

UOT 621.742

YERLİ RESURLAR ƏSASINDA LEGİRLİ POLADLAR İSTEHSALI PROSESLƏRİNİN NƏZƏRİ VƏ TEXNOLOJİ ƏSASLANDIRILMASI

¹Məmmədov A.T., ²İsmayılov N.Ş., ¹Babayev A.İ., ¹Hüseynov M.Ç.

¹Azərbaycan Texniki Universiteti

Az1148, H.Cavid pr., 25

²“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası”PHŞ

Az1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

E-mail: ariff1947@mail.ru; nizism@mail.ru

Xülasə. Yerli resurslar əsasında legirli poladların dizayn imkanları və baş verən çevrilmə prosesləri haqqında müasir nəzəri təsəvvürlər genişləndirilmiş və inkişaf etdirilmişdir. Legirləyici elementlərin poladın strukturunda - ferritdə baş verən dəyişmələr, austenitin perlit, aralıq çevrilmə və martensit çevrilmələri arasında qarşılıqlı əlaqələrinə dair yeni müddəa və mülahizələr irəli sürülmüşdür. Müxtəlif legirləyici elementlərin poladın strukturunun dizayna edilməsində rolu, bu elementlərin qənaətlə istifadə olunması nəzəri və texnoloji cəhətdən əsaslandırılmışdır. Poladda martensit çevrilməsinin mürəkkəb təzahürləri, o cümlədən kristal mərkəzlərinin yaranması, böyüməsi, qalıq austenitin yaranmasına dair müddəalar dəqiqləşdirilmişdir.

Legirləyici elementlərin növü və miqdarının poladın tablanma qabiliyyəti və dərinliyi, habelə martensit strukturuna tabəsiltmənin təsirinin yeni hipotezləri irəli sürülmüş və daha səlis ifadə olunmuşdur. Bu nəzəri işləmələr əsasında yerli resurslardan istifadə etməklə legirli polad istehsalının texnoloji əsasları və parametrləri müəyyən edilmişdir. Əldə olunmuş nəticələr ölkədə yerli resursların istifadəsilə legirli poladların istehsalı üçün nəzəri və texnoloji baza kimi qiymətləndirilə bilər.

Abstract. Expanded and developed modern theoretical ideas about the possibilities of production of alloyed steels based on local resources and processes of their possible transformations. New assumptions and considerations regarding the interaction of alloying elements in the structure of steel - ferritic, austenitic-pearlite, intermediate and martensitic transformations. The role of various alloying elements in the formation of the steel structure is theoretically and technologically substantiated with their economical use.

Complex manifestations of martensitic transformation in steel, including the formation and growth of crystal centers, as well as the formation of residual austenite, have been revealed.

New hypotheses about the influence of the type and amount of alloying elements on the hardenability and depth of hardenability of steel, as well as on the structure of martensite, were advanced and formulated more clearly.

On the basis of these theoretical developments, the technological bases and parameters of alloy steel production using local resources are determined. The obtained results can be evaluated as a theoretical and technological basis for the production of alloy steels using local resources in the country.

Аннотация. *Расширены и развиты современные теоретические представления о возможностях производства легированных сталей на основе местных ресурсов и процессах их возможных превращений. Выдвинуты новые предположения и соображения относительно взаимодействия легирующих элементов в структуре стали – ферритных, аустенитно-перлитных, промежуточных и мартенситных превращений. Теоретически и технологически обоснована роль различных легирующих элементов в формировании структуры стали при их экономичном использовании. Выявлены сложные проявления мартенситного превращения, включающие образование и рост кристаллических центров, а также образование остаточного аустенита в стали.*

Выдвинуты и более чётко сформулированы новые гипотезы о влиянии вида и количества легирующих элементов на прокаливаемость и глубину прокаливаемости стали, а также на структуру мартенсита. На основе этих теоретических разработок определены технологические основы и параметры производства легированных сталей с использованием местных ресурсов. Полученные результаты могут быть оценены как теоретическая и технологическая база для производства легированных сталей с использованием местных ресурсов в стране.

Açar sözlər: yerli resurslar, legirli poladlar istehsalı, nəzəri və texnoloji əsaslandırma

Key words: local resources, production of alloyed steels, theoretical and technological basis

Ключевые слова: местные ресурсы, производство легированных сталей, теоретическое и технологическое обоснование

Giriş. Bu məqalədə ölkədə legirli poladların istehsalında yerli resurslar - Daşkəsən dəmir konsentratı, toplanmış metal tullantıları, neft koksu, odadavamlı materiallar, ferroərintilər, bəzi legirləyici elementlərin istifadə imkanları araşdırılır. Sadalanan ilkin materiallardan istifadə etməklə konstruksiya təyinatlı legirli poladların işlənməsinin nəzəri və texnoloji məsələlərinə baxılmışdır. Yerli resursların istifadəsilə legirli poladların istehsalında əsas nəzəri məsələlərdən biri karbonun miqdarının evtektoidə təsiridir. Karbonun miqdarının poladın strukturunda evtektoidə təsiri barədə ədəbiyyat məlumatları ziddiyyətlidir. Məsələn, bəzi müəlliflər göstərir ki, titan, vanadium və niobium evtektoiddə karbonun miqdarını azaldır, digərləri isə, əksinə göstərir ki, artırır (1-3).

