

UOT 669.1

SOBA-ÇALOV QURĞUSUNDA MAYE POLADIN AZOTLA ÜFÜRÜLMƏSİNİN TEXNOLOJİ VƏ İQTİSADI CƏHƏTLƏRİ

V.N.Cəfərova

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

E-mail: azmiu_vusale@mail.ru

Açar sözlər: konstruksiya poladı, soba-çalov, üfurmə müddəti, azotla mikrolegirləmə, iqtisadi səmərə

Xülasə. Azkarbonlu konstruksiya poladlarının keyfiyyətini yüksəltmək üçün maye metalın soba-çalov qurğusunda azotla üfürülməsinin texnoloji və iqtisadi cəhətləri araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, hazırda poladı azotla mikrolegirləmək üçün daha çox azotlu ferroərintilər istifadə olunur. Arqonla üfurməyə nəzərən bu texnologiya xeyli ucuz başa gəlir. Lakin bu halda ferroərintinin mənimsənilməsi xeyli aşağı düşür və ferroərintilərin sərfi artır. Odur ki, poladın maye dəyərini azaltmaq üçün təcrübədə azotlu ferroərintiləri qazşəkilli azotla əvəz edirlər, lakin prosesin səmərəliliyi maraqlıdır.

Adi keyfiyyətli konstruksiya poladının təmsalında legirləmə məqsədilə qazşəkilli azotun istifadə olunmasının səmərəliliyi araşdırılmışdır. Üfurmə 60 tonluq soba-çalovda 50 ton maye metal üçün aparılmışdır. Azotlu ferroərinti kimi ferromanqan götürülmüşdür. Təcrübələrdə dibdən və yuxarıdan üfurmə üçün odadavamlı furmalar istifadə olunmuşdur. Üfurmə müddəti 6-72 dəq, qazın təzyiqi 0,5-0,7 MPa, azotun sərfi 30-60 m³/saat intervalında dəyişdirilmişdir.

Metaldə oksigen və azotun miqdarını təyin etmək üçün maye poladdan nümunələr azotla emala qədər, emalın gedişində, ərinti üfürüldükdən sonra və soba-çalov qurğusunda götürülmüşdür. Metaldə qazların miqdarı qazanalizator qurğusunda vakuum əritmə metodu ilə təyin olunmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, üfurmə zamanı maye polada azot əhəmiyyətli dərəcədə nüfuz edir və poladda azotun miqdarı çalova verilən qazşəkilli azotun miqdarı ilə düz mütənəsbidir. Müqayisə üçün soba-çalov qurğusunda yuxarıdan daldırılan odadavamlı furma ilə üfurmə aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, yuxarıdan daldırılan furma ilə üfurmə zamanı azotun miqdarının artımı 6-12 dəq ərzində xeyli azdır. Belə ki, azotun miqdarının üfurmədən sonra ortalama artımı 0,003% təşkil edir və 0,012%-i aşmır.

Giriş. Elektrik poladının keyfiyyətinin yüksəldilməsinin səmərəli və perspektivli üsullarından biri maye metalın sobadankənar emalıdır. Sobadankənar emal zamanı mikrolegirləmə, modifisirləmə, maye metala qaz və ovuntuların üfürülməsi və digər innovativ texnologiyalar tətbiq oluna bilər. Son zamanlar poladın azot və ya arqonla üfürülməsi, o cümlədən ovuntu halında ferroərintilərin verilməsi sahəsində tədqiqatlar diqqəti cəlb edir.

Tədqiqatın məqsədi. Məqsəd, tərkibində karbon az olan konstruksiya poladlarının keyfiyyətini yüksəltmək üçün maye metalın soba-çalov qurğusunda azotla üfürülməsinin texnoloji və iqtisadi cəhətlərinin araşdırılması və azotlu ferroərintilərlə müqayisədə qazşəkilli azotun istifadəsinin məqsəduyğunluğu, iqtisadi səmərəliliyi, texnoloji üstünlükləri eləcə də qazvari azotla legirləmə xərclərinin maksimum dərəcədə azalmasından ibarətdir.

