlakçı tətbiqlərində istifadə edilməsinə imkan verir.

Padaqlama prosesi zamanı iş parçası adətən fırlanan platformaya yerləşdirilir və səthdən lazımsız materialı çıxarmaq üçün iş parçasına aşındırıcı alətlər tətbiq olunur. Bu proses emal dəqiqliyini artırmaq üçün diqqətlə idarə olunur və adətən bir sıra emal addımlarından ibarətdir. Hər addımın öz xüsusi məqsədi var və bu məqsədlər, ümumi olaraq, yüksək keyfiyyətli və dəqiq səth əldə etməyə yönəldilmişdir. Padaqlama prosesinin addımları aşağıda qeyd edilmişdir:

- Kobud padaqlama: İlk addımda kobud padaqlama aparılır. Bu mərhələdə, səthdəki böyük qüsurlar və artıq materiallar çıxarılır. Kobud padaqlama zamanı daha iri aşındırıcı alətlər və yüksək kəsim dərinlikləri istifadə olunur. Məqsəd, iş parçasının təxmini formasını əldə etmək və daha dəqiq padaqlama mərhələləri üçün hazırlıq görməkdir.
- Orta padaqlama: Bu mərhələdə, kobud padaqlama nəticəsində qalan daha incə qüsurlar çıxarılır. Orta padaqlama üçün daha incə aşındırıcı alətlər və daha az kəsim dərinlikləri tətbiq olunur. Bu mərhələ, iş parçasının səth keyfiyyətini daha da yaxşılaşdırır və son mərhələyə hazırlıq görür.
- İncə padaqlama: İncə padaqlama mərhələsi, səth keyfiyyətini maksimum səviyyəyə çatdırmaq üçün həyata keçirilir. Bu mərhələdə ən incə aşındırıcı alətlər və ən az kəsim dərinlikləri istifadə olunur. Məqsəd, səthdə mümkün olan ən kiçik qüsurları belə aradan qaldırmaqdır.
- Son padaqlama: Bu son mərhələdə, səthə son vizual və funksional keyfiyyətlər qazandırılır. padaqlama prosesi ilə səthə parlaq və hamar

görünüş verilir. Bu mərhələ, məhsulun estetik və funksional dəyərini artırır.

Bu mərhələlər, iş prosesinin dəqiqliyini artırmaq və optimal nəticələr əldə etmək üçün əhəmiyyətli addımlardır. Hər bir mərhələnin özünəməxsus məqsədi və işləmə prinsipi ilə təyin olunmuş prosesləri var. Bu addımların effektiv olması, yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması üçün əhəmiyyətli və tələb olunan nəticələri əldə etməkdə kömək edir.



Şək.1.2. Paradaqlamada kəsmə sxemi və abraziv alətdə abraziv dənənin, məsaməliyin (boşluğun) və birləşdiricinin yerləşmə sxemi.

Cədvəl 1.1.

Daxili paradaqlamada istifadə edilən abraziv alət markaları

Yumşaq	M1; M2; M3
Çox yumşaq	VM1; VM2
Orta yumşaq	SM1; SM2
Orta	S1; S2
Orta bərk	ST1; ST2; ST3

Bərk	T1; T2
Çox bərk	VT
Daha çox bərk	4T

1.3. Tədqiqat işinin istiqamətinin müəyyənləşdirilməsi

Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması prosesinin optimallaşdırılması, rejim parametrlərinin idarə olunması və prosesin effektivliyinin artırılması üçün tədqiqat işinin istiqamətinin müəyyənləşdirilməsi, prosesin məqsədlərinə və tələblərinə əsaslanmalıdır. Bu istiqamətlərin müəyyənləşdirilməsi, aşağıdakı əsas addımları nəzərdə tutmuşdur:

- Məqsədlərin və tələblərin təyin edilməsi: Birinci addım olaraq, yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması prosesində nələrin tələb olunduğunu və hansı nəticələrin əldə edilmək istəndiyini müəyyənləşdirdik. Bu, prosesin nəzarət edilməli parametrləri, məhsul keyfiyyəti standartları və optimal performans göstəriciləri kimi faktorlarla əlaqəlidir.
- Variabl faktorların təyin edilməsi: Prosesi təsir edə biləcək müxtəlif parametrləri, məsələn, kəsmə sürəti, veriş, material növü, abraziv növü, emal olunan səthin geometriyası və s. kimi təsirləri müəyyənləşdirdik.
- Təcrübə planlanması: Müəyyən edilmiş parametrləri təcrübələrin edilməsi və nəticələrin qiymətləndirilməsi üçün düzgün bir təcrübə planı tərtib etdik. Bu, faktorial dizaynlar, Taquchi metodu əsasında yerinə yetirildi.
- Təcrübələrin həyata keçirilməsi və məlumatların toplanması: Planlanan tədqiqat planına əsasən təcrübələri həyata keçirdik və proses parametrlərinə uyğun nəticələrin cəmlənməsi üçün məlumatlar topladıq.
- Məlumatların analizi və modelin təyin edilməsi: Toplanan məlumatlar istifadə edilərək proses parametrlərinin nəticələrə təsiri analiz edilir. Bu analiz, prosesin matematik modelini, ən yaxşı performansı təmin etmək və ən uyğun parametrləri təyin etmək üçün istifadə edilir.

- Optimal parametrlərin təyin edilməsi: Analiz nəticələrinə əsasən, prosesin məqsədlərinə ən yaxın nəticələri təmin etmək üçün ən uyğun parametrlər və rejimlər müəyyənləşdirilir.
- Prosesin optimallaşdırılması və monitorinqi: Son olaraq, təyin edilmiş optimal parametrlər və rejimlər əsasında prosesin tənzimlənməsi və monitorinqi aparılır. Bu, müvafiq performans göstəricilərinin nəzarəti və tənzimlənməsi ilə əlaqəlidir.

II FƏSİL.TƏDQİQAT OBYEKTİ VƏ TƏDQİQAT ÜSULLARI

2.1.Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlamasında rejim parametrlərinin idarə olunması

Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlaması prosesində rejim parametrlərinin idarə olunması mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu prosesin dəqiq və səmərəli həyata keçirilməsi üçün aşağıdakı əsas parametrlərin düzgün tənzimlənməsi vacibdir:

Kəsici alətin sürəti (RPM): Alətin fırlanma sürəti materialın xüsusiyyətlərinə, alətin növünə və yuvaların ölçüsünə uyğun olaraq tənzimlənməlidir. Yüksək dəqiqli paradaqlama zamanı alətin optimal sürətində işləməsi, səth keyfiyyətinin artırılmasına və alətin ömrünün uzadılmasına kömək edir. Kəsici alətin sürəti, həmin alətin performansını, işlənmiş materialın növü, texniki cihazın qüvvəsi və verişi, istifadə olunan materialın səthi və s. kimi bir çox faktora əsaslanır.

Bu sürət, düzgün əməliyyatı təmin etmək üçün texniki məlumatlar və təlimatlar əsasında nizamlanmalıdır. Geniş bir spektrdə materiallarda istifadə olunan alətlərin sürətləri üçün müxtəlif məlumatlar və tövsiyələr mövcuddur. Bu sürətlər, kəsici alətin optimal performansını və materialın düzgün kəsilməsini təmin etmək üçün mühüm rol oynayır. Ən müvafiq olanı kəsici alət sürətini seçmək üçün materialın növünə, alətin özəlliklərinə və iş prosesinin tələblərinə dəqiq diqqət yetirilməlidir. Kəsici alətin sürəti aşağıdakı riyazi tənliklə təyin edilir:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

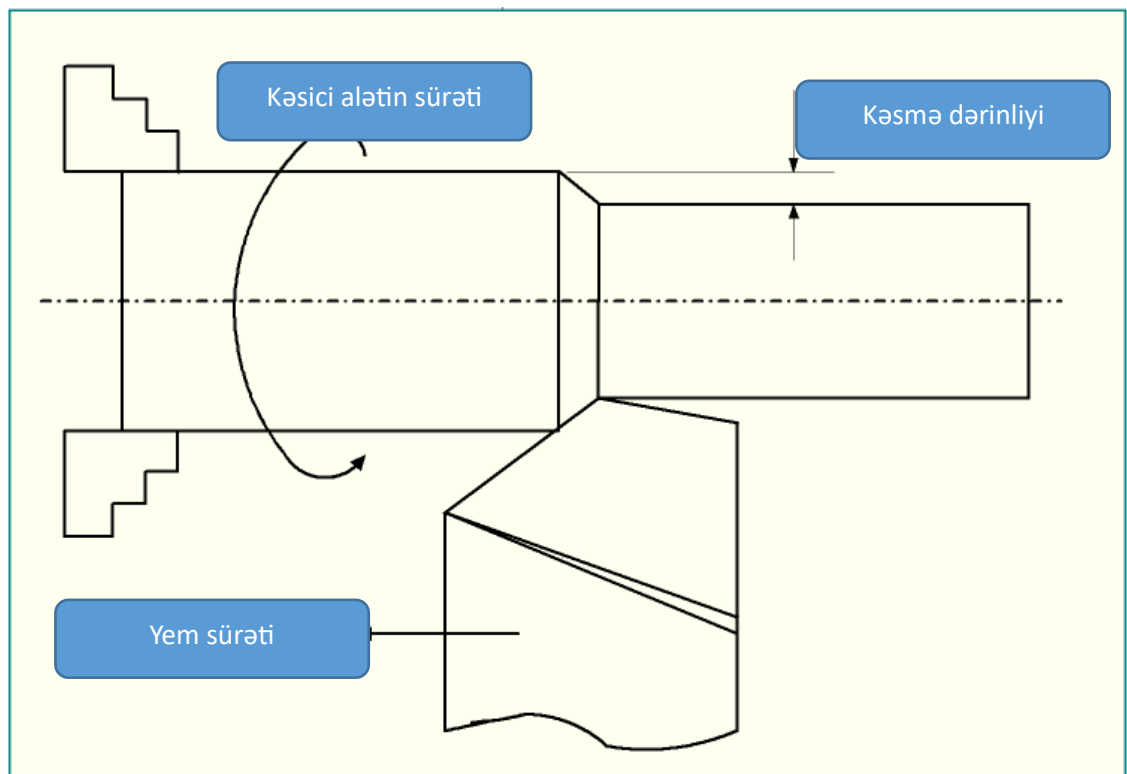
Burada d-alətin diametri, n-isə dövrə sayını ifadə edir.

Yem sürəti (Feed Rate): Yem sürəti, kəsici alətin iş parçası üzərində hərəkət sürətidir. Yem sürətinin doğru seçilməsi materialın kəsilməsi prosesində tələb olunan gücü və səth keyfiyyətini müəyyən edir. Aşağı yem sürəti daha yaxşı səth keyfiyyəti təmin etsə də, məhsuldarlığı azalda bilər. Buna görə də, optimal yem sürətinin seçilməsi vacibdir. Yem sürəti aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin edilir:

$$FR=f \cdot n \quad (2.2)$$

Burada, f -kəsici alətin 1 saniyədə olan fırlanma sayı, n -kəsici alətin dövrə sayısını ifadə edir.

