

Strengthening of Parts of Special-purpose Products by Diffusion Metallization

A.G. Guseinov, I.A. Nazarov, Sh.A. Asadov

Azerbaijan Technical University (Huseyn Javid ave. 25, Baku, AZ 1148, Azerbaijan)

For correspondence:

Asadov Shamkhal / e-mail: shamxal.esedov@aztu.edu

Abstract

In article considers the issues of increasing the longevity and durability of special products using diffusion metallization method. By applying a coating to the working surface of parts of special products with modern methods, their longevity and reliability are ensured, and at the same time, quality indicators are increased. It is known that special-purpose products are operated under extreme conditions, and therefore their details are exposed to various types of food, corrosion and impressing factors. For this reason, during the production of special products, it is advisable to apply coating resistant to wear and corrosion to their parts by diffusion metallization. As the object of study, steel samples of 50PA, 30XH2MΦA, 38XH3MA, 30XHMΦA, 38XH3MFA were selected, which were used in the manufacture of parts of special purpose products.

Keywords: erosion, diffusion, hardness, coating, durability, wear.

DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_03_54_63

Received 08.02.2022

Revised 19.09.2022

Accepted 23.09.2022

For citation:

Guseinov A.G., Nazarov I.A., Asadov Sh.A.

[Strengthening of parts of special-purpose products by diffusion metallization]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 54-63 (in Azerbaijani)

Xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin diffuziya metallaşdırılma üsulu ilə möhkəmləndirilməsi

Ə.G. Hüseynov, İ.Ə. Nəzərov, Ş.A. Əsədov

Azərbaycan Texniki Universiteti (Hüseyn Cavid pr. 25, Bakı, AZ1148, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Əsədov Şamxal / e-mail: shamxal.esedov@aztu.edu.az

Xülasə

Məqalədə diffuziya metallaşdırma üsulundan istifadə etməklə xüsusi təyinatlı məhsulların uzunömürlülüynün və möhkəmliyinin artırılması məsələsinə baxılmışdır. Xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin işçi səthinə müasir üsullarla örtük çəkməklə onların uzunömürlülüynü və etibarlılığı təmin edilir, eyni zamanda keyfiyyət göstəriciləri artır. Məlumdur ki, xüsusi təyinatlı məhsullar ekstremal şəraitə istismar olunur və buna görə də onların detalları müxtəlif növ yeyilmələrə, korroziyaya və təsir edici faktorlara məruz qalırlar. Bu səbəbdən, xüsusi təyinatlı məhsulların istehsalı zamanı onların hissələrinə yeyilməyə və korroziyaya davamlı örtüklərin diffuziya metallaşdırma üsulu ilə çəkilməsi məqsəduyğundur. Tədqiqat obyektı kimi xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin hazırlanmasında istifadə edilən 50PA, 30XH2MΦA, 38XH3MA, 30XHMΦA, 30XPA, 38XH3MFA polad nümunələri seçilmişdir.

Açar sözlər: eroziya, diffuziya, bərklik, örtük, uzunömürlülük, yeyilmə.

DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_03_54_63

УДК: 622.276:658:58

Армирование деталей изделий специального назначения методом диффузионной металлизации

А.Г. Гусейнов, И.А. Назаров, Ш.А. Асадов

Азербайджанский Технический университет (пр. Гусейна Джавида, 25, Баку, AZ1148, Азербайджан)

Для переписки:

Асадов Шамхал / e-mail: shamxal.esedov@aztu.edu.az

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы повышения долговечности специальных изделий с использованием метода диффузионной металлизации. За счет нанесения покрытия на рабочую поверхность деталей специальных изделий современными методами повышаются их показатели качества. Известно, что изделия спецназначения эксплуатируются в экстремальных условиях, и поэтому их детали подвергаются различным видам износа, коррозии и воздействию факторам. По этой причине при производстве специальных изделий целесообразно наносить на их детали покрытие, стойкое к износу и коррозии, методом диффузионной металлизации. В качестве объекта исследования были выбраны образцы стали 50PA, 30XH2MΦA, 38XH3MA, 30XHMΦA, 38XH3MFA, которые использовались при изготовлении деталей изделий специального назначения.

Ключевые слова: эрозия, диффузия, твердость, покрытие, долговечность, поглощение.

Giriş

Maşınqayırma sənayesinin sürətlə inkişafı bir mənalı olaraq, yeni növ örtüklərin alınması və onun istehsalatda tətbiqi ilə əlaqədardır. Xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin işçi səthinə müasir üsullarla örtük çəkməklə onların uzunömürlülüüyü və etibarlığı təmin edilir və eyni zamanda keyfiyyət göstəriciləri artır. Məlumdur ki, xüsusi təyinatlı məhsullar ekstremal şəraitə istismar olunur və buna görə də onların detalları müxtəlif növ yeyilmələrə, korroziyaya və müxtəlif təsir edici faktorlara məruz qalırlar. Bu səbəbdən, xüsusi təyinatlı məhsulların istehsalı zamanı onların hissələrinə yeyilməyə və korroziyaya davamlı örtüklərin çəkilməsi məqsədəuyğundur.

Xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin göstərilən xüsusiyyətini təmin edən örtüyün diffuziya metallaşdırılma üsulu ilə çəkilməsi məqsədə uyğundur. Tədqiqat obyekti kimi xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin hazırlanmasında istifadə edilən 50PA, 30XH2MΦA, 38XH3MA, 30XHMΦA, 30XPA, 38XH3M-FA polad nümunələri seçilmişdir.

İşin məqsədi

Xüsusi təyinatlı məhsullarının hissələrinin işçi səthinə diffuziya metallaşdırma üsulu ilə örtük çəkməklə keyfiyyət göstəricilərini artırmaqla, etibarlılığının təmin edilməsidir.

Diffuziya metallaşdırma üsulu ilə örtük çəkilməsi qurğuları və avadanlıqları haqqında [1] geniş məlumat verilmişdir. Detaiların diffuziya metallaşdırılması üsulu ilə legirleyici elementlərlə doydurulması, həm də onların həndəsi ölçülərinin dəyişməsinə də səbəb olur və artırır. Bu da imkan verir ki, yeyilmiş hissələr bərpa edilsin.

Xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin səth qatının diffuziya metallaşdırılması, karbid-xromlama ilə bərpası və möhkəmləndiril-

məsinin tətbiqi [2] verilmiş, qarışığın tərkibi və doyurma prosesinin rejimləri göstərilmişdir.

Müasir dövrdə atıcı silahların etibarlığının analizləri göstərir ki, onların resursu presizion hissələrin qızması və yeyilməyə davamlılığının zəif olması ilə məhdudlanır. Presizion birləşmələrin resursunun aşağı olması ilk növbədə onun istismarının, texniki qulluğunun aşağı səviyyədə olması və emal texnologiyasında örtük çəkmə proseslərinin mükəmməl olmamasıdır.

Xüsusi təyinatlı məhsulların hissələrinin yeyilməyə davamlılığı, onun səthi bərkliyindən asılıdır. Atıcı silahların presizion hissələrinin sıradan çıxmasının əsas səbəblərindən biri onların qızması nəticəsində deformasiya olunması və onlara eroziyon yeyilmə, barıt qazının yüksək təzyiqə təsiri, oksidləşdirici mühit və hər növ hava şəraiti və istismar şəraitində qızması nəticəsində detalların həndəsi ölçülərinin dəyişməsi; qalıq gərginliyi, austinitin parçalanması və bir sıra digər amillərdir.

Məsələnin qoyuluşu

Xüsusi təyinatlı atıcı silahların hissələrinin yeyilməsinin qanunauyğunluqları [3] müəllifi tərəfindən araşdırılmışdır. Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, lülənin yeyilməsi diametrə görə maksimum 300÷360 mkm-ə çata bilər və bu da əsasən lülənin daxili səthində müşahidə olunur.

Atıcı silahların lüləsinin yeyilmə xüsusiyyətlərinin tədqiqatları göstərir ki, [2], yeyilmə sahəsinin oxboyu istiqamətində ara məsafəsi 5÷25 mkm və dərinliyi 50÷60 mkm olan kiçik qüsurlar müşahidə edilir. Bu araşdırmaları təsdiqləmək üçün, atıcı silahlar və təmir fonduna daxil olan 25 ədəd detal seçilmişdir. Hissələrin mikrometrajı aparılmış, bundan əlavə yeyilmənin qiymətini analiz etmək üçün TLY-

ROUND cihazında dairəqramlar çəkilməmişdir. Nəticələr göstərir ki, yeyilmənin orta statistik qiyməti lülə üçün dərinliyə görə 120 mkm-dir. Atıcı silahların presizion hissələrinin yeyilmiş səthlərində kiçik qüsurlarla yanaşı, 80-60 mkm-ə çatan çuxurlar və çatlar müşahidə edilir. Belə növ yeyilmənin mövcudluğu barıtın tərkibindəki hissəciklərin detalın materialına təsirindən irəli gəlir.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, lülənin daxili səthləri erroziya, fretting korroziya, korroziya-mexaniki, mexaniki-kimyəvi yeyilmələrə də məruz qalır.

Bu səbəbdən, atıcı silahların presizion hissələrinin aqressiv mühitdə istismar zamanı işçi səthlərinin istiliyə və yeyilməyə qarşı müqavimətini təmin edən materiallar və ya örtüklər seçilməsi çox vacibdir.

Mövcud örtükçəkmə texnologiyalarının analizi bizə bu problemi həll etmək üçün ən effektiv yollardan biri olan diffuziya metallaşdırma üsulunu seçməyə imkan verir. Presizion birləşmələrin istehsalı zamanı resursunun artırılması və həmin hissələrin vakuumla diffuziya xromlama üsulu ilə bərpası və möhkəmliyinin artırılması [3, 4] müəlliflər tərəfindən tədqiq edilmişdir. Bu tədqiqatlarda göstərilir ki, yeni hissələrlə müqayisədə atıcı silahların presizion hissələrinə diffuziya ilə örtüklərinin çəkilməsi, onların resursunu 2-4 dəfə artırır.