Problemin həlli. Müəyyən olunmuşdur ki, karbonitridlə möhkəmləndirilmiş azkarbonlu polad maksimal möhkəmlilik və plastiklik nümayiş etdirir. İnşaat konstruksiyalarında karbonlu və azlegirli poladları möhkəmləndirilmiş poladla əvəz etdikdə 30%-dək metala qənaət edilir [1; s. 36-39].

Təsdiq olunmuşdur ki, tökmə poladlarını azotla mikrolegirlədikdə karbonitridlərin miqdarının artması səbəbindən dənələrin xırdalanması baş verir. Əlavə nitrid fazasının ayrılması dispers möhkəmləndirməyə gətirib çıxarır. Nəticədə tökmə poladlarının möhkəmliyi, yeyilməyə davamlılığı və zərbə özlülüyü xeyli artır [2; s.72-74]. Göstərilmişdir ki, maye poladın çalovda azotla üfürülməsi kimyəvi tərkib və temperaturun bərabərləşməsi ilə yanaşı, metalın qeyri-metal birləşmələrlə çirklənməsinin xeyli dərəcədə azalmasına gətirib çıxarır [3; s.112-115].

Müəyyən olunmuşdur ki, xromla azlegirlənmiş poladın azotla üfürülməsi temperatur və kimyəvi tərkibin ortalaşması və qeyri-metal qatışıqların azalması hesabına maye axıcılığın yaxşılaşması və tökmə müddətinin azalmasına səbəb olur. Sonrakı tədqiqatlarda göstərilmişdir ki, qızmar yayma zamanı azotun poladın texnolojiliyinə təsiri yüksək temperaturlarda möhkəmlik və plastikliyin qiyməti ilə müəyyən olunur. Poladda həllolmasının normal həddində azotun texnoloji xassələri pisləşdirməsi müşahidə olunmamışdır.

Məlumdur ki, austenit və austenit-ferritli poladların plastikliyini yaxşılaşdırmaq, kükürd və fosforun miqdarını azaltmaq üçün metalı nadir torpaq metallarla (NTM) modifisirləmək müsbət nəticələr verir. Məqbul texnoloji xassələr o cümlədən plastiklik xassələri poladda azot 0,10-0,30%, kükürd $\leq 0,006\%$, fosfor $\leq 0,02\%$ olduqda əldə olunur. Belə poladın eyni zamanda Ca, Zr, Al, Ti və B ilə modifisirlənməsi də yaxşı nəticələr verir [4; s. 61-62].

Müəyyən olunmuşdur ki, austenit poladında hətta 0,01% S olduqda və azotun miqdarını 0,1% - dək artırıqda poladın plastikliyi azalır. Azotun texnoloji xassələrə təsirini daha dərin tədqiqatlar göstərmişdir: belə ki, austenit-ferrit poladını 0,009 ; 0,11 və 0,218% azotla legirlədikdə metalın texnoloji plastikliyi və ilkin qızma temperaturu azotun miqdarından asılı olur. Daha böyük plastiklik 1000°C-dən aşağıda azotun miqdarının sonrakı artımında müşahidə olunur [5].

Azotun polada möhkəmləndirici təsiri metallurlara yaxşı məlumdur. Bu effekt bərk məhlulu tablandırıqda daha güclü təzahür edir, geniş intervalda tablandırılmış və ya soyuq deformasiya olunmuş metalın tabəksiltməsindən sonra da müşahidə olunur. Bərk məhlulda azotun qalmasını təmin edən yüksək temperaturda tablandırılmış nümunələrdə azotun miqdarının artması ilə poladın plastikliyi və möhkəmliyi artır.