Kəsmə dərinliyi (Depth of Cut): Kəsmə dərinliyi, alətin materiala nə qədər dərinlikdə nüfuz etdiyini göstərir. Yüksək dəqiqli paradaqlama üçün kəsmə dərinliyinin dəqiq tənzimlənməsi, tələb olunan ölçülərin və səth keyfiyyətinin əldə edilməsində mühüm rol oynayır.



Şək.2.1. rejim parametrlərinin sxemi

Kəsmə mayesi (Cutting Fluid): Kəsmə prosesi zamanı istiliyin idarə olunması və sürtünmənin azaldılması üçün kəsmə mayesi istifadə olunur. Kəsmə mayesinin düzgün seçilməsi və tətbiqi, paradaqlama zamanı səth keyfiyyətinin və alətin ömrünün artırılmasına kömək edir.

Kəsmə qüvvəsi (Cutting Force): Kəsmə qüvvəsi, alətin iş parçası üzərində tətbiq etdiyi qüvvədir. Kəsmə qüvvəsinin idarə olunması, paradaqlama prosesinin dəqiq və səmərəli həyata keçirilməsi üçün vacibdir. Kəsmə qüvvəsinin riyazi ifadəsi aşağıda qeyd edilmişdir:

$$F_k = k \cdot A \cdot d \cdot f \quad (2.3)$$

Burada, k bir konstantdır, ki bu, kəsmə qüvvəsinə müəyyənləşdirən faktorlara əsasən dəyişir. A alətin materiala əlaqəli olan effektiv kontak sahəsidir, d kəsici alətin materiala daxil olduğu kəsmə dərinliyidir, f kəsici alətin fırlanma sayıdır. Kəsmə qüvvəsi, alətin materiala təsir etdiyi qüvvə olaraq, alətin iş prosesində nə qədər qüvvə tələb etdiyini göstərir. Kəsmə qüvvəsi, alətin və materialın xüsusiyyətlərinə, işlənmiş materialın növünə və digər amillərə görə dəyişə bilər (Wegener, Hoffmeister, Karpuschewski, Kuster, Rabiey, 2017).

Alət materialı: Alətin materialı və geometrisi, kəsmə prosesinin səmərəliliyini və dəqiqliyini təsir edir. Yüksək dəqiqli paradaqlama üçün sərt və aşınmaya davamlı alətlər istifadə olunur.

Vibrasiya idarəetməsi: Vibrasiyalar paradaqlama prosesinin dəqiqliyini və səth keyfiyyətini mənfi təsir edə bilər. Vibrasiyaların azaldılması üçün:

- Alət və iş parçası arasındakı boşluqlar minimuma endirilməlidir.
- Sabit və sərt tutucular istifadə edilməlidir.
- İş parçasının düzgün dəstəklənməsi təmin edilməlidir.

İstilik idarəetməsi: İstilik artışı materialın deformasiyasına və alətin aşınmasına səbəb ola bilər. İstiliyi idarə etmək üçün:

- Kəsmə mayesinin effektiv istifadəsi təmin edilməlidir.
- Düşük sürətli kəsmə rejimləri seçilməlidir.
- Alətin materialı və örtüyü istilik müqavimətli olmalıdır.

Alətin aşınması və zədələnməsi prosesin dəqiqliyinə təsir edir. Bunun qarşısını almaq üçün:

- Alətlərin müntəzəm yoxlanması və dəyişdirilməsi həyata keçirilməlidir.

- Real-time monitoring sistemləri istifadə edilməlidir ki, alətin vəziyyəti anında izlənilsin və lazımı müdaxilələr edilsin.

İş parçasının materialının xüsusiyyətləri də paradaqlama prosesinə təsir göstərir. Fərqli materiallar üçün fərqli parametrlər seçilməlidir:

- Sərt materiallar üçün daha aşağı sürət və yem sürəti.
- Yumşaq materiallar üçün daha yüksək sürət və daha dərin kəsmə.

Yivlərin və yuvaların dizaynı da paradaqlama prosesinə təsir edir. Komplike dizaynlar daha yüksək dəqiqlik tələb edir və buna uyğun alət seçimi və rejim parametrləri tələb edir.

CNC texnologiyaları yüksək dəqiqli paradaqlama üçün geniş istifadə edilir. CNC proqramlarının optimallaşdırılması üçün:

- G-kodlarının və M-kodlarının düzgün yazılması.
- Proqramın sınaqdan keçirilməsi və lazım gəldikdə düzəlişlərin edilməsi.

Yüksək dəqiqlik tələb edən əməliyyatlar üçün daha az yem sürəti və daha yüksək fırlanma sürətləri istifadə edilə bilər.

Avtomatlaşdırılmış sistemlər və robotlar insan səhvlərinin qarşısını alaraq prosesin dəqiqliyini artırır:

- Avtomatlaşdırılmış alət dəyişdirmə sistemləri.
- Real-time monitoring və tənzimləmə sistemləri.
- Qabaqcıl sensorlar və data analiz vasitələri ilə prosesin daimi nəzarətdə saxlanması.

Proses başlamazdan əvvəl və sonrasında alətlərin və maşınların kalibrlənməsi mühüm əhəmiyyət daşıyır:

- Alətlərin düzgün kalibrlənməsi dəqiqliyi artırır.
- Maşınların kalibrlənməsi prosesin təkrarlana bilənliyini təmin edir.

İş yerinin ətraf mühit şəraiti də prosesin dəqiqliyinə təsir edir. Temperatur, rütubət və toz kimi faktorlar nəzərə alınmalıdır:

- Stabil temperaturda işləmək.
- Toz və kirin minimuma endirilməsi üçün təmiz iş yeri.

Yüksək dəqiqli paradaqlama prosesində operatorların təhlükəsizliyi və rahatlığı da nəzərə alınmalıdır:

- Operatorların təhlükəsizlik təlimatlarına uyğun işləməsi təmin edilməlidir.
- Ergonomik iş şəraiti yaradılmalıdır ki, uzun müddət işləmə zamanı operatorların yorğunluğu azalsın.

Prosesin davamlı təkmilləşdirilməsi üçün:

- Mütəmadi olaraq proseslərin təhlili və optimallaşdırılması həyata keçirilməlidir.
- Yeni texnologiyalar və materiallar haqqında məlumatlılıq artırılmalı və mümkün olduqda tətbiq edilməlidir.

Bütün bu parametrlərin və amillərin idarə olunması, yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlama prosesində optimal nəticələrin əldə edilməsini təmin edir. Texnoloji inkişaf və qabaqcıl idarəetmə sistemləri bu prosesin daha dəqiq, səmərəli və məhsuldar olmasına kömək edir. Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlamasında rejim parametrlərinin riyazi hesablanması üçün müxtəlif düsturlar istifadə edilir. Bu düsturlar kəsici alətin sürəti, yem sürəti, kəsmə dərinliyi və digər parametrlərin hesablanması üçün istifadə edilə bilər. Aşağıda bu parametrlərin hesablanması üçün əsas düsturlar verilmişdir:

Kəsici alətin fırlanma sürəti (RPM - revolutions per minute) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (2.4.)$$

Burada, N — fırlanma sürəti (RPM), V_c — kəsmə sürəti (m/min), D — alətin diametri (mm).

Yem sürəti (F) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$F = f_r \cdot N \cdot Z \quad (2.5)$$

Burada, f_r — bir dişin yem sürəti, N — fırlanma sürəti (RPM), Z — alətin dişlərinin (kəsici elementlərin) sayı.

Kəsmə gücü (P) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$P = \frac{F_c \cdot V_c}{60000} \quad (2.6)$$

Burada, P — kəsmə gücü (kvt), F_c — kəsmə qüvvəsi (N), V_c — kəsmə sürəti (m/min).

Materialın çıxarılma dərəcəsi (MRR) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$MRR = w \times d \times F \quad (2.7)$$

Burada, w — kəsmə eni (mm), d — kəsmə dərinliyi (mm), F — yem sürəti (mm/min).

Kəsmə qüvvəsi (F_c) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$F_c = K_c \times w \times d \quad (2.8)$$

F_c — kəsmə qüvvəsi (N), K_c — kəsmə qüvvəsi koeffisienti (N/mm²), w — kəsmə eni (mm), d — kəsmə dərinliyi (mm).

Səth sürəti fırlanma sürəti və alətin diametri ilə müəyyən edilir:

$$V_s = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000} \quad (2.9)$$

D - Alətin diametri (mm), N - Fırlanma sürəti (RPM)

Alət ömrü Taylorun alət ömrü tənliyi ilə ifadə edilir:

$$C = V_c \cdot T^n \quad (2.10)$$

Kəsmə dərinliyi iş parçasından materialın nə qədər dərinlikdə kəsiləcəyini göstərir və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$a_p = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \quad (2.11)$$

D_1 - İş parçasının başlanğıc diametri (mm), D_2 - İş parçasının son diametri (mm)

Tədqiqatlar göstərirki 12XH3A materialında səthlərin pardaqlanmasında səthin kələ kötürlüyü R_a ilə kəsmə rejim parametrləri arasında aşağıdakı əlaqə var.

$$R_a = 0.27 \cdot \frac{K^{0.48} V^{0.27} S^{0.8} t^{0.13}}{i^{0.11}} \quad (2.12)$$

Qeyd edək ki, kələ-kötürlüyün təkcə kəsmə dərinliyindən asılılığı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$R_a = K_d t^{0.13} \quad (2.13)$$

Tədqiqatda, Ti6Al4V yuvası (AMS 4928) üzərində qazılmış açıq deliklərə daxili pardaqlama prosesi tətbiq edilmişdir. Material səthi pürüzlülük, səth sərtliyi və aşınma müqaviməti baxımından müqayisə edildi. Marsurf M400 səth pürüzlülüynü ölçən cihaz çuxurdaxili səth pürüzlülüynü təyin etmək üçün istifadə edilmişdir. Test materialının sərtliyi EmcoTest Durajet sərtlik ölçmə cihazı ilə orta hesabla 310 HV (32

HRC) dəyərində ölçüldü. Bu dəyər daxili paradaqlama üçün uyğun dəyərdir (maks. 45 HRC). Adekvat nümunə götürməni təmin etmək üçün sınaq materialında 3 deşik qazıldı. Şaquli emal mərkəzində dəzgahdan təmin edilmiş soyutma ilə karbidlə gücləndirilmiş qazma baltasından istifadə edərək deşik qazma işləri aparılmışdır. Deliklərin qazılması üçün proses parametrləri Cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 2.1.