Əgər hesab etsək ki, dəmirlə evtektoid yaratmaq üçün zəruri olan karbonun miqdarı legirli poladda karbonlu poladda olduğu kimidir, onda dəmirdə həll olan və karbonla qarşılıqlı təsirdə olmayan elementlər onun evtektoiddə miqdarını azaltmalıdır. Bu onunla əlaqədardır ki, həmin elementlər evtektoidin yaranmasında iştirak edən dəmir atomlarının miqdarını azaldırlar. Bunlar nikel, silisium və kobaltdır. Ferritdə böyük miqdarda həll olan karbidmələğətirici elementlər də bu cür təsir edirlər. Belə ki, onlar karbidlər yaradaraq evtektoiddə karbonun miqdarını azaldırlar. Bunlara misal olaraq manqanı və xromu göstərmək olar (4-6).

Ferritdə cüzi miqdarda həll olan və çox dayanıqlı karbidlər yaradan elementlər evtektoidin yaranmasında iştirak etmirlər, poladın əsas kütləsini karbonla cılızlaşdırır, bunun nəticəsində poladda evtektoidin miqdarı azalır. Bu effekt titan, vanadium və niobium üçün xarakterikdir.

Əsas hissə. İndi isə yerli resursların istifadəsilə istehsal olunmuş poladda legirləyici elementlərin onun böhran nöqtələrinə təsirinə dair tədqiqatların nəticələrini təqdim edək. Müəyyən

edilmişdir ki, nikel, manqan və misin təsiri atında poladda Ac_1 böhran nöqtəsi bir qədər aşağı düşür. Bu halda nikelin miqdarı manqana nisbətən daha güclü təsir edir, çünki manqan sementitin dissosiasiya temperaturunu bir qədər artırır, nikel isə əksinə azaldır. Xrom, molibden, vanadium və titan da məhlulda müəyyən miqdaradək $\alpha \rightarrow \gamma$ çevrilmə temperaturunu aşağı salır. Lakin, bu aşağı salmanın dərəcəsi azdır (5-8).

Yerli legirli poladda Ac_3 nöqtəsinin vəziyyəti bərk məhlulda uyğun elementlərin təsiri altında olduğu kimi, lakin karbonun təsirini nəzərə almaqla dəyişir. Nəhayət, legirli evtektoid poladlarında austenitin yaranmasının başa çatması temperaturu uyğun karbidlərin dissosiasiya temperaturu ilə müəyyən olunur. Qeyd etmək lazımdır ki, yerli poladlarda çevrilmədə baş verən bu fərqlər bir neçə vəziyyətlə izah olunur. Birinci vəziyyət onunla əlaqədardır ki, legirli poladlarda ikili evtektoidin yaranması və çevrilməsi Fe-C-legirləyici element sistemində baş verir. Bu çevrilmə sabit temperaturda deyil, müəyyən temperatur intervalında baş verir. İkinci vəziyyət onunla əlaqədardır ki, hər hansı legirləyici element poladın böhran nöqtəsi və ya poladın çevrilmə anında tam bərk məhlulda olur. Üçüncü vəziyyət induksion qızdırmada xüsusi əhəmiyyət kəsb edən kinetik amilin nəzərə alınma zərurətilə əlaqədardır. Məsələn, induksion qızdırmada dəmir-volfram, dəmir-molibden karbidləri daha asan, dəmir-xrom karbidləri isə daha çətin dissosiasiya edirlər (6-9).

Legirləyici elementlərin ifrat soyudulmuş austenitə təsiri. Bu elementlər iki qrupa bölünür. Birinci qrupa nikel, silisium, mis və alüminium aiddir, onlar austenitin izotermiki parçalanma əyrisinə yalnız miqdar dəyişiklikləri verir. Bütün bu elementlər inkubasiya dövrünün müddətini, habelə austenitin parçalanma müddətini artırır.

İkinci qrupa karbidəmələgətirici elementlər aiddir: manqan, xrom, molibden, volfram, vanadium və b. Bu elementlər austenitin izotermiki parçalanma əyrisinə nəinki miqdar, həm də keyfiyyət dəyişiklikləri verir. Perlit çevrilməsi sahəsində austenitin dayanıqlığını artıraraq, austenitin sürəkli soyumasının ikinci zonasının əmələgəlməsinə səbəb olur. Bu aralıq çevrilməsi, adətən perlit çevrilməsindən austenitin artırılmış dayanıqlıq sahəsilə müəyyən olunur (10-12).