Eyni dərəcəli soyuq plastik deformasiyada möhkəmləndirmə nisbi uzanmanın praktiki sabit qiymətində azotun miqdarı çox olduqda artır. Soyuq deformasiya edilmiş poladın 600°C-də köhnəldilməsi zamanı metal daha çox möhkəmlənir, ancaq bu zaman plastiklik xeyli azalır.

Qeyd edək ki, tablandırılmış vəziyyətdə axıcılıq həddinin artımı azotun miqdarını 0,3-dən 0,7%-dək artırıqda 100 N/mm²-ı aşmır, soyuq plastik deformasiyadan sonra isə 200 N/mm² təşkil edir, yəni sonuncu halda azotun möhkəmləndirici səmərəsi daha böyük olur.

Azot, bir qayda olaraq, polada atmosfer təzyiqində normal həllolma həddinə uyğun miqdarda verilir. Digər legirləyicilər isə maksimal korroziya dözümlüyü əldə etmək üçün bərk məhlulda azotun tablamadan sonra qalmasını təmin edirlər.

Poladı azotla mikrolegirləmək üçün çalovda üfürmə üsulu məqbul dəqiqliklə metalda azotun tələb olunan miqdarını əldə etməyə imkan verir. Lakin bunun üçün prosesin kinetik xarakteristikaları, aparılma şəraiti və maye poladın tərkibi haqda dəqiq məlumatlara malik olmaq lazımdır.

Beləliklə, azkarbonlu konstruksiya poladlarını azotla mikrolegirləmə onların tətbiq sahələrini genişləndirməyə və məmulatların material tutumunu azaltmağa imkan yarada bilər. Odur ki, xarici ölkələrdə belə poladların yaradılması sahəsində perspektivli tədqiqatlar aparılır. Bu tədqiqatlar inşaat konstruksiya poladları üçün də aktuallıq kəsb edir.

Azkarbonlu konstruksiya poladlarının struktur və keyfiyyət xarakteristikaları, habelə fiziki-mexaniki və istismar xassələrinin yaxşılaşdırılması bu gün də tədqiqatçı və mütəxəssislərin diqqət mərkəzindədir. Bu məqsədlə poladların sobadankənar emal texnologiyaları daim təkmilləşdirilir. Belə texnologiyalardan biri də maye metalın soba-çalov qurğusunda müxtəlif qaz və ovuntularla üfürülməsidir. Üfürmə texnologiyasının nəzəri və texnoloji cəhətləri hələ də kifayət qədər dərinlən öyrənilməmişdir.

Maye poladın soba-çalov qurğusunda üfürülməsi üçün molekulyar azotun istifadə edilməsi azotun ucuz və prosesin sadəliyi baxımından mütərəqqi metallurji texnologiya kimi böyük maraq doğurur. Poladı üfürmək üçün qazşəkilli azotun istifadəsi təcrübəsi göstərir ki, azotun həllolma sürəti və onun metalda əldə olunan qatılığı bir sıra amillərdən asılıdır. Bu sahədə tədqiqatlardan əldə olunan nəticələr ziddiyyətlidir və tədqiqatçılar arasında azotla legirləməyə dair yekdil fikir yoxdur. Bəzi tədqiqatçılar maye metalı arqonla üfürməyə üstünlük verir, halbuki arqonla üfürmə iqtisadi cəhətdən heç də səmərəli hesab olunmur.

Azotla poladın üfürülməsi prosesi azotun kütləköçürmə rejimində qabarcıqlar vasitəsilə maye metala keçib həll olmasına əsaslanır. Bu prosesin sürəti belə bir tənliklə ifadə olunua bilər:

$$v_p = \frac{dC}{d\tau} = \frac{\beta S n}{V} (C_h - C), \quad (1)$$

burada C və C_p – azotun cari və tarazlıq qatılığı, %; β – qabarcıqlardan metala kütləköçürmənin orta effektiv əmsalı, sm/saat; n – köpüklərin orta statistik sayı; V – metalın həcmi, sm³; S – köpüklərin sahəsidir, sm².