Padaqlama proses parametrləri

nominal diametr [mm]	9,90
fırlanma sürəti [rpm]	650
qidalanma sürəti [mm/dəq]	25
Yuva dərinliyi [mm]	25

Tədqiqata paradaqlama prosesləri 15 mm dərinliyə qədər bir qazma ilə açılan deliklərin hissələrinə tətbiq edilmişdir. Bu şəkildə eyni yuva daxilində müqayisəli araşdırmalar etmək məqsəd qoyulmuşdur. Paradaqlama alətinin aşındırıcı növü və ölçüsü SiC 240 qumdur. Proses parametrləri Cədvəl 2.2-də verilmişdir. Proses zamanı Flex-Hone markalı maye istifadə edilmişdir.

Cədvəl 2.2.

Padaqlama prosesində alətin parametrləri

Alətin nominal diametr [mm]	10
Alətin fırlanma sürəti [rpm]	1000
Alətin qidalanma sürəti [mm/dəq]	100
Emal dərinliyi [mm]	15

Yüksək dəqiqliyə malik yuvaların daxili paradaqlanması zamanı, diametri kiçildikdə və abraziv alətin əhatə bucağı artdıqda sürtünmə qüvvələrinin hesablanması, prosesin effektivliyini və nəticələrin keyfiyyətini təmin etmək üçün əhəmiyyətli bir məsələdir. Bu hesablama, mühərrikin optimal işləməsini və prosesin məqsədə uyğun işləməsinə kömək edir. Sürtünmə qüvvələrinin hesablanması üçün bir neçə mühüm mənbələr və parametrlər nəzərdən keçirilməlidir:

- Abraziv alətin materialı və forması: Abraziv alətin materialı (misal üçün, alüminium oksid, silikon karbid kimi) və forması (disk, silindir, konus kimi) sürtünmə prosesinə təsir edir. Alətin sərtliyi və forması, sürtünmə qüvvələrini təyin etmək üçün əhəmiyyətlidir.
- Diametrin kiçilməsi: Yuvaların diametri kiçildikcə, kontakt sahəsi azalır və buna görə də sürtünmə qüvvələri dəyişir. Diametrin kiçilməsi ilə əlaqədar sürtünmə qüvvələrinin dəyişimi, sürtünmə əmsalı vasitəsilə hesablanır.
- Alətin əhatə bucağı: Abraziv alətin əhatə bucağı, yüksək dəqiqliyə malik yuvaların daxili paradaqlanması prosesində tətbiq edilən hərəkət qüvvələrinə təsir edir. Bu bucaq artanda, alətin çərçivəsi ilə yuva arasında daha böyük bir təmas sahəsi yaranır və buna görə də sürtünmə qüvvələri artır.
- Materialın növü: Paradaqlanma prosesində istifadə olunan materialın növü də sürtünmə qüvvələrini təyin edir. Misal üçün, metal səthlər arasında sürtünmə qüvvələri polimer səthlərdən fərqli olacaq.

Sürtünmə qüvvələrinin hesablanması üçün riyazi ifadələr aşağıdakı kimi olub bilər:

- Sürtünmə Qüvvəsi (F): Sürtünmə qüvvəsi, yuva və abraziv alət arasında mövcud olan qüvvədir. Bu qüvvə, alətin yüzeyinin yuva yüzeyinə təmas etməsinə və onu hərəkət etdirməsinə səbəb olur.
- Sürtünmə əmsalı (μ): Sürtünmə əmsalı, yuva və abraziv alət arasında sürtünmənin dərəcəsini göstərir. Bu, hər iki materialın cinsiyyətinə və halına bağlıdır.
- Təmas təzyiqi (P): Nömrələmələrin təzyiqi, yuva və abraziv alət arasında təmas olunan sahədə təzyiqin miqdarını ifadə edir.

Kontakt Sahəsi (A): Kontakt sahəsi, yuva və abraziv alət arasında təmas edən sahənin ölçüsünü ifadə edir. Diametri kiçilməsi ilə kontakt sahəsi azalır.

Qeyd olunan kəmiyyətlər əsasında aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$F = \mu \cdot P \cdot A \quad (2.14)$$

Daxili pardaqlama prosesi zamanı titrəmələrin azaldılması, mühərrikin təmiz və məsuliyyətli işləməsini təmin etmək üçün vacibdir. Titrəmələr, yuvaların daxili hissələrinin və əlavə komponentlərin zədələnməsinə səbəb ola bilər və bu, mühərrikin performansını və ömrünü azaldır. Titrəmələrin azaldılması üçün müxtəlif tədbirlər aparılan tədqiqat üçün qeyd edilmişdir:

- Mühərrikin dövrə sürətləri artdıqca, titrəmələr artır. Bu məqamda mühərrikin balanslaşdırılması vacibdir. Balanslaşdırma prosesi, rotorların sürətinin, ağırlığının və qüvvə tələbinin müəyyənləşdirilməsini və optimal çalışma qrafikasının təyin edilməsini əhatə edir.
- Pardaqlama prosesi üçün istifadə olunan yuxarı alətlərin (məsələn, abraziv disk) sürəti və təzyiqi, titrəmələri azaldmağa kömək edir. Proses zamanı düzgün tənzimləmə, yuxarı alətlərin əhəmiyyətli ölçüdə titrəmələrini azaldır.
- İşçilərə, pardaqlama prosesi üçün mühərrikin ətrafındakı alətin düzgün hərəkətini təmin etmək üçün təlimlər verilməlidir. Bu, titrəmələrin minimuma endirilməsini təmin edəcək və mühərrikin daxili hissələrinin zədələnməsinə qarşı mühafizəni gücləndirəcək.
- Pardaqlama prosesi üçün istifadə olunan alət və materialların yüksək keyfiyyətdə olması, titrəmələrin azalmasına kömək edir. İndiyədək əhatə edilməmiş, aşınmaya davamlı və sabit alətlər titrəmələrin minimuma endirilməsinə yardım edir.

Titrəmələrin azaldılması ilə bağlı riyazi ifadə:

$$T = k \cdot F \quad (2.15)$$

Burada, T titrəmələrin miqdarını ifadə edir. K bir konstantdır, ki bu, titrəmələri müəyyən edən faktorlara (məsələn, alətin cəmi hərəkət enerjisi) əsasən dəyişir. K konstantı, titrəmələrin təsirini təyin etmək üçün çeşitli faktorlara bağlı olaraq müəyyən edilir. Bu faktorlar arasında alətin cəmi hərəkət enerjisi, alətin və yuva materialının elastik özəlliyi, təzyiq və temperatur dəyərləri kimi mühüm parametrlər daxildir. Bu parametrləri hesablamaq və nəzərə almaq, titrəmələrin nə qədər olacağını təxmin

etmək üçün əhəmiyyətli ola bilər. Əsasən, K konstantı müxtəlif texniki və elmi araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilir. Bu araşdırmalar müxtəlif alətlər və yuvalar üçün müxtəlif olub, beləliklə hər bir tətbiq üçün fərqli K dəyərləri müəyyən edilir. Müsbət K dəyəri, titrəmələrin daha yaxşı nəzarət altında olmasını təmin edir, amma K dəyəri artıq olduqda da arta bilər və titrəmələri artırmaq üçün səbəb olur. F sürtünmə qüvvəsini ifadə edir, çünki sürtünmə aləti və yuva arasındakı sürtünmə prosesi səbəb olaraq titrəmələr yaradır.

2.2. Taquchi metodunun tətbiqi

Daxili paradaqlama prosesin səmərəliliyi və effektivliyi proses parametrlərinin doğru tənzimlənməsinə və optimal parametrlərin müəyyən edilməsinə asılıdır. Taquchi metodu, proses parametrlərinin optimal kombinasiyasını tapmaq üçün istifadə edilən bir statistik metoddur və daxili paradaqlama prosesi üçün də tətbiq edilir. Tədqiqatda istifadə ediləcək Taquchi metodu ilə bağlı aşağıdakı əsas məlumatları qeyd edə bilərik:

- Daxili paradaqlama prosesi üçün ən əhəmiyyətli parametrlər seçilməlidir. Bu parametrlər əsasən iş parçasının materialına, alətin xüsusiyyətlərinə və prosesin məqsədinə əsaslanır. Məsələn, dönmə sürəti, irəliləmə sürəti, paradaqlama dərinliyi kimi parametrlər nəzərə alınmalıdır.
- Hər bir parametr üçün mümkün olan səviyyələr müəyyənləşdirilməlidir. Bu, prosesin təhlili və optimal kombinasiyanın təyini üçün vacibdir.
- Taquchi metodu əsasında, ortogonal dizaynlardan istifadə edilərək təcrübələr düzgün bir şəkildə dizayn edilməlidir. Bu, minimal sayda təcrübə ilə maksimum məlumat əldə edilməsini təmin edir.
- Hər bir təcrübə üçün səth pürüzlülüüyü kimi mühüm nəticələrin ölçülməsi tələb olunur.
- Taquchi metodunun analiz vasitələri ilə, məsələn, S/N (signal-to-noise) nisbətləri ilə təhlil edilməlidir. Bu analiz, hər bir parametrin səth pürüzlülüüyünə təsirini qiymətləndirərək optimal parametrlərin təyin edilməsində kömək edir.

- Analiz nəticələrinə əsasən, optimal parametrlər müəyyənləşdirilməlidir. Bu parametrlər prosesin səth keyfiyyətini maksimuma çatdırmaq üçün seçilir.
- Tədqiqatın nəticələri əsasında, səth pürüzlülüyünün yaxşılaşdırılması üçün təkliflər verilməlidir. Bu, prosesin effektivliyini və keyfiyyətini artırmaq üçün əhəmiyyətli məlumatlar təmin edir.

Dr. Genichi Taquchi tərəfindən hazırlanmış Taquchi dizaynı istehsal sistemlərində keyfiyyətin optimallaşdırılmasına yönəlmiş bir sıra metodologiyadan ibarətdir. Ənənəvi eksperimental dizaynlardan fərqli olaraq, Taquchi metodu az sayda təcrübə ilə ən optimal nəticə əldə etməyi hədəfləyir. Bu yolla hətta mürəkkəb istehsal proseslərində də vaxta və resurslara qənaət edilir.

Taquchi metodologiyasının əsas prinsipi məhsulun və prosesin dizayn mərhələsində dəyişkənliyin nəzərə alınmasıdır. Bu sayədə istehsal zamanı baş verə biləcək səhvlər və sapmalar proqnozlaşdırıla və tədbir görülmə bilər. Taquchi bu prinsipi həyata keçirmək üçün üç əsas mərhələdən ibarət bir çərçivə təklif edir:

1. Sistem Dizaynı: Bu mərhələdə məhsulun əsas funksiyaları və komponentləri müəyyən edilir. Bu mərhələdə sistemin ümumi arxitekturası və işləməsi nəzərdə tutulur.

2. Parametrlərin dizaynı: Sistemin dizaynı tamamlandıqdan sonra istehsal prosesinə təsir edən parametrlər müəyyən edilir. Bu parametrlərə temperatur, təzyiq, material növü və s. kimi amillər daxil ola bilər. Taquchi metodu bu parametrlərin optimal səviyyələrini müəyyən etmək üçün ortoqonal massivlər kimi statistik alətlərdən istifadə edir.