Ancaq, müasir dövrdə tətbiq edilən diffuziya xromlama və titanlama üsullarının yüksək sərtliyə, lakin texnoloji prosesdən sonra mexaniki emala ehtiyac vardır. Bu da istehsalın maya dəyərini artırır.

Çox böyük olmayan diffuziyalı qatın qalınlığı və yüksək bərkliyə malik olması mexaniki emalın əmək tutumunun artmasına səbəb olur. Vakuumda diffuziya xromlama metodu ilə örtük çəkilmiş və möhkəmləndirilmiş presizion hissələrin mexaniki emalına [5] işi həsr

olunmuşdur. Burada həmin örtüklərin istehsalatda mexaniki emalının optimal rejimləri verilməmişdir.

Atıcı silahların presizion hissələrin möhkəmliyinin artırılması zamanı doydurulan elementlərin diffuziya dərinliyinin və möhkəmləndirilən qatın qalınlığının artırılması aktual məsələlərdən biridir. Bu problemin həlli atıcı silahların istismar göstəricilərinin artmasına və məhsulların keyfiyyətinin yüksəlməsinə gətirib çıxaracaqdır. Bu problemin həlli yollarından biri, polad məmulatların səthinə bir sıra elementlərlə, həmçinin xrom və titanlarla müqayisədə daha çox dərinliyə diffuziya edə bilən kiçik ölçülü atomlarla diffuziya doydurulması metodlarının tətbiq olunmasıdır.

Bor, xrom və nikel elementlərindən ibarət olan qarışıqla doydurulan məmulatların səthi kompleks şəkildə yüksək fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərə malik ola bilər [6-10].

Bu günə kimi, atıcı silahların presizion hissələrinin diffuziya metallaşdırılması metodu ilə möhkəmliyinin artırılması üzrə tədqiqatlar aparılmayıb. Diffuziya metallaşdırılması prosesi Azərbaycan Texniki Universitetinin "Xüsusi təyinatlı məhsulların texnologiyası" elmi-tədqiqat laboratoriyasında olan CHB-1.3.1/16.İ.1 qurğusunda aparılmışdır.

Eksperimentlərin aparılması üçün aşağıda qeyd edilən polad nümunələr seçilmişdir ki, hal-hazırda atıcı silahların istehsalında istifadə olunur. 50PA, 30XH2MΦA, 38XH3MA, 30XHMΦA, 30XPA, 38XH3MFA markalı poladlardan olan detallar və nümunələr araşdırılmışdır.

Polad markaların seçilməsi, onların leqirləyici elementlərinin alınan diffuziyalı qatın qalınlığına və detalın xətti ölçülərinin artmasına təsir səviyyəsini araşdırmaq məqsədi ilə aparılmışdır (cədv. 1, 2).

Məsələnin həlli

Möhkəmliyi artırılmış detalları və nəzarət nümunələrini poladdan hazırlanmış silindrik konteynerə yerləşdirirlər və doyudurulan qarışığı elə səpirlər ki, konteyner divarı ilə detalın arasındakı məsafə ən azı 10 mm, detallar arasındakı məsafə isə 5÷8 mm olsun.

Borxromlamada toz qarışıqları üçün ilkin istifadə edilmiş materiallar aşağıdakılardır: xrom tozu X97 (ГОСТ 5905-79) 0,07÷0,2 mm fraksiyalı; bor karbidli parda tozu B₄C₃H (ТУ 2-036-879-81); sink tozu ПИ-2 (ГОСТ 12601-76); alüminium oksidi Al₂O₃ (ГОСТ 3136-76). Prosesdə aktivləşdirici olaraq, NaB₄O₇ (ГОСТ 4199-76) və kalium florid KF (ГОСТ 20348-75) istifadə edilmişdir [10, 11]. Qarışdırılmamışdan öncə, xrom və bor karbidi tozları 300°C temperaturda 3 saat müddətində alüminium oksidi 700°C-də 3 saat müddətində, bor və kalium florid 200°C temperaturda 2 saat müddətində qurudulurlar. Qurudulduqdan sonra göstərilən nisbətdə miqdarını nəzərə alaraq, tozları qarışdırırlar. Hazır qarışıq hermetik konteynerdə saxlanılır.

Texnoloji prosesin yerinə yetirilməsi metodu ilə diffuziya metallaşdırma prosesi aşağıdakı qaydada həyata keçirilmişdir: metallaşdırma üçün hissələrin hazırlanması və nümunələrin ölçülməsi; vakuum qurğusunun konteynerlərində hissələrin yerləşdirilməsi və konteynerin hermetizasiyası; qurğunun işə salınması və işçi temperaturun çatdırılması; sobanın boşaldılması; açıq hava şəraitində konteynerlərin qurudulması və ayrılması; qatışıqların təmizlənməsi; detal və nəzarət nümunələrinin təmizlənməsi və ölçülməsi [4].