Bir sıra tədqiqatlarda göstərilir ki, əksər köpük və ya qabarcıqların forması üfürmə şəraitində göbələkvəri formaya yaxın olur. Köpüyün səthinin sahəsini kürə seqmentinin sahəsi kimi qəbul edərək, kürənin həcminə görə köpüyün ekvivalent radiusunu təyin etmək olar:

$$S = 18,033 \cdot r_e^2, \quad (2)$$

Metalda köpüklərin orta statistik sayını metalın həcmində orta temperatur və təzyiqə, habelə qazın saniyəlik sərfinə görə təyin etmək olar. Hesablamalarda köpüyün orta statistik həcmi, furmanın konstruksiyası, metal sütunun hündürlüyü, tərpənməz koordinatlara nəzərən köpüklərin orta üzübçixma sürəti nəzərə alınmışdır. Köpüklərin orta üzübçixma sürətini belə təyin etmək olar:

$$u = \xi \sqrt{g r_e}, \quad (3)$$

burada ξ – sabit vuruqdur. Onda köpüklərin orta statistik sayı üçün yazmaq olar:

$$n = \frac{J}{4/3\pi r^3} \cdot \frac{H}{\sqrt{g r_e}} \cdot \frac{T}{273} \left(1 + \frac{H}{290} \right), \quad (4)$$

Çalovun dibindən odadavamlı furma ilə üfürmə zamanı maye metalın səthinədək köpüyün qalxması müddətində azotun nail olunan orta tarazlıq qatılığını tarazlıq sabiti (K_N) və azotun aktivlik əmsalı (f_N) vasitəsilə təyin etmək olar:

$$C_p = \frac{K_N}{2 f_N} \sqrt{\frac{1+H}{145}} + 1, \quad (5)$$

Tarazlıq sabitini belə təyin etmək olar:

$$\lg K_N = -\frac{188}{T} - 1,25, \quad (6)$$

azotun aktivlik əmsalını isə Vaqner metodu ilə təyin etmək olar:

$$\lg f_N = \sum e_i^j [\%i].$$

Kütləköçürmənin orta effektiv əmsalı belə tapılır:

$$\beta = \frac{D_N}{\delta}, \quad (7)$$

$$\delta = D_N^{0,5} v^{0,15} \sqrt{\frac{r}{W}}, \quad (8)$$

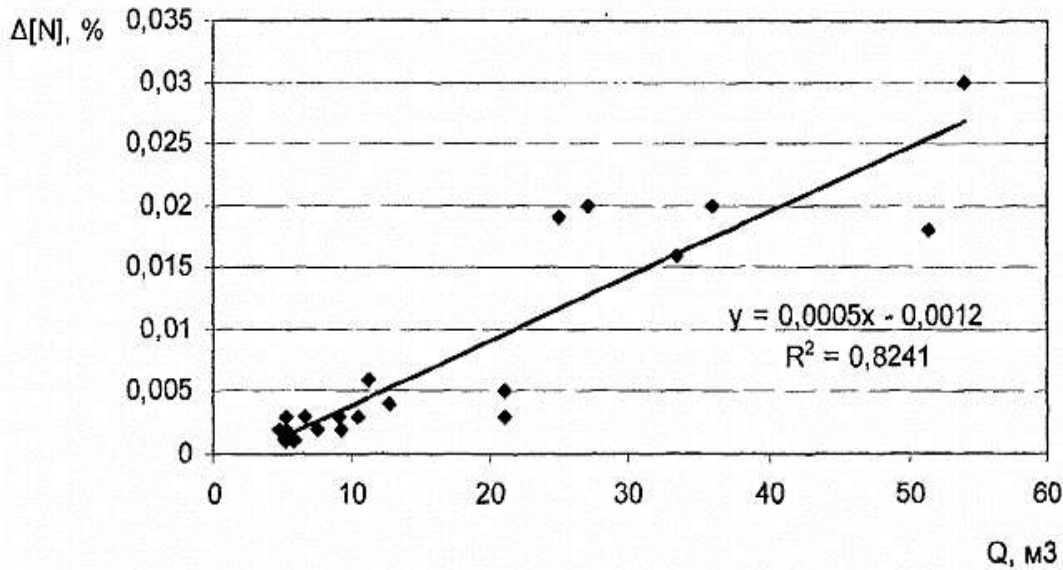
Təcrübi məlumatlar əsasında burada $W = 10$ sm, $r = 1,55$ sm; $D_N = 3,77 \cdot 10^{-5}$ sm²/saat, $V = 9 \cdot 10^{-3}$ sm²/saat qəbul edilir.