Bu fakt şübhə yaratmır, çünki austenitin perlit parçalanması normal diffuzion prosesdir və faza çevrilmələrinin ümumi qanunu ilə idarə olunur, onun kinetikasi kristal mərkəzlərinin doğulma ehtimalı və yaranan mərkəzlərin böyümə sürətilə müəyyən olunur.

Baxdığımız bu məsələlər kifayət qədər mürəkkəbdir və aşağıdakı şəkildə təqdim oluna bilər: 1) legirləyici elementlərin diffuziya sürətilə; 2) karbonun diffuziya sürətilə; 3) $\gamma \rightarrow \alpha$ çevrilməsinin sürətilə; 4) çevrilmədə iştirak edən parametrlərin məcmusu ilə; sadalananlar prosesin getməsinin termodinamiki və kinetiki imkanını və ehtimalını müəyyən edirlər.

$\gamma \rightarrow \alpha$ çevrilməsinin sürətinə gəldikdə, o bütün hallarda vacib rol oynayır. Bu rol o halda kiçik olur ki, həmin halda austenitin parçalanması xüsusi karbidin ayrılması ilə başlayır (13).

Digər vacib məsələ elementlərin martensit çevrilməsinə və qalıq austenitin miqdarına təsiridir. Çünki legirli poladın işçi qabiliyyəti bu çevrilmənin gedişatından çox asılıdır. Martensit çevrilməsini digər faza çevrilmələrindən fərqləndirən odur ki, o yüksək elastiklik həddi ilə və aşağı temperaturlarda elastiki anizotrop mühitdə baş verir. **Bu proses aşağıdakılardan ibarətdir:**

1. Verilən polad üçün martensit nöqtəsindən aşağı temperaturlarda kristal mərkəzləri yaranır və çox böyük sürətlə böyüyür.

2. Martensit kristalı yalnız müəyyən ölçülərdə böyüyür, bundan sonra onun böyüməsi dayanır.

3. İzotermiki saxlamada kristalların məhdud miqdarı və aydındır ki, məhdud miqdarda martensit yaranır. Guman ki, bunlar soyumanın dayanması və austenitin yaxşı məlum olan stabilləşməsi əlaqədardır. Austenitin stabilləşməsi çevrilmə bərpa edildikdə onun başlanğıcında temperaturu aşağı salır və bu halda yaranan martensitin miqdarını azaldır. Müəyyən olunmuşdur ki, əks çevrilmə, habelə yüksək təbəksiltmənin əksinə olaraq izotermiki saxlama austeniti stabilləşdirir.

Legirləyici elementlərin poladın tablanma dərinliyinə və tablanma qabiliyyətinə təsiri.

Legirləyici elementlərin poladın tablanma qabiliyyətinə təsiri çox da böyük deyil. Bu onunla izah olunur ki, legirli poladın martensiti “kombinə” olunmuş bərk məhluldur, burada legirləyici elementlərin atomları qəfəsdə dəmirin atomlarını əvəz edirlər, karbonun atomları isə qəfəsə daxil olublar.

Legirləyici elementlərlə martensitin bərkliyinin bir qədər artmasını tablamada α - dəmirin möhkəmlənməsinə onların təsiri ucatından gözləmək olar. Legirli ferritin tablandırılmasında $\gamma \rightarrow \alpha$ çevrilməsi martensit mexanizmi üzrə baş verir və bu halda ona poladda, həm də digər ərintilərdə martensit çevrilməsinin bütün xüsusiyyətləri xas olur.

Məsələn, təzə və köhnə qəfəslərin kohorentliyinin saxlanması ilə çevrilmənin getməsi sistemin sərbəst enerjisinin artmasına və çevrilmə temperaturunun azalmasına gətirib çıxarır. Bu halda legirləyici elementlərin rolu onların γ və α -fazalarının sərbəst enerjilərinin fərqlərinin dəyişməsilə əlaqədar olaraq martensit nöqtəsinin yerdəyişməsindən ibarətdir.

Bu halda legirləyici elementlərin fazalar sərhəddində elastiki gərginliklərin kəmiyyətinə və aydındır ki, sərbəst enerjinin əlavə elastiki təşkiledicisinə mümkün təsiri nəzərə alınmalıdır. Böyük sürətlə soyutmanın rolu isə əsasən $\gamma \rightarrow \alpha$ çevrilməsi martensit kinetikaı üzrə gedir.