Atıcı silahların hissələrinin səthi bərkliyi, örtüyün qalınlığı üzrə mikro-bərkliyin paylanması rentgen və mikrospektral analizlə və örtüklərin yeyilməsi [4] metodikası ilə müəyyən edilmişdir.

Atıcı silahların yeyilmiş presizion hissələrinin bərpası yeni hazırlanmış hissələrinin səthi bərkliyinin artırılması üçün seçilən diffuziya metallaşdırılması hissələrinin xətti ölçülərini bərpa etməklə yanaşı, daxili diffuziya hesabına səthlərin möhkəmliyini də artırmağa şərait yaradır.

Diffuziya metallaşdırılmasında müxtəlif kombinasiyalı doyurucu elementlərdən və xətti ölçülərin dəyişdirilməsi üçün aktivləşdiricilərdən ibarət olan müxtəlif tərkibli doyurucu qatışığı tətbiq etməyə imkan verir [4].

Bu zaman xrom, nikel və bor ilə ikikomponentli və çox komponentli texnoloji proseslər tədqiq edilmişdir. Əsas parametrlər kimi, doyudurulma temperaturu və işçi temperaturunda saxlama müddəti götürülür.

Atıcı silahların presizion hissələrinin səthi möhkəmliyinin artırılması və presizion hissələrinin bərpası üçün xətti ölçülərdə müşahidə olunan artımın temperatur və saxlama müddətindən asılılığı öyrənilmişdir.

Çökdürülən elementlərin əsaslandırılması və onun tərkibindəki bu və ya digər komponentlərin tətbiq imkanlarını müəyyən etmək üçün bir sıra dəqiqləşdirici təcrübələr aparılmışdır.

Nəşrlərin analizi və ilkin eksperimentlərin nəticələri əsasında atıcı silahların presizion hissələrinin diffuziya metallaşdırılma metodu ilə bərpası və möhkəmliyinin artırılması üçün aşağıdakı materiallar seçilmişdir:

Bor karbid - 30 %, Cr - 45 %, bor - 4 %, sink - 4%, aktivator - 3 %, qalanı - alüminium oksid [4].

Diffuziya texnoloji prosesində hissələrin xətti ölçülərinin dəyişməsinin və diffuziyalı qatın qalınlığının temperaturdan və prosesin aparılma müddətindən asılılığı (şək. 1-4)-də verilmişdir.

Cədvəl 1 – Diffuziyyaya uğradılmış poladların tərkibi

Table 1 – Composition of diffused steels

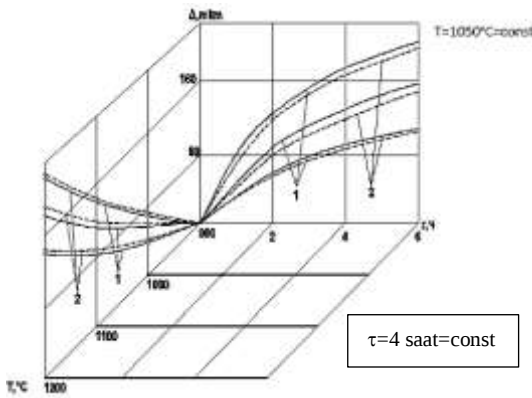
Poladlar	Kimyəvi elementlərin tərkibi, kütlə %										
	C	Mn	Cr	Ni	Mo	W	Y	Co	Ti	Cu	Si
50PA	0,42÷0,50	0,50÷0,80	0,25	0,3	-	-	-	-	-	0,3	0,17÷0,37
30XH2MΦA	0,14÷0,20	0,25÷0,55	1,35÷1,64	4,0÷4,4	-	-	0,30÷0,40	-	-	-	0,17÷0,37
38XH3MA	0,28÷0,34	0,80÷1,10	0,80÷1,10	3,30	-	-	-	-	-	0,3	0,80÷1,20
30XHMΦA	0,76÷0,83	0,17÷0,28	0,20	0,20	-	-	-	-	-	0,2	0,17÷0,33
30XPA	0,95÷1,0	0,20÷0,40	1,30÷1,65	0,30	-	-	-	-	-	0,25	0,17÷0,37
38XH3MFA	0,90÷1,05	0,80÷1,10	0,90÷1,20	0,035	0,30	1,20÷1,60	0,05	-	0,03	0,3	0,15÷0,35
25X5MA	0,22÷0,29	0,5	4,5÷6,0	0,6	0,45÷0,60	0,3	0,05	-	0,03	0,2	0,5
P18	0,70÷0,80	0,4	3,8÷4,4	0,35	1,0	17,0÷18,5	1,0÷1,4	0,6	-	0,45	-

Cədvəl 2 – Diffuziya metallaşdırma prosesindən sonra səthin metalloqrafik və keyfiyyət göstəriciləri

Table 2 – Metallographic and quality indicators of the surface after diffusion metallization