Təcrübələrdə “Vayçer” (Avstriya) firmasının dibdən üfurmə üçün odadavamlı furmaları istifadə olunmuşdur. Yarıqlı furmalar vasitəsilə üfurmə müddəti 6-72 dəq, magistralda təzyiq 0,5- 0,7 MPa, azotun sərfi 30-60 m³/saat intervalında dəyişdirilmişdir.

Oksigen və azotun miqdarını təyin etmək üçün maye poladdan nümunələr azotla emala qədər, emalın gedişində, ərinti üfürüldükdən sonra və soba-çalov qurğusunda götürülmüşdür. Metalda qazların miqdarı “Strohlein” furmasının qazanalizator qurğusunda vakuum əritmə metodu ilə təyin olunmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, üfurmə zamanı maye polada azot əhəmiyyətli dərəcədə nüfuz edir və poladda azotun miqdarı çalova verilmiş qazşəkilli azotun ümumi miqdarı ilə birbaşa əlaqəlidir (şəkil 1). Poladda azotun miqdarı xüsusən sərfiyyat 20m³-dan çox olduqda əhəmiyyətli dərəcədə artır. Belə ki, azotun sərfi 40-50 m³/saat intervalında olduqda üfurmə 18-22 dəq. ərzində gedir. Bu müddət ərzində poladda azotun miqdarı ortalama 0,004% artır, lakin 0,016%-i aşmır. Bu müddətdə poladda oksigenin miqdarı 0,016-0,028-dən 0,030-0,008%-dək azalır.

Müqayisə üçün soba-çalov qurğusunda yuxarıdan daldırılan odadavamlı furma ilə üfurmə aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, yuxarıdan daldırılan furma ilə üfurmə zamanı azotun miqdarının artımı 6-12 dəq ərzində xeyli azdır (şəkil 2). Belə ki, azotun miqdarının üfurmədən sonra ortalama artımı 0,003% təşkil edir və 0,012%-i aşmır.



Şəkil 1. Poladda azotun miqdarının üfürülən azotun ümumi sərfindən asılılığı (dibdən üfurmə)

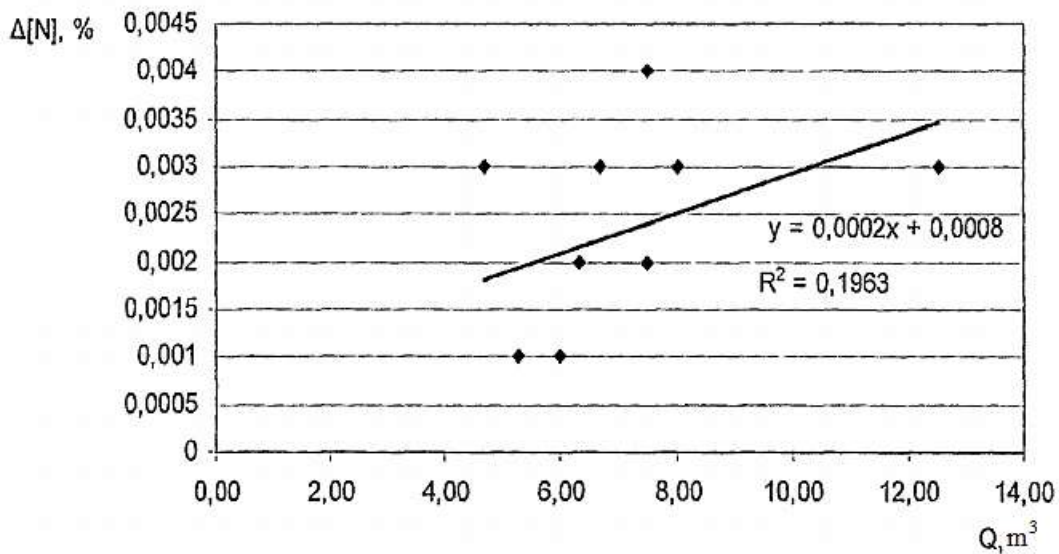
Müəyyən olunmuşdur ki, polada 30-60 dəq. müddətində 0,025%-dən çox azot üfürüldükdə külçələrin “böyüməsi” müşahidə olunur. Bu effekt poladda çevrilmələr nəticəsində azotun həllolmasında əhəmiyyətli dəyişikliklər və köpüklərin yaranması ilə əlaqədardır (cədvəl).