Legirləyici elementlər həm də poladın tablanma dərinliyinə ciddi təsir edirlər. Legirləyici elementlərin poladın tablanma dərinliyinə təsiri onların perlit və aralıq sahələrdə ifrat soyudulmuş austenitin dayanıqlığının artma və ya azalma dərəcəsi üzrə qiymətləndirilə bilər. Lakin, buna baxmayaraq, legirləyici elementlərin poladın tablama dərinliyinə miqdarca təsirini öyrənmək mürəkkəbdir. Çünki poladın kimyəvi tərkibi, austenit dənəsinin ölçüləri və bircinslik dərəcəsindən savayı tablama dərinliyinə bir neçə digər amillər də təsir edə bilər (4,6).

Tablama dərinliyinə təsirdə poladda karbidəmələgətirici elementlərin mövcudluğu onların qızdırma zamanı austenitdə həll olma dərəcəsindən çox asılıdır. Əgər onlar austenitdə az həll olublarsa, həm də austenitdə karbonun miqdarı az olacaqdır, onda austenitdə həll olmamış fazalar kristal mərkəzlərinin təsiri ilə austenitin parçalanmasını sürətləndirəcəklər. Bu isə martensit çevrilməsini əngəlləyəcək və aydındır ki, poladın tablama dərinliyinə mənfi təsir göstərəcəkdir.

Sonda qeyd etmək lazımdır ki, təcrübə üçün poladın tablama dərinliyi yox, onun yüksək tablanma dərinliyi ilə şərtlənən xassələrinin yaxşılaşması önəmlidir. Tabəksiltməyə uğradılmayan, məsələn, maqnit və ya aşağı tabəksiltməyə uğradılan, məsələn, alət və sementitləşdirilən poladlar üçün tablama dərinliyi və xassələr arasında əlaqə kifayət qədər aydındır. Lakin tablamadan sonra yüksək tabəksiltməyə uğradılan yaxşılaşdırılan konstruksiya təyinatlı poladlar üçün bu əlaqə az aydınlaşdırılmışdır (2,8).

Legirləyici elementlərin iştirakı ilə tablandırılmış poladın tabəksiltmə proseslərində baş verən hadisələr. Martensitin tabəksildilməsinə ifrat doymuş bərk məhlulların parçalanması haqqında ümumi təsəvvürlər prizmasından baxmaq lazımdır. Bu təqdimata əsasən martensitin parçalanmasının bütün prosesi vaxtdan asılı olaraq dörd dövrə bölünür.

İnkubasiya adlandırılan birinci dövr ərzində poladda həll olmuş elementlə zənginləşmiş atom qatları meydana çıxır. İkinci dövr – özbaşına gedən parçalanma bərk məhlulun konsentrasiyasının tezliklə azalması ilə səciyyələnir. Özbaşına parçalanmanın sonuna kolloid tarazlıq dövrü uyğun gəlir, bu halda bərk məhlul həddən ziyadə yavaş parçalanır. Nəhayət, koaqulyasiya dövrü gəlir, bu dövr sərbəst səth enerjisinin azalmasına sistemin cəhd etməsilə stimullaşdırılır.

Poladda orta və yuxarı tabəksiltmədə baş verən proseslərə legirləyici elementlərin təsiri müxtəlif olmalıdır. Bu həmin elementlərin karbidəmələgətirici və ya karbidəmələgətməyən olmasından asılıdır. Sonuncu halda martensitin parçalanmasında ondan bütün temperatur diapazonunda dəmir karbidi ayrılır, özü də termodinamiki və kinetik amillər karbidin ayrılmasını şərtləndirir.

Əgər poladın tərkibində karbidəmələgətirici element varsa, onda nəzərə almaq lazımdır ki, hər bir faza çevrilməsində ayrılan karbidin tərkibi termodinamiki və kinetik amillərlə müəyyən

olunacaq. İzotermiki tabəksiltmədə başlanğıcda ayrılan metastabil fazalar legirləyici elementin diffuziyası hesabına legirləyici elementlə zənginləşmə yolu ilə daha stabil fazaya keçmək imkanı əldə edir.

Beləliklə, gözləmək olar ki, bir karbidəmələgətirici elementlə legirlənmiş tablandırılmış poladda $\sim 400^{\circ}\text{C}$ -dək tabəksiltmədə, martensitdən ayrılan faza özündə metastabil sementiti əks etdirəcəkdir. Tabəksiltmə temperaturunu artırdıqca stabil fazaların miqdarı tədricən çoxalmalıdır, yəni poladda olan karbidəmələgətirici elementin xarakter və miqdarı və onda olan karbonun miqdarından asılı olaraq stabil fazalar yer alacaqdır.

Əgər poladda bir neçə karbidəmələgətirici elementlər olacaqsa, onda tabəksiltmə temperaturunu artırdıqca martensitdən daha dayanıqlı fazalar ayrılacaqdır. Bu, atomlararası əlaqənin möhkəmliyinin artmasına və aydındır ki, səth enerjisinin qiymətinə uyğun olan ardıcılıqla baş verəcəkdir.