Poladlar	Xətt ölçülərinin dəyişməsi	Qatın qalınlığı	Səthin kələ-kötürlüyü	Mikrobərklik	Səthdən müxtəlif dərinlikdə örtüyün qatılığı, rentgenstrukturu və faza tərkibi					
					Kələ-kötürlük	10	50	100	120	150
50PA	180÷1,94	356÷368	1,2÷1,6	2120÷2126	(Fe,Cr) ₂ B+(Fe,Cr)B	(Fe,Cr) ₂ B	(Fe,Cr) ₂ B	(Fe,Cr) ₂ B	(Fe,Cr) ₂ B+αFe	(Fe,Cr) ₂ B+αFe+Fe ₃ C
30XH2MΦA	162÷176	324÷352	1,6÷2,4	1850÷1860	-	-	-	-	-	-
38XH3MA	192÷202	384÷396	1,4÷1,8	2080÷2086	(Fe,Cr) ₂ B+(Fe,Cr)B	(Fe,Cr) ₂ B	(Fe,Cr) ₂ B	(Fe,Cr) ₂ B	(Fe,Cr) ₂ B+αFe	(Fe,Cr) ₂ B+αFe+Fe ₃ C
30XHMΦA	173÷186 224÷230	342÷374 448÷462	1,5÷1,8 1,8÷2,4	1820÷1840 1560÷1570	(Fe,Cr)B+(Fe,Cr)B	(Fe,Cr)B	(Fe,Cr)B	(Fe,Cr) ₂ B	(Fe,Cr) ₂ B+αFe	(Fe,Cr) ₂ B+αFe+Fe ₃ C
30XPA	232÷238	460÷474	1,4÷2,0	1620÷1625	-	-	-	-	-	-
OXH3MFA	232÷246	462÷480	1,6÷1,8	1910÷1916	-	-	-	-	-	-
25X5MA	185÷188	356÷370	1,4÷1,8	1570÷1575	-	-	-	-	-	-
P18	180÷184	350÷364	1,2÷1,6	2060÷2084	-	-	-	-	-	-
25X5MA	244÷248	486÷492	1,2÷1,6	2025÷2030	-	-	-	-	-	-
40X	182÷186	362÷365	1,5÷1,8	1820÷1830	-	-	-	-	-	-

Qeyd: Diffuziya metallaşdırma rejimi T=1100°C, τ =4.



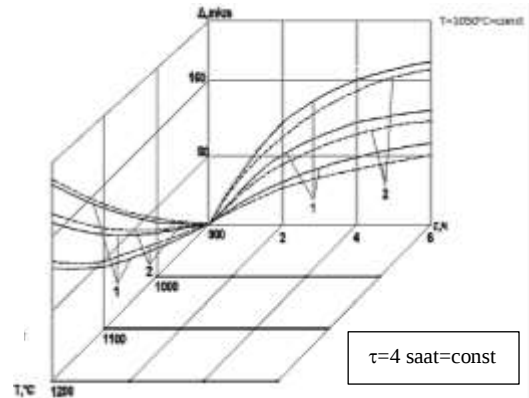
Şəkil 1 – 1-50PA (bütöv xətlər), 2-30XH2MΦA (qırıq-qırıq xətlər) markalı poladlardan hazırlanmış detalların diffuziya metallaşdırılma prosesində hissələrin xətti ölçülərinin dəyişilməsi (Δ) və diffuziya qatının qalınlığının (Δ) temperatur (T) və prosesin aparılma müddətindən (τ) asılılıq qrafiki göstərilmişdir.

Figure 1 – The graph shows the dependence of linear dimensions of the parts in diffusion metallization of details made of steel 1-50PA (whole lines), 2-30XH2MΦA (cut-off lines) and the temperature (T) of the diffusion layer thickness (Δ) and the duration (τ) of the process.

Tədqiqatlar göstərir ki, detalların səthinin 900°C-dən aşağı temperaturda doydurulması xətti ölçülərin (2-6 mkm) bir az artmasına gətirib çıxarır. Temperaturun 1050-1150°C-ə qədər artırılması tədqiq olunan nümunələrin xətti ölçülərinin 160-180 mkm və daha çox artmasına gətirib çıxarır. 1000°C-dən aşağı olan temperaturlarda bərpa olunan hissələrin xətti ölçülərinin artımı atıcı silahların presizion hissələrinin yeyilməyə davamlılığının tam bərpası və səthin möhkəmliyinin təmin edilməsi üçün kifayət deyil. 1200°C-dən yuxarı olan temperaturda detalların səthlərinin doydurulması, qatışıq elementlərinin detala yapışmasına və birləşməsinə gətirib çıxarır.

Buna görə də, atıcı silahların presizion hissələrinin diffuziya metallaşdırılması metodu ilə texnoloji prosesi 1200°C-dən yuxarı temperaturda artırmaq məsləhət deyil [6].

Atıcı silahların presizion hissələrinin möhkəmləndirilmə prosesi 1100-1200°C temperaturda aparılması zamanı tələb olunan ölçü və diffuziya qatın qalınlığını əldə etmək mümkün olur.