3. Tolerantlıq Dizaynı: Bu mərhələdə istehsal prosesində məqbul xəta və sapma hədləri müəyyən edilir. Taquchi metodu bu limitləri təyin edərkən signal-küy nisbəti kimi anlayışlardan istifadə edir.

Taquchi metodologiyası istehsal sənayesində geniş tətbiq sahələrini görür. Elektronika, avtomobil, tekstil və qida kimi müxtəlif sektorlarda məhsul və proseslərin optimallaşdırılmasında istifadə olunur. Taquchi metodunun əsas üstünlükləri bunlardır:

Daha az təcrübə ilə daha sürətli nəticələr əldə etmək: Ənənəvi eksperimental dizaynlarla müqayisədə Taquchi metodu daha az təcrübə ilə optimal nəticələr əldə etməyə imkan verir. Bu yolla vaxta və resurslara qənaət edilir.

Məhsul və proses keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması: Taquchi metodu istehsal prosesində dəyişkənliyi nəzərə alaraq daha keyfiyyətli məhsullar istehsal etməyə kömək edir.

İstehsal xərclərinin azaldılması: Taquchi metodu səhvlərin və sapmaların qarşısını almaqla istehsal xərclərini azaltmağa kömək edir.

Nəticədə, Taquchi dizaynı istehsal sistemlərində keyfiyyətin optimallaşdırılması üçün güclü vasitədir. Az sayda təcrübə ilə sürətli və effektiv nəticələrin təmin edilməsi Taquchi metodunu istehsal sənayesində çox məşhur etdi.

Genichi Taquchi tərəfindən hazırlanmış Taquchi dizaynı məhsulların və proseslərin optimallaşdırılması üçün istifadə olunan metodologiyadır. Bu metodologiyanın əsasını təşkil edən üç mərhələ:

1. Sistem Dizaynı:

Bu mərhələdə məhsulun əsas funksiyaları və komponentləri müəyyən edilir. Bu mərhələdə sistemin ümumi arxitekturası və işləməsi nəzərdə tutulur. Sistemin dizaynı elm və mühəndislikdən texniki bilik tələb edən mürəkkəb bir prosesdir. Bu mərhələdə nəzərə alınmalı bəzi amillər bunlardır:

- Məhsulun məqsədi və funksiyaları
- İstifadəçi tələbləri
- Texniki məhdudiyyətlər
- İstehsal xərcləri

2. Parametr dizaynı:

Sistemin dizaynı tamamlandıqdan sonra istehsal prosesinə təsir edən parametrlər müəyyən edilir. Bu parametrlərə temperatur, təzyiq, material növü və s. kimi amillər daxil ola bilər. Taquchi metodu bu parametrlərin optimal səviyyələrini müəyyən etmək üçün ortoqonal massivlər kimi statistik alətlərdən istifadə edir. Parametr dizaynı məhsulun funksionallığını və performansını optimallaşdırmaq məqsədi daşıyır. Bu mərhələdə nəzərə alınmalı bəzi amillər bunlardır:

- Nəzarət edilə bilən parametrlərin sayı və səviyyələri
- Faktorların məhsulun performansına təsiri
- Eksperimental dizayn və məlumatların təhlili

3. Tolerantlıq Dizaynı:

Bu mərhələdə istehsal prosesində məqbul xəta və sapma hədləri müəyyən edilir. Taquchi metodu bu limitləri təyin edərkən siqnal-küy nisbəti kimi anlayışlardan istifadə edir. Tolerantlıq dizaynı məhsulun möhkəmliyini və davamlılığını artırmaq məqsədi daşıyır. Bu mərhələdə nəzərə alınmalı bəzi amillər bunlardır:

- İstehsal səhvlərinin və sapmalarının qəbul edilə bilən səviyyələri
- Səhvlərin və sapmaların məhsulun performansına təsiri
- Keyfiyyətə nəzarət prosedurları

Taquchi-nin üç mərhələli dizayn metodologiyası məhsul və prosesləri optimallaşdırmaq üçün güclü vasitədir. Bu metodologiyanın istifadəsi yüksək keyfiyyətli məhsullar, aşağı istehsal xərcləri və qısa istehsal müddətləri kimi bir çox fayda təmin edə bilər.

Taquchi seçim keyfiyyətinin xarakteristikası kimi siqnal-küy (S/N) nisbətindən istifadə etmişdir. S/N nisbəti standart sapma əvəzinə ölçülə bilən dəyər kimi istifadə olunur.

Ən sadə formada S/N nisbəti orta (siqnal) standart sapmaya (səs-küy) nisbətidir. S/N nisbətinin xüsusiyyətləri üç kateqoriyaya bölünə bilər:

Ən aşağı ən yaxşı yer:

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2.16)$$

Belə məsələlərdə Y-nin hədəf dəyəri sıfırdır. Ən kiçik dəyər ən yaxşı vəziyyət üçün siqnal/səs nisbətini təmsil edir. Məsələn, səthin pürüzlülüyü, təkərlərin aşınması və prosesin uğursuzluğu və s.

Ən yüksək olan ən yaxşı yer:

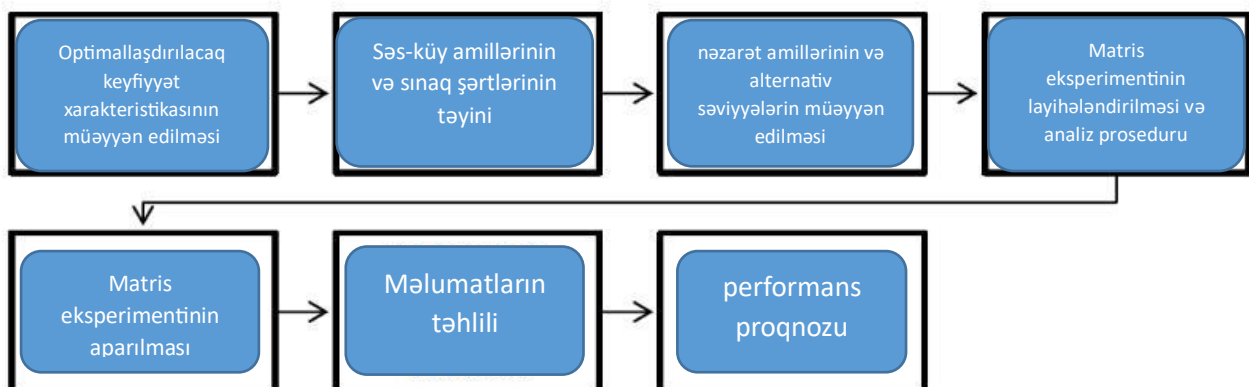
$$\frac{S}{N} : -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i:1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2.17)$$

Bu halda, Y-nin dəyəri sonsuzluğun ideal hədəfi olan qeyri-mənfi ölçülə bilən xüsusiyyətdir. Ən böyük dəyər ən yaxşı hal üçün siqnal/səs nisbətini təmsil edir. Məsələn, güc və səmərəlilik və s. Nominal aşağıdakı hallarda ən yaxşıdır:

$$\frac{S}{N} : 10 \log \left(\frac{\bar{y}}{s_y^2} \right) \quad (2.18)$$

Bu vəziyyətdə, ikili tolerantlıqla bir xüsusiyyətimiz olduqda, nominal dəyər hədəfdir. Beləliklə, bütün hissələr bu dəyərə gətirilərsə, variasiya sıfır olacaq və ən yaxşıdır. Bu, ən yaxşı hədəf dəyəri üçün siqnal/səs nisbətində istinad edir. Məsələn, məhsulun ölçüləri.

Keyfiyyət xarakteristikası kateqoriyasından asılı olmayaraq, daha yüksək S/N nisbəti daha yaxşı keyfiyyət xüsusiyyətlərinə uyğundur. Buna görə də, proses parametrlərinin optimal səviyyəsi ən yüksək S/N nisbətində malik olan səviyyədir.



Şək.2.2. Taguchi metodunun axın diaqramı

Taquchi metodunun birinci mərhələsi optimallaşdırılacaq keyfiyyət xarakteristikasını müəyyən etməkdir. Keyfiyyət xarakteristikası məhsulun keyfiyyətinə birbaşa təsir edən və dəyişən parametrdir. Bu mərhələdə nəzərə alınmalı bəzi amillər bunlardır:

- Məhsulun funksiyaları və performans tələbləri
- Müştəri tələbləri
- Texniki və iqtisadi məhdudiyyətlər

Növbəti addım məhsulun performansına və keyfiyyətinə mənfi təsir göstərə biləcək səs-küy amillərini müəyyən etməkdir. Səs-küy amilləri nəzarət edilə bilməyən və ya nəzarət etmək çox bahalı olan amillərdir. Bu amillər istehsal mühitindəki dəyişikliklər, xammaldakı dəyişikliklər və ya müştərinin istifadəsi ilə bağlı amillər ola bilər.

Müxtəlif səviyyələrdə səs-küy amillərini təmsil etmək üçün sınaq şərtləri müəyyən edilməlidir. Bu yolla, səs-küy amillərinin məhsulun performansına təsiri qiymətləndirilə bilər (Zhang., & Chen, 2018).

Üçüncü mərhələ məhsulun keyfiyyət xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilən nəzarət amillərinin müəyyən edilməsidir. Nəzarət amilləri dizaynerlər tərəfindən tənzimləyə və idarə oluna bilən amillərdir. Bu amillər istehsal prosesində, məhsulun dizaynında və ya istifadə olunan materiallarda parametrlər ola bilər. Hər bir nəzarət faktoru üçün alternativ səviyyələr müəyyən edilməlidir. Bu səviyyələr məhsulun performansına müxtəlif təsirlər yaratmaq üçün seçilməlidir.

Dördüncü mərhələ matris eksperimentinin layihələndirilməsi və analiz prosedurunun müəyyən edilməsidir. Matris eksperimenti müxtəlif səviyyəli nəzarət faktorlarının bütün kombinasiyalarını özündə birləşdirən eksperimental dizayndır. Taquchi metodu ortoqonal massivlər kimi statistik alətlərdən istifadə edərək matris eksperimentlərinin dizaynını asanlaşdırır.

Təhlil proseduru eksperimental nəticələrin necə qiymətləndirilməsini və hansı nəzarət faktoru səviyyələrinin ən uyğun olduğunu müəyyən etməyi təsvir edir. Taquchi metodu siqnal-küy nisbəti (S/N) kimi performans göstəricilərindən istifadə edir.

Beşinci mərhələ matris təcrübəsini yerinə yetirmək və nəticələri qeyd etməkdir. Təcrübələr əvvəlcədən müəyyən edilmiş sınaq şərtləri və müəyyən edilmiş nəzarət amilləri səviyyəsində aparılmalıdır.

Altıncı mərhələ eksperimental nəticələrin təhlili və nəzarət amilləri üçün optimal səviyələrin müəyyən edilməsidir. Taquchi metodu S/N nisbəti kimi performans göstəricilərindən istifadə edərək optimal səviyələri təyin etməyi asanlaşdırır.