Legirli poladda izotermiki tabəksiltmədə martensitin parçalanması karbidin birinci paylarının ayrılmasından sonra kolloid tarazlığının daxil olması ucbatından tormozlanır və yalnız koaqulyasiya prosesinin baş verməsi nəticəsində yalnız daha yüksək temperaturda davam edə bilər. Ona görə də legirləyici elementlər və karbonun miqdarının hiss olunan koaqulyasiyasının başlanğıc temperaturuna və onun getmə sürətinə təsiri vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Koaqulyasiya prosesi dispers karbidin dissosiasiyası, karbon atomları və elementin əsas kütləyə keçidi, onların böyüyən daha iri karbidin qəfəsinə diffuziyası və keçidindən toplanır. Karbid fazasının dissosiasiyası üçün qəfəsdə onun atomlararası əlaqəsi nə qədər möhkəmdirsə, bir o qədər çox enerji sərf etmək lazımdır.

Aşağı tabəksiltmədə legirləyici elementlər bir qədər poladın bərkliyini artırır, çünki martensitdə qalan karbonun miqdarı bəzi elementlərlə legirlənmiş poladın aşağı tabəksiltmədə bərkliyinə müsbət təsir göstərir. Tabəksiltmə temperaturunu sonrakı artırma və adətən qısamüddətli saxlama karbidlərin koaqulyasiyasını yavaşdır və orta tabəksiltmədən sonra poladın bərkliyini artırır, çünki bir qədər martensitin parçalanmasını yubadır.

Yüksək tabəksiltmədən sonra martensitin parçalanması qurtarır, karbid əmələ gətirməyən elementin bütün miqdarı ferritdə bərk məhlulda qalır. Belə element tablama və tabəksiltmədən sonra karbidlərin disperslik dərəcəsinin artması və ferritin möhkəmlənməsi hesabına poladın bərkliyini artırır. Belə elementə misal olaraq silisiumu göstərə bilərik.

Dayanıqlı karbidlər əmələ gətirən elementlərlə legirlənmiş poladda tablama və tabəksiltmədən sonra bərkliyin dəyişməsi başqa xarakterə malik olur. Bu halda martensitin parçalanması yalnız yüksək temperaturlarda baş verə bilər.

Ölkənin sənayesində çox geniş tətbiq olunan konstruksiya təyinatlı azlegirli poladların istehsal texnologiyası. Ölkəmizdə istifadə olunan poladlar əsasən inşaat armaturları, müxtəlif çeşidli məmulatlar, əsasən neft-qaz sənayesi üçün boruların istehsalına yönəlmişdir. Ona görə də polada daxil edilən legirləyici elementlər onun konstruksiya möhkəmliyini yüksəltməklə bərabər, zərbə özlüyü və texnoloji xassələrini lazımi səviyyədə saxlamalıdır.

Bu mənada bu suala cavab vermək çətindir ki, legirləyici elementlərlə poladın strukturundakı dənənin tərkibinə və onun sərhəd qatının strukturuna daşınan dəyişmələr nədən ibarət olur? Bu halda iki istiqamətlərdə dəyişmələr ən ehtimal olunandır. Bəzi elementlər sərhəd qatında atom qaydasının dərəcəsinə artırır. Bu, qatın plastik deformasiyaya müqavimətini azalda və kövrəkliyin böhran temperaturunu aşağı sala bilər. Bu effekti dəmirə normal ərintidə γ -fazanın alınmasına kömək edən elementlərdən gözləmək olar. Digər elementlər dənənin sərhəd qatını aşqarlar, yəni karbon və oksigendən “təmizləyə” bilər. Bu halda poladın kövrək hala keçmə temperaturu artır.

Məhz bu müddəə və mülahizələr əsasında ölkə sənayesi üçün yerli resurslardan istifadə etməklə poladların tərkibinin seçilməsi həyata keçirilməlidir. Yerli resurslar (Daşkəsən dəmir filizinin dəmir kündələri, toplanmış polad tullantıları və qırıntıları, neft koksu, odadavamlı

materiallar, legirləyici elementlər) əsasında elektrik sobasında poladın əridilmə prosesinin xüsusiyyətlərini təqdim edirik.

Bu məqsədlə elektrik qövs sobasının istifadə edilməsi daha effektivdir. Elektrik qövs sobasının üç qrafit elektrodu ilə qısa qapanmadan sonra elektrodlar arasında fasiləsiz boşalma – elektrik qövsü yaranır. Bu proses qarışıq qızdırma adlanır, yəni qövslər elektrodları əhatə edən bərk şıxtə qatı altında yanır. Şıxtə qövsdən ayrılan və şıxtədən keçən elektrik cərəyanı hesabına yaranan istilikdən əriyir.