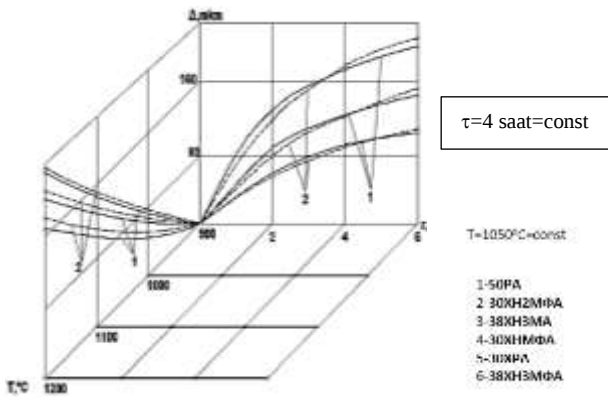
Şəkil 2 – 1-38X3MA (bütöv xətlər), 2-30XH3MΦA (qırıq-qırıq xətlər) markalı poladlardan hazırlanmış detalların diffuziya metallaşdırılma prosesində hissələrin xətti ölçülərinin dəyişilməsi (Δ) və diffuziya qatının qalınlığının (Δ) temperatur (T) və prosesin aparılma müddətindən (τ) asılılıq qrafiki göstərilmişdir.

Figure 2 – The graph shows the dependence of linear dimensions of the parts in diffusion metallization of details made of steel 1-38X3MA (whole lines), 2-30XH3MΦA (cut-off lines) and the temperature (T) of the diffusion layer thickness (Δ) and the duration (τ) of the process.

Şəkil 3-də 30XPA (bütöv xətlər) və 38XH3MFA (ştrixlərlə çəkilmiş xətlər) polad detalların diffuziya metallaşdırılma prosesində hissələrin xətti ölçülərinin dəyişilməsi və diffuziya qatının qalınlığının (Δ) temperaturdan və prosesin aparılma müddətindən (τ) asılılıq qrafiki göstərilmişdir.

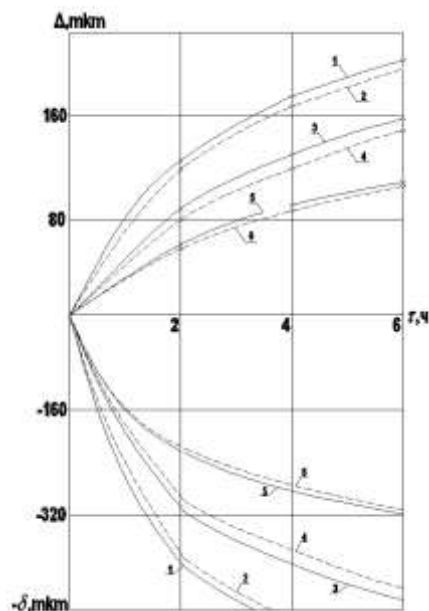
Diffuziya metallaşdırılması ilə möhkəmliyin artırılmasında texnoloji prosesin müddətinin xətti ölçülərinin və ümumi diffuziya qatın qalınlığına təsirini $T=1100^\circ\text{C}$ temperaturda 2-6 saat qalma müddətində tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatlar nəticəsində təyin olunmuşdur ki, nümunələrin xətti ölçüləri 2-5 saat doydurulma müddətində intensiv olaraq dəyişir. Doyma prosesinin müddəti 4 saatdan artıq olduqda, nümunələrin ölçüləri artır, lakin prosesin əvvəlindəki kimi intensiv olmur. Bu da doydurulan qatışıq aktivkiyinin aşağı enməsi ilə izah olunur. Bundan başqa diffuziyalı qatın ümumi dərinliyinin kəskin şəkildə aşağı düşməsinə səbəb olur.



Şəkil 3 – 1-30XPA (bütöv xətlər), 2-38XH3MΦA (qırıq-qırıq xətlər) markalı poladlardan hazırlanmış detalların diffuziya metallaşdırılma prosesində hissələrin xətti ölçülərinin dəyişməsi (Δ) və diffuziya qatının qalınlığının (Δ) temperatur (T) və prosesin aparılma müddətindən (τ) asılılıq qrafiki göstərilmişdir.

Figure 3 – The graph shows the dependence of linear dimensions of the parts in diffusion metallization of details made of steel 1-30XPA (whole lines), 2-38XH3MΦA (cut-off lines) and the temperature (T) of the diffusion layer thickness (Δ) and the duration (τ) of the process.



Şəkil 4 – Diffuziya metallaşdırma prosesində hissələrin xətti ölçülərinin dəyişməsinin (Δ) və daxili diffuziya qatının (δ) zamandan (τ) asılılıq qrafiki.

Figure 4 – Graph of the change in the linear dimensions (Δ) of parts in the process of diffusion metallization and the time (τ) dependence of the internal diffusion layer (δ).

Beləliklə, atıcı silahların hissələrinin səthinin bərpası və möhkəmləndirilməsi zamanı texnoloji prosesin müddətinin 3÷4 saata qədər olması məqsədə uyğundur.