Yeddinci və son mərhələ performansın optimal səviyyədə qiymətləndirilməsidir. Bu proqnoz eksperimental məlumatlardan və statistik modellərdən istifadə etməklə aparılır. Proqnozlaşdırma optimal səviyələrin məhsulun performansına təsirini qiymətləndirməyə kömək edir.

Taquchi metodu məhsulların və proseslərin optimallaşdırılmasında bir çox üstünlüklər verir. Bu üstünlüklərdən bəziləri bunlardır:

Daha az təcrübə ilə daha sürətli nəticələr əldə etmək: Taquchi metodu ənənəvi eksperimental dizaynlarla müqayisədə daha az təcrübə ilə optimal nəticələr əldə etməyə imkan verir. Bu yolla vaxta və resurslara qənaət edilir.

Məhsul və proses keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması: Taquchi metodu səs-küy amillərinin təsirini minimuma endirməklə və nəzarət amillərinin optimal səviyələrini müəyyən etməklə məhsul və proses keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa kömək edir.

İstehsal xərclərinin azaldılması: Taquchi metodu səhvlərin və sapmaların qarşısını almaq və prosesin səmərəliliyini artırmaqla istehsal xərclərini azaltmağa kömək edir.

Daha möhkəm və davamlı məhsulların hazırlanması: Taquchi metodu məhsulların səs-küy faktorlarına daha davamlı olmasını təmin etməklə daha möhkəm və davamlı məhsulların hazırlanmasına kömək edir.

Taquchi metodu bir çox müxtəlif sektorlarda istifadə olunur. Elektronika, avtomobil, tekstil, qida və əczaçılıq kimi müxtəlif sektorlarda məhsul və proseslərin optimallaşdırılmasında istifadə olunur.

Taquchi metodunu tətbiq etməkdə sizə kömək edə biləcək proqram təminatı da mövcuddur. Bu proqramlar sizə eksperimentlər tərtib etməyə, məlumatlarınızı təhlil etməyə və optimal səviyələri müəyyən etməyə kömək edə bilər.

Nəticə olaraq, Taquchi metodu məhsulların və proseslərin optimallaşdırılması üçün güclü və faydalı vasitədir. Bu metodun istifadəsi yüksək keyfiyyətli məhsullar, aşağı istehsal xərcləri və qısa istehsal müddətləri kimi bir çox fayda təmin edə bilər.

III FƏSİL.YÜKSƏK DƏQİQLİ YUVALARIN PARDAQLANMASINDA REJİM PARAMETRLƏRİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI

3.1. Ölçmə aləti ilə pardaqlanma parametrlərinin təyini

Yüksək dəqiqlik yuvaların pardaqlanması aparılan ölçmələr çox vaxt hissənin və ya obyektin həndəsi xüsusiyyətlərini müəyyən etmək və ya yoxlamaq üçün istifadə olunur. Onlar xüsusilə istehsal sənayesində, mühəndislik tətbiqlərində və keyfiyyət nəzarət proseslərində geniş istifadə olunur. Buna bağlı diqqət ediləsi məqamlar:

- Xarici diametrinin ölçülməsi hesablama üçün tələb olunan spesifikasiyaların təmin edilməsində çox vaxt vacibdir.
- Yuvaların diametrinin ölçülməsi düzgün pardaqlama üçün vacibdir.
- Bir hissənin və ya materialın qalınlığının ölçülməsi struktur bütövlüyünü yoxlamaq və onun müəyyən ölçü diapazonunda qalmasını təmin etmək üçün vacibdir.
- Yuvanın dərinliyinin ölçülməsi hissənin funksionallığı və ya yığılması üçün kritikdir.
- Hissənin səthlərinin eninin ölçülməsi hissənin funksionallığı, yığılması və görünüşü üçün vacibdir. Onlar xüsusilə səth pürüzlülüyünə nəzarət etmək üçün istifadə olunur.

Bu ölçmələr hissələrin istehsalı, yığılması və keyfiyyətinə nəzarət kimi müxtəlif tətbiqlərdə istifadə olunur və dəqiq ölçmə nəticələri hissələrin etibarlılığını və performansını təmin etmək üçün vacibdir. Buna görə düzgün ölçmə üsullarından istifadə etmək və uyğun ölçmə cihazlarını seçmək vacibdir.

Daxili diametrlə və xarici diametrlə kalibrlər. Kalibr silindrik hissələrin daxili və xarici diametrlərini ölçmək üçün istifadə olunan ölçü aləti kimi geniş istifadə olunur. Kalibrin daxili diametrlə ölçü çənələri itilənmiş kompas şəklində xaricə açıqdır. Bu xüsusiyyət sayəsində daxili diametrlər üzrə ölçülər asanlıqla həyata keçirilə bilər.

Xarici diametr ölçmələrində, detalda kalibrin çənəsi sabit şəkildə istifadə olunur. Vernier bölməsi olan çənə hərəkətlidir. Ölçmə çənələri silindrik hissənin xarici hissələrinə toxunduraraq və normal təzyiq tətbiq etməklə aparılır.



Şək.3.1. Daxili və xarici kalibr



Şək.3.2.Dərinlik kalibr



Şəkil 3.3. Ölçmə əməliyyatın aparılması

3.2. Oymaqların paradaqlanması rejimlərinin hesablanması

Tədqiqatın əsasında, polad 45 üçün kəsici alətin sürəti hesablanaraq, optimal proses parametrləri təyin edilir. Bu parametrlər arasında dönmə sürəti, irəliləmə sürəti, paradaqlama dərinliyi kimi kritik dəyərlər yer alır. Bu dəyərlər, prosesin məhsulunun istənilən xüsusiyyətlərə uyğun olmasını təmin etmək üçün əhəmiyyətli parametrlərdir.

Əsas parametrlərin hesablanması

Kəsmə gücü: Kəsmə gücünün hesablanması, prosesin dinamikləri və enerji ehtiyatları haqqında dəyərli məlumatlar verir. Hesablanan kəsmə gücü, kəsmənin müəyyən bir sürətdə və dərinlikdə necə fəaliyyət göstərməsini ölçür.

Səth pürüzlülüüyü (Ra): Səth pürüzlülüüyünün hesablanması, iş parçasının nə qədər yaxşı işləndiyini və nəticə olaraq hansı keyfiyyətə malik olduğunu təyin etmək üçün əhəmiyyətli bir mərhələdir. Optimal səth pürüzlülüüyü, istifadəçinin tələblərinə uyğun bir nəticə əldə etməkdə kömək edir.

Sürtünmə qüvvəsi və titrəmə: Sürtünmə qüvvəsinin və titrəmələrin azaldılmasının hesablanması, prosesin stabil və təhlükəsiz olmasını təmin etmək üçün vacibdir. Bu hesablamalar, iş prosesinin keyfiyyətini və iş prosesində çalışanların təhlükəsizliyini artırmaq üçün əhəmiyyətli parametrlərdir.

1. Daxili diametri 30-50 mm arasında olan polad 45 üçün kəsici alətin sürətini hesablamaq üçün verilmiş formulu istifadə edə bilərik:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Verilənlər, $d = 45$ mm və polad 45 üçün $n = 900$ dövr/dəq olaraq qiymətləndirilmişdir. Sürəti v hesablayaq:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = v = \frac{3.14 \cdot 45 \cdot 900}{1000} = 127.17$$

Daha sonra yem sürətini hesablayaq. Yem sürəti aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin edilir:

$$FR = f \cdot n = 20 \cdot 900 = 18000$$

Əgər optimal parametrlər aşağıdakı kimi təyin edilsə:

- Dönmə sürəti (Spindle speed): 1500 rpm

- İrəliləmə sürəti (Feed rate): 0.02 mm/rev
- Paradaqlama dərinliyi (Depth of cut): 0.02 mm

Əgər kəsmə qüvvəsi (F_c) üçün təxminən bir dəyər olaraq 2000 N qəbul ediriksə, bu qiyməti istifadə edərək kəsmə gücünü (P) hesablamaq mümkündür. Kəsmə gücünü aşağıdakı formula əsasında hesablamaq olar:

$$P = \frac{F_c \cdot V_c}{60000} = P = \frac{2000 \cdot 127.17}{60000} = 4256 \text{ kvt}$$

$D_1 = 45$ mm və $D_2 = 30$ mm olduqda kəsmə dərinliyi hesablayaq:

$$a_p = \frac{D_1 - D_2}{D_1} = \frac{45 - 30}{45} = 0.333$$

Səth sürəti fırlanma sürəti və alətin diametri ilə müəyyən edək:

$$V_s = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 127.17}{1000} = 17.97$$

Səthlərin paradaqlanmasında səthin kələ kötürlüyü R_a hesablayaq:

$$R_a = 0.27 \cdot \frac{K^{0.48} V^{0.27} S^{0.8} t^{0.13}}{i^{0.11}} = 0.27 \cdot \frac{1^{0.48} 127.17^{0.27} 25^{0.8} 10^{0.13}}{1^{0.11}} = 15.606$$

Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri (mikron vahidi ilə) aşağıdakı kimi verilsə:

$$y_1 = 0.8 \text{ } \mu\text{m}, y_2 = 0.9 \text{ } \mu\text{m}, y_3 = 0.7 \text{ } \mu\text{m}$$

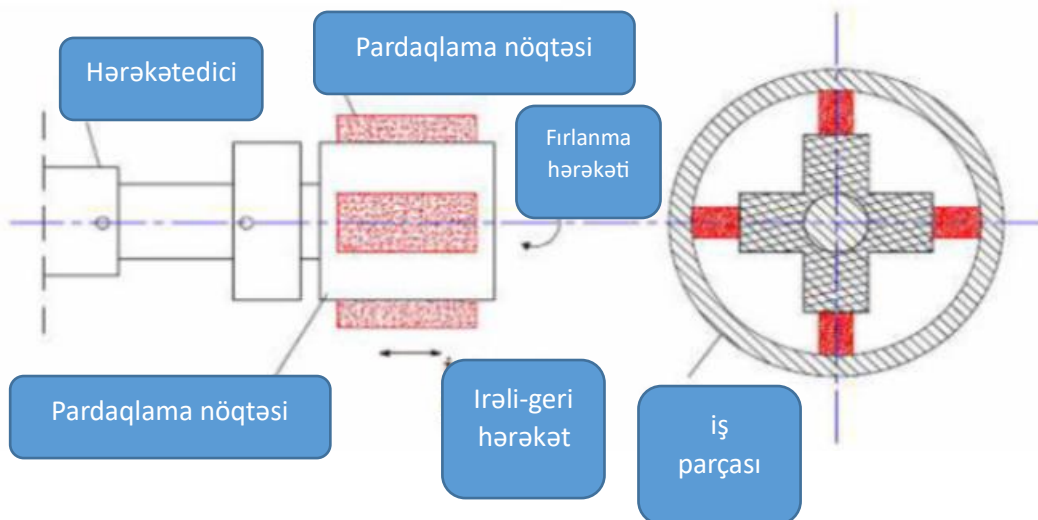
Bu halda, ortalama səth pürüzlülüyü hesablanır:

$$y_{ort} = \frac{0.8 + 0.9 + 0.7}{3} = 0.8 \text{ } \mu\text{m}$$

İstifadə edilən Taquchi metodunun nisbəti S/N (signal-to-noise ratio) əsasında, optimal səth pürüzlülüyü hesablanır. Nisbət formulunu aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right) = -10 \log\left(\frac{1}{3} (0.8^2 + 0.9^2 + 0.7^2)\right) = 1.89$$

Bu nisbət dəyəri, daha yüksək olduğu üçün, səth pürüzlülüyünün performansının daha yaxşı olduğunu göstərir.