Elektrik qövs sobasında şıxtənin əriməsi dörd mərhələyə bölmək olar.

I mərhələ - qövs şıxtənin səthində yanır, şıxtə üç elektrodun ətrafında tədricən əriyir. Bu dövrdə istiliyin əhəmiyyətli hissəsi sobanın qapağına doğru şüalanır və onun elektrodlarla əriməsindən qaçmaq üçün mülayim gücə malik cərəyan verirlər.

II mərhələ - şıxtə əridikcə elektrodlar avtomatik olaraq aşağıya doğru yönəlir və qövslər şıxtəyə yüklənir, bu halda elektrodlara verilən cərəyanın gücü artırılır.

III mərhələ - elektrodlar şıxtəni yandırır və qövs sobanın dibində olan maye metal qatı və elektrodlar arasında yanrlar. Maye metalın miqdarı artır, qövslərin uzunluğu azalır, bu halda elektrodlar avtomatik qalxır və elektrodlar arasında şıxtə əriyir.

IV mərhələ - demək olar ki, bütün şıxtə əriyir, elektrik qövsü posanın və maye metalın səthi üzərində açıq şəkildə yanır, onların istilik qəbul etmələri bərk şıxtəyə nisbətən xeyli azdır. Sobanın divarları və qapağına istiliyin şüalanması artır və sobanın hörgüsünün əriməsindən qaçmaq üçün elektrodlara verilən cərəyanın gücü azaldılır.

Yerli resurslardan ibarət şıxtənin əridilməsi əsasən əsasi proseslə aparılır. Bu halda qövslü poladərilmə sobasında bir neçə əritmə növündən istifadə etmək olar: aşqarların tam oksidləşməsilə; legirli tullantıların oksigensizləşmədən təkrar əridilməsi; maye yarımməhsulda əritmə (dupleks proses) və s.

Əgər əritməni şıxtənin tam oksidləşməsilə aparırıqsa, onda şıxtə polad ling və çuqun, habelə posaməhləgətiricilərdən (əhəng, əhəng daşı, əriyən şpat, şamot qırıntısı) ibarət olmalıdır. Əritmə aşağıdakı əsas dövrləri əhatə etməlidir: sobanın doldurulması, şıxtənin yüklənməsi, əritmə, oksidləşdirmə dövrü, bərpaetmə dövrü və maye metalın buraxılışı.

Sobanın doldurulması əritmə fəzasının hörgüsünün işçi vəziyyətdə saxlanması üçün doldurucu maşının köməyiylə sobanın zədələnmiş yerlərinə - dibinə və keçidlərə quru maqnezit ovuntusu, böyük zədələnmələr olduqda maye şüşənin əlavəsilə atılır. Şıxtənin yüklənməsi dərhal bu əməliyyatdan sonra başlanılır. Şıxtənin yüklənməsini yükləyici səbətin (badyanın) köməyiylə yuxarıdan həyata keçirilir.

Əritmə prosesi yükləmə qurtardıqdan sonra sobanın qapağı elektrodlarla sobaya quraşdırılır, elektrodlar aşağı salınır və cərəyan verilir. Elektrik qövsünün yüksək temperaturunun təsiri altında şıxtə əvvəlcə elektrodların altında əriyir, maye metal aşağı axır və dibin mərkəzi hissəsində toplanır. Tədricən şıxtənin tam əriməsi baş verir, əritməni sürətləndirmək üçün sobanın yamaclarından şıxtənin ərimiş hissələri elektrik qövsləri zonasına itələnir.

Əritmənin birinci dövrünün səciyyəvi xüsusiyyəti elektrodların ətrafında şıxtəni quyularda əriməsidir. Əritmənin birinci dövründə əhəngin, həm də şıxtənin tərkibinə daxil olan elementlərin oksidləşməsi hesabına posanın yaranması baş verir. Əritmə vaxtında silisium tam, manqan 50-60%, karbon və dəmir qismən və fosfor oksidləşir.

Əksər halda əritməni sürətləndirmək üçün sobanın gövdəsinin $\pm 40^\circ$ döndərilməsi, sobadan kənarda şıxtənin qızdırılması və ya sobada furlarlardan istifadə edirlər. Şıxtənin əksər hissəsinin əriməsindən sonra furma və boruların köməyiylə oksigenlə üfürmə tətbiq etmək olar. Dəmir, silisium və manqanın oksidləşməsi istiliyin əhəmiyyətli miqdarının ayrılması ilə gedir, bu isə şıxtə qalıqlarının əriməsini sürətləndirir.