Daxili diffuziyanın dərinliyinin tədqiqi şəkl.4-də göstərilmişdir. Şəkil 4-də görünür ki, diffuziya prosesində qatın qalınlığının 1/3-i hissələrin həndəsi ölçülərinin, 2/3-si isə hissələrin daxilinə diffuziya etmişdir.

Örtük çəkilmiş hissələrin tərkibi və diffuziya prosesindən sonra metalloqrafik tədqiqatların nəticələrinin təhlili cədv. 1 və 2-də verilmişdir. 1 və 2 məlumat cədvəlindən görünür ki, poladın tərkibindəki karbon alınan qatın qalınlığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. 30XH2MΦA, 38XH3MA, 30XH1MΦA markalı poladlardakı molibdenin mövcudluğu örtüyün qalınlığının azalmasına gətirib çıxarır. 38XH3MFA poladında örtüyün qalınlığının kəskin azalması bu materialın tərkibində volframın yüksək miqdarda olması ilə əlaqədardır.

Bununla bərabər, 30XH2MΦA poladı üçün bu çatışmamazlıq nikelin həddindən artıq olması ilə kompensasiya edilir. Böyük qalınlığa malik olan diffuziyalı örtüklər daha az leğirləyici poladlarda, həmçinin 38XH3MA poladda əldə edilmişdir. Atıcı silahların presizion hissələrinin bərpası və möhkəmləndirilməsi nöqtəyi-nəzərdən kompleks diffuziya metodu ilə doyurulması zamanı əldə olunan ölçü dəyişmələrinin məlumatları xüsusi maraq doğurur (bax. cədvəl 2 və şəkl. 1-4). Cədvəl 2-də göründüyü kimi, nümunələrin xətti ölçülərinin artması ilə əldə olunan diffuziya örtüyün qalınlığı arasında müəyyən bir əlaqə var. Nümunənin ölçüsünün artması, diffuziyalı təbəqənin bütün qalınlığının 1/3-nə bərabərdir. Bu halda, hər hansı detalın bərpası üçün metallizasiya rejimlərini seçərkən, verilən qatışıqda ölçülərin artım qiymətləri ilə diffuziyalı qatın qalınlığı arasında optimal münasibətə üstünlük vermək

lazımdır. Çünki, daha əvvəl müəyyən edilmişdir ki, örtüyün qalınlığının, həmçinin doyduurulma prosesinin istənilən temperaturunda qalma müddətinin artması ilə yaranan kövrəkliyi kəskin şəkildə artır.

Poladlardan diffuziya metallaşdırmaya məruz qalmış diffuziyalı qat aydın görünən iynəvari struktura malik deyil, çünki iynələr tam örtüyə daxil olur. 50PA və 30XH2MΦA poladlarında qat altı xırda karbid müşahidə olunur. 38XH3MA və 30XHMΦA poladlarındakı örtüklərin strukturu 30XPA və 38XH3MFA poladlarının örtüklərinin strukturuna analoji-dir, həmçinin burada qat altı borid toru əmələ gəlir.

Polad 30XH2MΦA üzərində olan örtüklər xırda dənəvari quruluşa malikdir. 50PA daha az davamlılığa malik bir örtük əldə edilmişdir. Diffuziyalı qat olduqca aydın şəkildə görünür və bərabər uzunluqda olan iynələrdən ibarətdir. Qeyd etmək lazımdır ki, 38XH3MFA poladının azotlanmış hissələrində karbid əmələ gəlir. Poladlarda diffuziyalı karbid örtüklər bərabər ölçülü qatla paylanılır.

Kompleks diffuziya metodu ilə möhkəmləndirilən presizion hissələrin səthi bərkliyi $H_{100}=1000\div1800$ Mpa-dır. 50PA və 30XHMΦA poladlarda örtüklərin mikrobərkliyi bir qədər aşağıdır (müvafiq olaraq, 1200 və 1500 MPa). Ən yüksək sərtliyə malik örtüklər 38XH3MA (20000MPa) poladında alınır. Bunu onunla izah etmək olar ki, bu poladların diffuziya təbəqəsindəki mürəkkəb dəmir boridlərindən əlavə, volfram karbidi, molibden və digər legirləyici elementlər əmələ gəlir.

Bütün markalı poladlarda diffuziyalı qatın dərinliyi üzrə mikrobərkliyin dəyişməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Temperaturun təsiri və diffuziya metallaşdırma prosesi zamanı möhkəmləndirmə prosesi müddətinin legirləyici poladlardan hazırlanmış detalların xətti

ölçülərinin dəyişilməsinə təsir göstərir ki, xüsusi təyinatlı məhsulların presizion hissələrinin keyfiyyət göstəricilərini yüksəltmək üçün tələb olunan ölçülərin artımını aşağıdakı şərtlərdə əldə etmək mümkündür: temperatur $1050\div1150^{\circ}\text{C}$; saxlama müddəti $3\div4$ saat.