Şək.3.4. Daxili pardaqlama prosesin sxemi

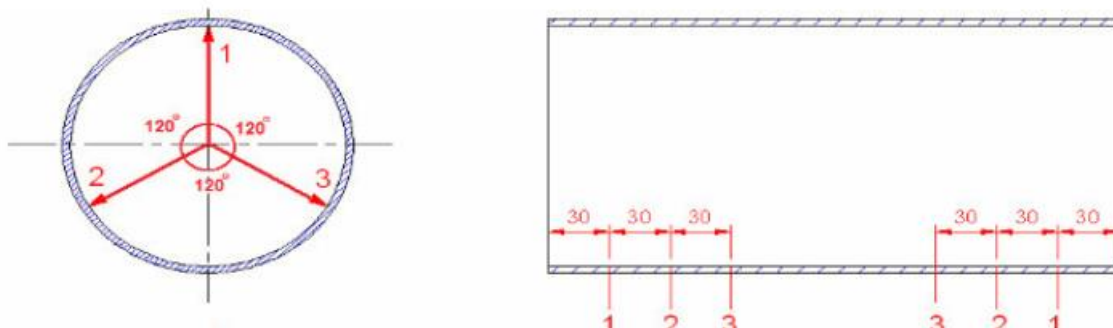
Proses zamanı sürtünmə qüvvəsin hesablayaq:

Sürtünmə qüvvələrinin hesablanması üçün riyazi ifadələr aşağıdakı kimi olubilir:

$$F = \mu \cdot P \cdot A = 0.6 \cdot 100 \cdot 50 = 3000 \text{ N}$$

Bunu biz titrəmələrin azaldılması ilə bağlı riyazi ifadə üçün nəzərdən keçirək:

$$T = k \cdot F = 0.8 \cdot 3000 = 2400$$



Şək 3.5. Səth pürüzlülüynün ölçülmə sxemi

2. Verilənlər, $d = 30 \text{ mm}$ və polad 45 üçün $n = 900 \text{ dövr/dəq}$ olaraq qiymətləndirilmişdir. Sürəti v hesablayaq:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = v = \frac{3.14 \cdot 30 \cdot 900}{1000} = 84.78$$

Daha sonra yem sürətini hesablayaq. Yem sürəti aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin edilir:

$$FR = f \cdot n = 20 \cdot 900 = 18000$$

Əgər optimal parametrlər aşağıdakı kimi təyin edilirsə:

- Dönmə sürəti (Spindle speed): 1500 rpm
- İrəliləmə sürəti (Feed rate): 0.02 mm/rev
- Paradaqlama dərinliyi (Depth of cut): 0.02 mm

Əgər kəsmə qüvvəsi (F_c) üçün təxminən bir dəyər olaraq 2000 N qəbul ediriksə, bu qiyməti istifadə edərək kəsmə gücünü (P) hesablamaq mümkündür. Kəsmə gücünü aşağıdakı formula əsasında hesablamaq olar:

$$P = \frac{F_c \cdot V_c}{60000} = P = \frac{2000 \cdot 84.78}{60000} = 2826 \text{ kvt}$$

$D_1 = 30$ mm və $D_2 = 15$ mm olduqda kəsmə dərinliyi hesablayaq:

$$a_p = \frac{D_1 - D_2}{D_1} = \frac{30 - 15}{30} = 0.5$$

Səth sürəti fırlanma sürəti və alətin diametri ilə müəyyən edək:

$$V_s = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 127.17}{1000} = 7.99$$

Səthlərin paradaqlanmasında səthin kələ kötürlüyü R_a hesablayaq:

$$R_a = 0.27 \cdot \frac{K^{0.48} V^{0.27} S^{0.8} t^{0.13}}{i^{0.11}} = 0.27 \cdot \frac{1^{0.48} 84.78^{0.27} 25^{0.8} 10^{0.13}}{1^{0.11}} = 15.86$$

Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri (mikron vahidi ilə) aşağıdakı kimi verilsə:

$$y_1 = 0.4 \text{ } \mu\text{m}, y_2 = 0.6 \text{ } \mu\text{m}, y_3 = 0.5 \text{ } \mu\text{m}$$

Bu halda, ortalama səth pürüzlülüyü hesablanır:

$$y_{ort} = \frac{0.4 + 0.6 + 0.5}{3} = 0.5 \text{ } \mu\text{m}$$

İstifadə edilən Taquchi metodunun nisbəti S/N (signal-to-noise ratio) əsasında, optimal səth pürüzlülüyü hesablanır. Nisbət formulunu aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right) = -10 \log\left(\frac{1}{3} (0.4^2 + 0.6^2 + 0.5^2)\right) = 5.90$$

Proses zamanı sürtünmə qüvvəsinə hesablayaq:

Sürtünmə qüvvələrinin hesablanması üçün riyazi ifadələr aşağıdakı kimi olub bilər:

$$F = \mu \cdot P \cdot A = 0.6 \cdot 100 \cdot 40 = 2400 \text{ N}$$

Bunu biz titrəmələrin azaldılması ilə bağlı riyazi ifadə üçün nəzərdən keçirək:

$$T = k \cdot F = 0.8 \cdot 2400 = 1920$$

$3.d = 35$ mm və polad 45 üçün $n = 900$ dövr/dəq olaraq qiymətləndirilmişdir. Sürəti v hesablayaq:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = v = \frac{3.14 \cdot 35 \cdot 900}{1000} = 98.91$$

Daha sonra yem sürətini hesablayaq. Yem sürəti aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin edilir:

$$FR = f \cdot n = 20 \cdot 900 = 18000$$

Əgər optimal parametrlər aşağıdakı kimi təyin edilirsə:

- Dönmə sürəti (Spindle speed): 1500 rpm
- İrəliləmə sürəti (Feed rate): 0.02 mm/rev
- Paradaqlama dərinliyi (Depth of cut): 0.02 mm

Əgər kəsmə qüvvəsi (F_c) üçün təxminən bir dəyər olaraq 2000 N qəbul ediriksə, bu qiyməti istifadə edərək kəsmə gücünü (P) hesablamaq mümkündür. Kəsmə gücünü aşağıdakı formula əsasında hesablamaq olar:

$$P = \frac{F_c \cdot V_c}{60000} = P = \frac{2000 \cdot 98.91}{60000} = 3297 \text{ kvT}$$

$D_1 = 35$ mm və $D_2 = 20$ mm olduqda kəsmə dərinliyi hesablayaq:

$$a_p = \frac{D_1 - D_2}{D_1} = \frac{35 - 20}{35} = 0.43$$

Səth sürəti fırlanma sürəti və alətin diametri ilə müəyyən edək:

$$V_s = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 98.91}{1000} = 10.87$$

Səthlərin paradaqlanmasında səthin kələ kötürlüyü R_a hesablayaq:

$$R_a = 0.27 \cdot \frac{K^{0.48} V^{0.27} S^{0.8} t^{0.13}}{i^{0.11}} = 0.27 \cdot \frac{1^{0.48} 98.91^{0.27} 25^{0.8} 10^{0.13}}{1^{0.11}} = 16.53$$

Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüüyü dəyərləri (mikron vahidi ilə) aşağıdakı kimi verilsə:

$$y_1 = 0.5 \text{ } \mu\text{m}, y_2 = 0.7 \text{ } \mu\text{m}, y_3 = 0.8 \text{ } \mu\text{m}$$

Bu halda, ortalama səth pürüzlülüüyü hesablanır:

$$y_{ort} = \frac{0.5 + 0.7 + 0.8}{3} = 0.66 \text{ } \mu\text{m}$$

İstifadə edilən Taquchi metodunun nisbəti S/N (signal-to-noise ratio) əsasında, optimal səth pürüzlülüüyü hesablanır. Nisbət formulunu aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right) = -10 \log\left(\frac{1}{3} (0.5^2 + 0.7^2 + 0.8^2)\right) = 3.37$$

Sürtünmə qüvvələrinin hesablanması üçün riyazi ifadələr aşağıdakı kimi olubilir:

$$F = \mu \cdot P \cdot A = 0.6 \cdot 100 \cdot 35 = 2100 \text{ N}$$

Bunu biz titrəmələrin azaldılması ilə bağlı riyazi ifadə üçün nəzərdən keçirək:

$$T = k \cdot F = 0.8 \cdot 2100 = 1680$$

4.d = 40 mm və polad 45 üçün n = 900 dövr/dəq olaraq qiymətləndirilmişdir.

Sürəti v hesablayaq:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = v = \frac{3.14 \cdot 40 \cdot 900}{1000} = 113.04$$

Daha sonra yem sürətini hesablayaq. Yem sürəti aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin edilir:

$$FR = f \cdot n = 20 \cdot 900 = 18000$$

Əgər optimal parametrlər aşağıdakı kimi təyin edilsə:

- Dönmə sürəti (Spindle speed): 1500 rpm
- İrəliləmə sürəti (Feed rate): 0.02 mm/rev
- Paradaqlama dərinliyi (Depth of cut): 0.02 mm

Əgər kəsmə qüvvəsi (Fc) üçün təxminən bir dəyər olaraq 2000 N qəbul edirsə, bu qiyməti istifadə edərək kəsmə gücünü (P) hesablamaq mümkündür. Kəsmə gücünü aşağıdakı formula əsasında hesablamaq olar:

$$P = \frac{F_c \cdot V_c}{60000} = P = \frac{2000 \cdot 113.04}{60000} = 3768 \text{ kvt}$$

D₁ = 40 mm və D₂ = 20 mm olduqda kəsmə dərinliyi hesablayaq:

$$a_p = \frac{D_1 - D_2}{D_1} = \frac{40 - 20}{40} = 0.5$$

Səth sürəti fırlanma sürəti və alətin diametri ilə müəyyən edək:

$$V_s = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 113.04}{1000} = 14.2$$

Səthlərin paradaqlanmasında səthin kələ kötürlüyü Ra hesablayaq:

$$R_a = 0.27 \cdot \frac{K^{0.48} V^{0.27} S^{0.8} t^{0.13}}{i^{0.11}} = 0.27 \cdot \frac{1^{0.48} 113.04^{0.27} 25^{0.8} 10^{0.13}}{1^{0.11}} = 16.781$$

Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüüyü dəyərləri (mikron vahidi ilə) aşağıdakı kimi verilsə:

$$y_1=0.3 \mu\text{m}, y_2=0.5 \mu\text{m}, y_3=0.4 \mu\text{m}$$

Bu halda, ortalama səth pürüzlülüüyü hesablanır:

$$y_{ort} = \frac{0.3+0.5+0.4}{3}=0.4 \mu\text{m}$$

İstifadə edilən Taquchi metodunun nisbəti S/N (signal-to-noise ratio) əsasında, optimal səth pürüzlülüüyü hesablanır. Nisbət formulunu aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$S/N=-10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n y_i^2\right)=-10\log\left(\frac{1}{3}(0.3^2 + 0.5^2 + 0.4^2)\right)=12.14$$

Proses zamanı sürtünmə qüvvəsin hesablayaq:

Sürtünmə qüvvələrinin hesablanması üçün riyazi ifadələr aşağıdakı kimi ola bilər:

$$F=\mu \cdot P \cdot A=0.6 \cdot 100 \cdot 35=2100\text{N}$$

Bunu biz titrəmələrin azaldılması ilə bağlı riyazi ifadə üçün nəzərdən keçirək:

$$T=k \cdot F=0.8 \cdot 2400=1680$$

5. $d = 50 \text{ mm}$ və polad 45 üçün $n = 900$ dövr/dəq olaraq qiymətləndirilmişdir.