Bununla əlaqədar olaraq, metalın azotla doydurulmasının istənilən üsulunda kristallaşmanın sonunda ətraf mühitdə azotun parsial təzyiqilə kristallaşmış metalın həcmində azotun miqdarı arasında tarazlıq müşahidə olunur.

Məlumdur ki, azot poladda bərk məhlul halında və qeyri-metal fazada (nitrid yaradan elementlərə: alüminium, titan, vanadium və b.) ola bilər. Bizim halda, poladda nitrid yaradıcı elementlərin miqdarı xeyli az olduğuna görə, azot əsasən bərk məhlul halında olacaqdır, bu isə azotun ayrılma sürəti və külçələrin “böyüməsini” müəyyən qədər artırır.

Bundan başqa, azotun miqdarını 0,020%-dən yuxarı qaldırıqda poladda ləkəli likvasiyanın baş verməsi müşahidə olunmuşdur. Sonuncu iki məsələ, yəni külçənin “böyüməsi” və ləkəli likvasiya poladın azotla doyurulması məsələsinin iqtisadi aspektini araşdırmağı zəruri edir.

Metallurgiyada poladı azotla mikrolegirləmək üçün daha çox azotlu ferroərintilər, məsələn, ferromanqan istifadə olunur. Arqonla üfurməyə nəzərən bu texnologiya xeyli ucuz başa gəlir. Lakin bu halda ferroərintinin mənimsənilmə dərəcəsi xeyli aşağı düşür və deməli, ferroərintilərin sərfi artır. Odur ki, konstruksiya poladının maya dəyərini azaltmaq üçün təcrübədə azotlu ferroərintiləri tamamilə və ya qismən qazşəkili azotla əvəz edirlər. Bu halda üsulun səmərəliliyi xüsusi maraq doğurur.



Şəkil 2. Poladda azotun miqdarının azotun ümumi sərfindən asılılığı (daldırılan furma ilə üfurmə)

Poladda azotun həllolması

Faza	Temperatur, °C	10 ⁵ Pa təzyiqdə azotun miqdarı, %
Maye	1536	0,0126
δ	1536 – 1391	0,0126 – 0,0106
γ	1391 – 910	0,0222 – 0,0310
α	910	0,0043

Ст.20 poladının timsalında legirləmə məqsədilə qazşəkili azotun istifadə olunmasının səmərəliliyi araşdırılmışdır. Üfurmə 60 tonluq soba-çalovda 50 ton maye metal üçün aparılmışdır. Azotlu ferroərinti kimi ferromanqan götürülmüşdür. Azotlu ferromanqanla legirlədikdə Ст.20 poladında azotun miqdarı 0,006-dan 0,024% [N]-dək yüksəlir.