Nümunələrdə örtüklərin mikrobərkliyi istehsal zavodlarında hazırlanmış texniki tələblərin qiymətlərindən aşağı deyil, bu da xüsusi təyinatlı məhsulların presizion hissələrinin kompleks diffuziya metallaşdırma üsulunun tətbiqinə şərait yaradır.

Nəticə

İlkin analizlərə əsasən deyə bilərik ki, atıcı silahların presizion hissələrinin sıradan çıxmasının səbəbləri olaraq detalların qızması nəticəsində deformasiya olunması, hissələrin eroziyon yeyilməyə məruz qalması nəticəsində detalların həndəsi ölçülərinin dəyişməsi, qalıq gərginliyinin yaranması, austenitin parçalanması və s. olduğu müəyyən olunmuşdur. Ədəbiyyat analizi nəticəsində müəyyən olunub ki, xüsusi təyinatlı məhsullarda diametr üzrə yeyilmə maksimum 300-360 mkm-ə çatı bilər. Atıcı silahların presizion hissələrinin yeyilmiş səthlərində kiçik qüsurlarla yanaşı, 80-60 mkm-ə çatan çuxurlar və çatlar müşahidə edilir. Belə növ yeyilmənin mövcudluğu barıtın tərkibindəki hissəciklərin detalın materialına təsirindən irəli gəlir. Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, atıcı silahların presizion hissələrinin işçi səthləri erroziya, fretting korroziya, korroziya-mexaniki, mexaniki-kimyəvi yeyilmələrə də məruz qalır.

50PA və 30XH2MΦA poladlarında qat altı xırda karbid müşahidə olunur. 38XH3MA və 30XHMΦA poladlarındakı örtüklərin strukturu 30XPA və 38XH3MFA poladlarının örtüklərinin strukturuna analojidir, həmçinin burada qat altı borid toru əmələ gəlir. Polad

30XH2MΦA üzərində olan örtüklər xırda də-
nəvari quruluşa malikdir. 50PA daha az da-
vamlılığa malik bir örtük əldə edilmişdir. Dif-
fuziyalı qat olduqca aydın şəkildə görünür və

bərabər uzunluqda olan iynələrdən ibarətdir.
38XH3MFA poladının azotlanmış hissələrində
karbid əmələ gəlir. Poladlarda diffuziyalı kar-
bid örtüklər bərabər ölçülü qatla paylanılır.

REFERENCES

1. **Guseinov A.G., Kyazimova H.A.** Diffuzionnaya metallizatsiya dlya povysheniya iznosostojkosti detalej gusenichnyh dvizhitelej. *Vestnik mashinostroeniya*, 2019, № 01 (in Russian)
2. **Belous V.A., Ermolenko I.G., Zadneprovskij Yu.A., Lomino N.S.** Kombinirovannoe uprochnenie detalej uzlov treniya vakuumno-dugovym metodom. Voprosy atomnoj nauki i tekhniki. Seriya «Fizika radiatsionnyh povrezhdenij i radiatsionnoe materialovedenie». 2016, №4, s. 93-99 (in Russian)
3. **Dubin G.N.** Diffuzionnoe hromirovanie splavov. M.: «Mashinostroenie», 1964, 451 s. (in Russian)
4. **Guseinov A.G.** Rabotosposobnost detalej mashin i apparatury, vosstanovlennyh diffuzionnoj metallizatsiej. *Vestnik mashinostroeniya*, 2001, № 02 (in Russian)
5. **Guseinov A.G.** Opredelenie tolshchiny diffuzionnogopokrytiya pri vosstanovlenii i uprochnenii detalej mashin. *Vestnik mashinostroeniya*, 2003, № 12 (in Russian)
6. **Castle A.R. and Gabe D.R.** Chromium diffusion coatings // International Materials Reviews. 1999, v. 44, N 2, p. 37-58. (in USA)
7. **Bianco R., Rapp M.A.** Codeposition of Elements in Diffusion Coatings by the Halide-Activated Pack Cementation Method. *Journal of Metals*, Nov. 1991, p. 68-73 (in USA)
8. **Rudenskij S.G.** Vakuumno-aktivirovannoe hromirovanie stali 20 v nanokristallicheskom poroshke. Fizicheskaya inzheneriya poverhnosti. 2012, t. 10, №1, s. 29-35 (in Russian)
9. **Guseinov A.G.** Vosstanovlenie i uprochnenie precizionnyh detalej mashin i apparatury kompleksnoj diffuzionnoj metallizatsiej. *Vestnik mashinostroeniya*, 2000, № 05 (in Russian)
10. **Guseinov A.G.** Mekhanicheskaya obrabotka precizionnyh detalej s diffuzionnymi pokrytiyami. *Vestnik mashinostroeniya*, 2002, № 11 (in Russian)
11. **Hüseynov Ə.G., Kazımova X.A., Əsədov Ş.A.** Diffuzion metallaşdırma üsulu ilə bərpa olunmuş prezision hissələrin çatdırma prosesinin nəzəri əsasları. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*. C.10. №3, 2018, c. 51-62 (in Azerbaijani)