Əritmənin oksidləşdirici dövrü metalda fosforun miqdarını 0,01-0,015 %-dək, hidrogen və azotun miqdarını azaltmaq, metalın lazımi temperaturadək qızması (ərimə temperaturundan 120-

130⁰C yuxarı) üçün aparılır. Aşqarların oksidləşməsi üçün bərk oksidləşdiricilər (Daşkəsən filizi, aqlomerat), habelə qazşəkilli oksigen və arqon istiadə olunur.

Filizin oturdulması və ya oksigen və arqonla üfurmə karbonun intensiv oksidləşməsini səbəb olur və bu halda CO-nun qabarçıqları vannanın aktiv fəaliyyətini yaradır. Bu, metalın tez qızmasına, qazların – hidrogen və azotun, habelə qeyri-metal ünsürlərin kənarlaşmasına kömək edir. Oksidləşdirici dövrün sonunda posanı sobadan tam kənarlaşdırmaq lazımdır.

Əritmənin bərpaetmə dövrü metalın oksigensizləşmə, kükürdün kənarlaşdırılması, poladın kimyəvi tərkibinin verilən tərkibə çatdırılması, prosesin temperaturunun tənzimləmə məqsədi güdür. Bütün bunlar tam bərpa dövrü ərzində paralel həll edilir. Oksigensizləşdirici posa tam kənarlaşdırıldıqdan sonra sobaya posaməhləgətirici qatışıqları oksigensizləşdiricilərlə birlikdə verir, yəni yeni posa (karbid və ya ağ) yaradılır.

Oksigensizləşdiricilər kimi ferromanqan, yerli ferrosilisiyum və alüminium istifadə olunur. Onları zəruri olan legirləyici elementlərlə birlikdə sobaya daxil edirlər. Bundan sonra metalı sobadan novçanın altında yerləşdirilən polad tökücü çalovda boşaldırlar. Zəruri halda çalovda poladın əlavə oksigensizləşdirilməsini və legirlənməsini aparmaq olar. Buna əritmənin **iki posalı prosesi** deyilir.

Əgər tam yerli zavodlardan yığılmış tullantılardan istifadə olunursa, bu proses oksidləşmə dövrü keçmədən aparıla bilər. Bu halda şıxtə legirli poladların tullantılarından təşkil olunur. Bu halda şıxtə komponentlərinin seleksiyalı seçimi həyata keçirilməlidir.

Qeyd edək ki, poladın oksigensizləşdirmə prosesini həm də poladtökücü çalovda aparmaq olar. Bu əməliyyat mahiyyətə sobada olduğu kimidir. Lakin daha yüksək keyfiyyətli polad istehsal etdikdə (borular və digər məsul pəstahlar) oksigensizləşdirmə və legirləmə proseslərinin çalovda aparılması daha məsləhətlidir.

Nəticə. 1. Ölkədə metallurgiya sənayesinin dayanıqlı inkişafı, o cümlədən yerli resurslar əsasında legirli poladlar istehsalını mənimsəmək üçün geniş imkanların olduğu müəyyən olunmuşdur. Rəngarəng xammal bazası və metal tullantıları, yerli enerji ehtiyatları, böyük metal tələbatı sənaye və tikinti sahələri, təcrübəli kadr və əmək ehtiyatları, mövcud maddi-texniki baza əsasında yeni istehsal sahələrinin yaradılma imkanları qiymətləndirilmişdir.

2. Yerli resurslar əsasında legirli poladların dizayn imkanları və baş verən çevrilmə proseslərinə dair müasir nəzəri təsəvvürlər genişləndirilmiş və inkişaf etdirilmişdir. Legirləyici elementlərin poladın strukturunda - ferritdə baş verən dəyişmələr, austenitin perlit, aralıq çevrilmə və martensit çevrilmələri arasında qarşılıqlı əlaqələrinə aydınlıq gətirən yeni müddəa və mülahizələr irəli sürülmüşdür.

3. Müxtəlif legirləyici elementlərin poladın strukturunun dizayn edilməsində rolu, bu elementlərin qənaətlə istifadə olunması nəzəri və texnoloji cəhətdən əsaslandırılmışdır. Poladda martensit çevrilməsinin mürəkkəb təzahürləri, o cümlədən kristal mərkəzlərinin yaranması, böyüməsi, qalıq austenitin yaranmasına dair müddəalar daha da dəqiqləşdirilmişdir.

4. Legirləyici elementlərin növü və miqdarının poladın tablanma qabiliyyəti və dərinliyi, habelə martensit strukturuna tabəksildilmənin təsirinin yeni hipotezləri irəli sürülmüş və daha səlis ifadə olunmuşdur. Bu nəzəri işləmələr əsasında yerli resurslardan istifadə etməklə legirli polad istehsalının texnoloji əsasları və parametrləri müəyyən edilmişdir. Öldə olunmuş nəticələr ölkədə yerli resursların istifadəsilə legirli poladlar istehsalının nəzəri və texnoloji əsaslarına mühüm töhfə kimi qiymətləndirilə bilər.

Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir – Qrant № AEF – MCG – 2023 – 1 (43) – 13(01)1-M-01

Ədəbiyyat

1. Arif Mammadov, Subhan Namazov, Agil Babayev, Nizami Ismailov, Mukhtar Huseynov, Faiq Quliyev. Identification of the nature of the formation of surbase defects in the body pipe

- intended for the oil and gas industry// Eureka: Physics and engineering, Tallin, 2025, №1 pp.106-120. DOI: 10.21303/2461-4262.2025.003660 (Scopus, Q3)
2. Arif Mammadov, Subhan Namazov, Agil Babayev, Mukhtar Huseynov, Batura Musurzaeva. Development of heat treatment modes for pipes made of microalloyed steel 09G2S for industrial work // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (ISTPE), Iss. 62, Vol. 17, No. 1, Mar. 2025. P.337-345. ISSN 2077-3528. <http://www.istpe.com/IJTPE/-Journal Citations.html>. (Scopus, Q3)
 3. А.Т.Мамедов, В.Н.Джафарова. Влияние ковшевой среды на угар легирующих элементов при производстве строительных сталей // Черные металлы, Москва, 2025, № 4, с. 46-52
 4. A.T.Mammadov, V.A.Mammadov, A.A.Jafarova, F.F.Jafarov, F.F.Jafarli. Computer simulation on the formation of the structure of powdered iron-copper composites // Russian Engineering Research, 2025, Vol.65, №4, p. 78-84
 5. Arif Mammadov, Agil Babaev, Nizami Ismailov, Mukhtar Huseynov. Analysis of the modern state of alloy steel production technology in Azerbaijan. ISTEK Beynəlxalq konfransına təqdim olunub.
 6. A.T. Mammadov, A.I. Babaev, M.Ch. Huseynov, B.B. Musurzaeva. Mathematical model of the sintering process of a mixture of mesoscale WC-Co powders / İnformasiya sistemləri və suni intellekt texnologiyaları, 11-ci beynəlxalq konfrans. Bakı, AzTU, 2025,
 7. Arif Mammadov, Afet Jafarova, Farid Jafarov, Fuad Jafarli. Features of the processes of consolidation of metal powders under the influence of electromagnetism (for discussion) / İnformasiya sistemləri və suni intellekt texnologiyaları 11-ci beynəlxalq konfrans. Bakı, AzTU, 2025,
 8. Arif Mammadov, Agil Babayev, Mukhtar Huseynov, Batura Musurzayeva. Development of production of hot-deformed casing pipes of 32G2 steel for oil production in the conditions of Baku Steel Company // FarEastCon-2024 konfransı (Scopus, Q3)
 9. Arif Mammadov, Agil Babayev, Mukhtar Huseynov, Batura Musurzayeva, Farid Jafarov. Disposal and Recycling Problems Lithium-Ion Batteries // ISU24-37. International Symposium on Unmanned Systems AI, Design and Efficiency, ISUDEF,24, National Aviation Academy, May 22nd-24th.2024. Baku. Azerbaijan. ISBN : 978-9952-582-04-8. DOI : 10.30546/2224.978-9952-582-04-8. © 2024 by International Sustainable Aviation Research Society and National Aviation Academy of Azerbaijan. ISUDEF-24-Abstract-Book.pdf
 10. Arif Mammadov, Ramin Karimov, Faig Guliyev. Development of Technology producing a Bimetallic Roll for Rolling Construction Reinforcement. Вторая международная конференция «Современные проблемы прикладной науки и техники», Самарканд, апрел, 2025
 11. A.T.Mammadov, S.N.Namazov, A.I.Babayev, M.Gh.Guseynov. B.B.Msurzayeva. Defection of metallurgical defects of pipe blanks made of 32G2 steel for oil fields. Вторая международная конференция «Современные проблемы прикладной науки и техники», Самарканд, апрел, 2025
 12. A.T.Mammadov, A.A.Djafarova, F.F.Djafarov. Models for intensification of elastoplastic deformation of powder composites of the “iron cast iron” type in a rigid matrix. Вторая международная конференция «Современные проблемы прикладной науки и техники», Самарканд, апрел, 2025
 13. Arif Mammadov, Nizami Ismayilov, Aqil Babayev, Muxtar Huseynov, İlham Aliyev. Assessment of resource capacity for sustainable industrial development in Azerbaijan. 7-ci Avrasiya RİSK-2025 konfransı, Bakı, ADNSU, 21-23.10.2025.

Məqalə qəbul olunub: 29.10.25
Təvsiyə edib: dos. Xankişiyev İ.A.