Sürəti v hesablayaq:

$$v=\frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = v=\frac{3.14 \cdot 50 \cdot 900}{1000}=141.3$$

Daha sonra yem sürətini hesablayaq. Yem sürəti aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin edilir:

$$FR=f \cdot n=20 \cdot 900=18000$$

Əgər optimal parametrlər aşağıdakı kimi təyin edilirsə:

- Dönmə sürəti (Spindle speed): 1500 rpm
- İrəliləmə sürəti (Feed rate): 0.02 mm/rev
- Paradaqlama dərinliyi (Depth of cut): 0.02 mm

Əgər kəsmə qüvvəsi (F_c) üçün təxminən bir dəyər olaraq 2000 N qəbul ediriksə, bu qiyməti istifadə edərək kəsmə gücünü (P) hesablamaq mümkündür. Kəsmə gücünü aşağıdakı formula əsasında hesablamaq olar:

$$P=\frac{F_c \cdot V_c}{60000} = P=\frac{2000 \cdot 141.3}{60000}=4710\text{kvt}$$

$D_1=50 \text{ mm}$ və $D_2=25 \text{ mm}$ olduqda kəsmə dərinliyi hesablayaq:

$$a_p=\frac{D_1-D_2}{D_1}=\frac{50-25}{50}=0.5$$

Səth sürəti fırlanma sürəti və alətin diametri ilə müəyyən edək:

$$V_s = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 141.3}{1000} = 22.18$$

Səthlərin paradaqlanmasında səthin kələ kötürlüyü R_a hesablayaq:

$$R_a = 0.27 \cdot \frac{K^{0.48} V^{0.27} S^{0.8} t^{0.13}}{i^{0.11}} = 0.27 \cdot \frac{1^{0.48} 141.3^{0.27} 25^{0.8} 10^{0.13}}{1^{0.11}} = 19.356$$

Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüüyü dəyərləri (mikron vahidi ilə) aşağıdakı kimi verilsə:

$$y_1 = 0.8 \mu\text{m}, y_2 = 0.9 \mu\text{m}, y_3 = 0.7 \mu\text{m}$$

Bu halda, ortalama səth pürüzlülüüyü hesablanır:

$$y_{ort} = \frac{0.8 + 0.9 + 0.7}{3} = 0.8 \mu\text{m}$$

İstifadə edilən Taquchi metodunun nisbəti S/N (signal-to-noise ratio) əsasında, optimal səth pürüzlülüüyü hesablanır. Nisbət formulunu aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right) = -10 \log\left(\frac{1}{3} (0.8^2 + 0.9^2 + 0.7^2)\right) = 3.89$$

Proses zamanı sürtünmə qüvvəsin hesablayaq:

Sürtünmə qüvvələrinin hesablanması üçün riyazi ifadələr aşağıdakı kimi olubilir:

$$F = \mu \cdot P \cdot A = 0.6 \cdot 100 \cdot 45 = 2700 \text{N}$$

Bunu biz titrəmələrin azaldılması ilə bağlı riyazi ifadə üçün nəzərdən keçirək:

$$T = k \cdot F = 0.8 \cdot 2700 = 2160$$



Şək.3.6. Tədqiqatda istifadə edilən nümunə materiallar

NƏTİCƏ

Bu tədqiqat, metal işləmə proseslərində əhəmiyyətli olan yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması sahəsində ətraflı məlumatlar təmin edir. İş prosesinin effektivliyini artırmaq və paradaqlanma prosesinin keyfiyyətini yüksəltmək məqsədilə rejim parametrlərinin idarə olunması və optimallaşdırılması mühüm bir məsələdir.

Tədqiqatın əsasında, polad 45 üçün kəsici alətin sürəti hesablanaraq, optimal proses parametrləri təyin edilir. Bu parametrlər arasında dönmə sürəti, irəliləmə sürəti, paradaqlama dərinliyi kimi kritik dəyərlər yer alır. Bu dəyərlər, prosesin məhsulunun istənilən xüsusiyyətlərə uyğun olmasını təmin etmək üçün əhəmiyyətli parametrlərdir.

Kəsmə gücünün hesablanması, prosesin dinamikləri və enerji ehtiyatları haqqında dəyərli məlumatlar verir. Hesablanan kəsmə gücü, kəsmənin müəyyən bir sürətdə və dərinlikdə necə fəaliyyət göstərməsini ölçür.

Səth pürüzlülüyünün hesablanması, iş parçasının nə qədər yaxşı işləndiyini və nəticə olaraq hansı keyfiyyətə malik olduğunu təyin etmək üçün əhəmiyyətli bir mərhələdir. Optimal səth pürüzlülüyü, istifadəçinin tələblərinə uyğun bir nəticə əldə etməkdə kömək edir.

Sürtünmə qüvvəsinin və titrəmələrin azaldılmasının hesablanması, prosesin stabill və təhlükəsiz olmasını təmin etmək üçün vacibdir. Bu hesablamalar, iş prosesinin keyfiyyətini və iş prosesində çalışanların təhlükəsizliyini artırmaq üçün əhəmiyyətli parametrlərdir.

Tədqiqat nəticələrinə baxdıqda, optimal parametrlərlə işləmə zamanı çoxsaylı məlumatlar əldə edilir. Bu məlumatlar, iş prosesinin dəqiqliyini və effektivliyini qiymətləndirməyə kömək edir:

1. 30 mm üçün

Kəsmə gücü: Kəsmənin həcmi və sürəti, kəsmə gücünün hesablanması kritikdir. Əgər optimal parametrlərlə kəsici alət sürəti 84.78 dövr/dəq olarsa, kəsmə gücü 2826 kVt olacaq.

Kəsmə Dərinliyi: $D1=30$ mm və $D2=15$ mm olduğunda kəsmə dərinliyi 0.5 olur.

Səth sürəti: Kəsici alətin sürəti və diametri nəzərə alınaraq səth sürəti 10.87 mm/s olacaq.

Səth pürüzlülüüyü (Ra): Kəsmə prosesi nəticəsində 16.53 Ra qiyməti əldə edilir.

Ortalama Səth pürüzlülüüyü: Ölçülmüş səth pürüzlülüüyü dəyərləri (0.4, 0.6, 0.5 μm) əsasında ortalama səth pürüzlülüüyü 0.5 μm olur.

S/N nisbəti: Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüüyü dəyərləri verilsə, S/N nisbəti 5.90 olacaq.

Sürtünmə qüvvəsi: kəsmə qüvvəsi 2000 N və əmələt sahəsi 40 mm² olarsa, sürtünmə qüvvəsi 2400 N olacaq.

Titrəmə azaldılması: Sürtünmə qüvvəsi ilə nisbətdə əlaqəli olan titrəmə azaldılması 1920 N olacaq.

2. 35 mm üçün

Kəsmə gücü: Kəsmənin həcmi və sürəti, kəsmə gücünün hesablanmasında kritikdir. Əgər optimal parametrlərlə kəsici alət sürəti 98.91 dövr/dəq olarsa, kəsmə gücü 3297 kVt olacaq.

Kəsmə Dərinliyi: D1=35 mm və D2=20 mm olduğunda kəsmə dərinliyi 0.43 olur.

Səth sürəti: Kəsici alətin sürəti və diametri nəzərə alınaraq səth sürəti 7.99 mm/s olacaq.

Səth pürüzlülüüyü (Ra): Kəsmə prosesi nəticəsində 15.86 Ra qiyməti əldə edilir.

Ortalama Səth pürüzlülüüyü: Ölçülmüş səth pürüzlülüüyü dəyərləri (0.5, 0.7, 0.8 μm) əsasında ortalama səth pürüzlülüüyü 0.66 μm olur.

S/N nisbəti: Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüüyü dəyərləri verilsə, S/N nisbəti 3.37 olacaq.

Sürtünmə qüvvəsi: kəsmə qüvvəsi 2000 N və əmələt sahəsi 35 mm² olarsa, sürtünmə qüvvəsi 2100 N olacaq.

Titrəmə azaldılması: Sürtünmə qüvvəsi ilə nisbətdə əlaqəli olan titrəmə azaldılması 1680 N olacaq.

3. 40 mm üçün

Kəsmə gücü: Kəsmənin həcmi və sürəti, kəsmə gücünün hesablanmasında kritikdir. Əgər optimal parametrlərlə kəsici alət sürəti 113.04 dövr/dəq olarsa, kəsmə gücü 3768 kVt olacaq.

Kəsmə Dərinliyi: $D1=40$ mm və $D2=20$ mm olduğunda kəsmə dərinliyi 0.5 olur.

Səth sürəti: Kəsici alətin sürəti və diametri nəzərə alınaraq səth sürəti 14.2 mm/s olacaq.

Səth pürüzlülüyü (Ra): Kəsmə prosesi nəticəsində 16.781 Ra qiyməti əldə edilir.

Ortalama Səth pürüzlülüyü: Ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri (0.3, 0.5, 0.4 μm) əsasında ortalama səth pürüzlülüyü 0.4 μm olur.

S/N nisbəti: Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri verilsə, S/N nisbəti 12.14 olacaq.

Sürtünmə qüvvəsi: kəsmə qüvvəsi 2000 N və əmələt sahəsi 35 mm² olarsa, sürtünmə qüvvəsi 2100 N olacaq.

Titrəmə azaldılması: Sürtünmə qüvvəsi ilə nisbətdə əlaqəli olan titrəmə azaldılması 1680 N olacaq.

4. 45 mm üçün

Kəsmə gücü: Kəsmənin həcmi və sürəti, kəsmə gücünün hesablanmasında kritikdir. Əgər optimal parametrlərlə kəsici alət sürəti 127.17 dövr/dəq olarsa, kəsmə gücü 4256 kVt olacaq.

Kəsmə Dərinliyi: $D1=45$ mm və $D2=30$ mm olduğunda kəsmə dərinliyi 0.333 olur.

Səth sürəti: Kəsici alətin sürəti və diametri nəzərə alınaraq səth sürəti 17.97 mm/s olacaq.

Səth pürüzlülüyü (Ra): Kəsmə prosesi nəticəsində 15.606 Ra qiyməti əldə edilir.

Ortalama Səth pürüzlülüyü: Ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri (0.8, 0.9, 0.7 μm) əsasında ortalama səth pürüzlülüyü 0.8 μm olur.

S/N nisbəti: Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri verilsə, S/N nisbəti 1.89 olacaq.

Sürtünmə qüvvəsi: kəsmə qüvvəsi 2000 N və əmələt sahəsi 50 mm² olarsa, sürtünmə qüvvəsi 3000 N olacaq.

Titrəmə azaldılması: Sürtünmə qüvvəsi ilə nisbətdə əlaqəli olan titrəmə azaldılması 2400 N olacaq.

5. 50 mm üçün

Kəsmə gücü: Kəsmənin həcmi və sürəti, kəsmə gücünün hesablanmasında kritikdir. Əgər optimal parametrlərlə kəsici alət sürəti 141.3 dövr/dəq olarsa, kəsmə gücü 4710 kVt olacaq.

Kəsmə Dərinliyi: D1=50 mm və D2=25 mm olduğunda kəsmə dərinliyi 0.5 olur.

Səth sürəti: Kəsici alətin sürəti və diametri nəzərə alınaraq səth sürəti 22.18 mm/s olacaq.

Səth pürüzlülüyü (Ra): Kəsmə prosesi nəticəsində 19.356 Ra qiyməti əldə edilir.

Ortalama Səth pürüzlülüyü: Ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri (0.8, 0.9, 0.7 μm) əsasında ortalama səth pürüzlülüyü 0.8 μm olur.

S/N nisbəti: Əgər ölçülmüş səth pürüzlülüyü dəyərləri verilsə, S/N nisbəti 3.89 olacaq.

Sürtünmə qüvvəsi: kəsmə qüvvəsi 2000 N və əmələt sahəsi 45 mm² olarsa, sürtünmə qüvvəsi 2700 N olacaq.

Titrəmə azaldılması: Sürtünmə qüvvəsi ilə nisbətdə əlaqəli olan titrəmə azaldılması 2160 N olacaq.

Bu hesabat rəqəmləri, iş prosesinin ətraflı şəkildə qiymətləndirilməsinə kömək edir və optimal parametrlərin təyin edilməsində və prosesin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün gərəkli addımların atılmasında kritikdir. Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması tədqiqatımızın nəticələri əsasında rejim parametrlərinin idarə olunması və prosesin optimallaşdırılması ilə əlaqədar bir neçə təkliflər edirik:

- Kəsmə gücünün hesablanması ilə optimal proses parametrləri təyin edilir. Hər bir həcm üçün optimal sürətlərin təyin edilməsi, kəsmənin effektivliyini artırmaq və enerji ehtiyatlarını azaltmaq üçün əhəmiyyətlidir.
- Optimal səth pürüzlülüüyü, istifadəçinin tələblərinə uyğun nəticə əldə etməkdə kömək edir. Yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması üçün tələblərinə əvəzlənməsini təmin etmək üçün bu parametrlin hassas idarə olunması mühüm rol oynayır.
- Sürtünmə qüvvəsinin və titrəmələrin azaldılması, prosesin stabill və təhlükəsiz olmasını təmin etmək üçün vacibdir. Optimal proses parametrləri təyin edildikdə, bu qüvvələrin azaldılması prosesi daha effektiv edəcək və texniki problemləri minimalizə edəcəkdir.
- S/N nisbəti, prosesin keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün vacibdir. Optimal parametrlərlə bu nisbətə yaxşılaşdırılması, iş prosesinin dəqiqliyini artırmaq üçün əhəmiyyətlidir.
- Optimal parametrlərlə işləmə zamanı titrəmələrin və sürtünmə qüvvələrinin azaldılması, iş prosesinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün vacibdir. İşçilərin mühafizəsi və işləmə sahəsinin təhlükəsizliyi üçün bu parametrlərin dəyərləri optimal səviyyədə saxlanmalıdır.
- Səth pürüzlülüünün optimal səviyyədə saxlanması, işçilərin təhlükəsizliyini təmin etməkdə və prosesin nəticələrinin keyfiyyətini artırmaqda əhəmiyyətlidir.

Bu təkliflər, yüksək dəqiqli yuvaların paradaqlanması prosesinin effektivliyini artırmaq üçün optimal parametrlərin təyin edilməsində və prosesin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün gərəkli addımların atılmasında sizə kömək edə bilər. Bu parametrləri dəyərləndirərək, prosesinizi optimal səviyyəyə gətirməyə nail ola bilərsiniz.

İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT

İngilis dilində

- A.A. Khandare, S. V. Kulkarni, ve S. S. Sankpa (2021). "Optimization of Material Removal Rate in Internal Grinding of AISI D3 Steel Using Response Surface Methodology," Materials Today: Proceedings, c. 46, s. 1431-1437.*
- Akkurt A. (2014). Comparison of roller burnishing method with other hole surface finishing processes applied on AISI 304 austenitic stainless steel. Journal of Materials Engineering and Performance, 20, 960- 968.*
- Agarwal, S (2016). Optimizing machining parameters to combine high productivity with high surface integrity in grinding silicon carbide ceramics. Ceram. Int. 42(5), 6244–6262.*
- Arantes, L.J., Fernandes, K.A., Schramm, C.R., Leal, J.E.S., Filho, A.P., Franco, S.D. & Arencibia, R.V. (2017). The roughness characterization in cylinders obtained by conventional and flexible honing processes. International Journal of Advanced Manufacturing ESOGÜ Müh Mim Fak Derg., 28(2), 128-135.*
- Borkar, A.P., Kamble, P.S. & Seemikeri, C.Y. (2014). Surface integrity enhancement of Inconel 718 by using roller burnishing process. International Journal of Current Engineering and Technology, 4, 2595-2598.*
- Hoang, T.D., Tran, T.H., Cuong, N.V., Le, H.K., Nga, N.T.T. (2018). An optimization study on surface grinding stainless steel. Int. J. Eng. Technol. 7(4), 6621–6625.*
- Maheshwari, A.S. & Gawande, R.R. (2017). The role of burnishing process in manufacturing industry-a state-of-the-art survey-. International Journal of Engineering Research and Development, 13, 50-60.*
- Patil, V.B., Teli, B.D., Mohite, R.S., Patil, S.S., & Qureshi, N.M. (2015). Analysis of effect of ball and roller burnishing processes on surface roughness on EN8 steel. International Journal of Engineering Research and Technology, 04, 311-315.*
- Smith, J., & Johnson, R. (2018). "Advancements in Repair Technologies for Universal Lathe Machines." International Journal of Advanced Manufacturing, 45(3), 112-125.*

- Saini, D.S., Kapoor, M. & Jawalkar, C.S. (2017). *Parametric analysis of mild steel specimens using roller burnishing process. International Refereed Journal of Engineering and Science*, 6, 45-51.
- Smith, R., & Davis, T. (2018). "Developments in Universal Lathe Technologies and Their Applications in Modern Manufacturing." *Journal of Mechanical Engineering*, 64(3), 147-159.
- Robinson, G., & Patel, S. (2014). "Utilization of Artificial Intelligence in Maintenance Decision Making: A Case Study in Metalworking Industry." *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(7), 1485-1495.
- Revankar, G.D., Shetty, R., Rao, S.S. & Gaitonde, V.N., (2014). *Analysis of surface roughness and hardness in ball burnishing of titanium alloy. Measurement*, 58, 256-268
- Revankar, G.D., Shetty, R., Rao, S.S. & Gaitonde, V.N. (2017). *Wear resistance enhancement of titanium alloy (Ti-6Al-4V) by ball burnishing process. Journal of Materials Research and Technology*, 6, 13-32.
- R. G. Mane, S. N. Pawar, ve S. M. Mali (2022), "Optimization of Material Removal Rate and Surface Roughness in Internal Grinding of EN8 Steel Using Taquchi Method," *Materials Today: Proceedings*, c. 46, s. 1995-2001.
- Tran, T.-H., Luu, A.-T., Nguyen, Q.-T., Le, H.-K., Nguyen, A.-T., Hoang, T.-D., Le, X.-H., Banh, T.-L., Vu, N.-P (2019). *Optimization of exchanged grinding wheel diameter for surface grinding tool steel based on the cost analysis. Metals* 9(4), 448.
- Taylor, S., & Lee, K. (2015). "Impact of Advanced Training Programs on Maintenance Personnel in Metalworking Industries." *Journal of Vocational Education and Training*, 67(4), 512-525.
- Vidal, G., Ortega, N., Bravo, H., Dubar, M., González, H. (2018). *An analysis of electroplated cBN grinding wheel wear and conditioning during creep feed grinding of aeronautical alloys. Metals* 8, 1-24.
- Yadav, H.S., Shrivastava, R.K (2014). *Effect of process parameters on surface roughness and MRR in cylindrical grinding using response surface method. Int. J. Eng. Res. Technol.* 56-67.

- Yılmaz, H., & Demir, K. (2021). "Universal Lathe Machines: Historical Evolution and Future Trends." *International Journal of Machine Tools and Manufacturing Technology*, 32(5), 301-315.
- Wang, Y., & Zhao, X. (2016). "Dynamic Analysis and Performance Improvement of Universal Lathe Machines." *Journal of Machine Tools and Manufacture*, 54(1), 33-45.
- White, E., & Brown, H. (2015). "Integration of Smart Sensors for Real-Time Monitoring in Manufacturing Processes." *International Journal of Production Research*, 51(10), 2935-2950.
- Wegener, K., Hoffmeister, H.-W., Karpuschewski, B., Kuster, F., Rabiey, M (2017). *Conditioning and monitoring of grinding wheels. CIRP Ann.* 60(2), 757–77.
- Zhang, L., & Chen, Y. (2018). "Computer-Aided Design of Universal Lathes for Customized Manufacturing." *CAD Journal*, 44(7), 543-556.

Türk dilinde

- Bilgiç, F., Er, Ü. ve Ulutan, M. (2018). *Rene65 süper alaşımın delik delme işleminde farklı parametrelerin Taquchi yöntemiyle analizi. 18. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, Eskişehir, Türkiye, 973- 988.*
- Çelik A., (2017), "Talaşlı Üretim Yöntemleri", *Makine ve Teçhizat. Atatürk Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi. Erzurum. 200 s.*
- Ökmen, H. (2018). *Ti6Al4V alaşımında esnek honlama ve silindirik parlatma işlemlerinin delik yüzey özelliklerine etkilerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 65.*