Polada azotlu ferromanqan verildikdə ferroərintinin mənimsənilməsi 70% təşkil edir. Ferromanqanda azotun miqdarı 6% olduqda mənimsənilən azotun miqdarı belə tapıla bilər:

$$\Delta N = [N]_{son} - [N]_{baş},$$

burada $[N]_{baş}$ – üfürmədən əvvəl azotun qatılığı, %; $[N]_{son}$ – üfürmədən sonra azotun qatılığı, %; $\Delta N = 0,026 - 0,007 = 0,019\%$.

Mənimşənilən azotun miqdarı, kq:

$$[N]' = G_{me} \cdot \Delta N : 100\%,$$

burada G_{me} – çalovda metalın kütləsi, kq;

$$[N]' = 50000 \cdot 0,019 : 100 = 9,5.$$

Beləliklə, metala daxil olan azotun miqdarı:

$$[N]'' = [N]' \cdot 100 : 70,$$

$$[N]'' = 9,5 \cdot 100 : 70 = 13,57 \text{ kq.}$$

İtkiləri nəzərə almaqla poladda azotun qatılığını 0,026% əldə etmək üçün lazım olan ferromanqanın miqdarı belə tapıla bilər:

$$M_H = N'' \cdot 100 : 6,$$

$$M_H = 13,57 \cdot 100 : 6 = 226 \text{ kq.}$$

Bakı Polad Şirkətindən alınan məlumata görə azotlu ferromanqanın 1kq-ı 12,91 manatdır. Onda poladı azotlu ferromanqanla legirləmək üçün cəmi xərclər belə hesablanı bilər:

$$226 \cdot 12,91 = 2917,66 \text{ man.}$$

Deməli, 1 ton poladı azotlu ferroərinti ilə legirləmək üçün xərclər belə tapıla bilər:

$$2917,66 : 50 = 58,35 \text{ man.}$$

Qazşəkilli azotla legirlədikdə poladda azotun miqdarı 0,007-dən 0,026% [N]-dək artır, bunun üçün polada 25m³ qazşəkilli azot verilir, bu zaman mənimşəmə 66,8% təşkil edir. Bakı Polad Şirkətindən alınan məlumata görə 1 m³ azot 0,15 manatdır. Deməli, polada 25 m³ qazşəkilli azot verildikdə xərclər 3,75 man. təşkil edəcəkdir.

Legirləmə prosesində bərabər şəraiti təmin etmək üçün maye metalı üfürmə zamanı həm də 498 kq ferromanqan (ФМН78) əlavə etmək lazımdır. 1kq (ФМН78) 11,04 manatdırsa, 226 kq ФМН78-ə çəkilən xərc $226 \cdot 11,04 = 2495,04$ man. olacaqdır.

Polada üfürmə zamanı verilən qazşəkilli azotun dəyəri nəzərə alınmaqla ümumi xərclər belə tapıla bilər:

$$2495,04 + 3,75 = 2498,79 \text{ man.}$$

1 ton polad əritməyə çəkilən xərclər isə:

$$2498,79 : 50 = 49,98 \text{ man. təşkil edər.}$$

1 ton poladı azotlu ferroərinti və qazşəkilli azotla legirləmə zamanı xərclərin fərqi belə tapıla bilər:

$$58,35 - 49,98 = 8,37 \text{ man. olur. Bu fərq faizlə ifadədə 6,53 \% təşkil edir.}$$

Nəticə. Beləliklə, aparılmış hesablamalar azotlu ferroərintilərlə müqayisədə qazşəkilli azotun istifadəsinin məqsəduyğunluğu, iqtisadi səmərəliliyi və texnoloji üstünlüklərini ortaya qoyur. Azotlu ferroərintilərlə müqayisədə qazvari azotla legirləmə xərcləri 6,53% azalır.

ƏDƏBİYYAT

1. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В., Смирнов А.Н. Производство стали. Непрерывная разливка металла. М: Теплотехник, 2009, 528 с.
2. Паршин В.М., Буланов Л.В. Непрерывная разливка стали. Липецк: ОАО «НЛМК», 2011, 221 с.
3. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Штепан Е.В. Непрерывная разливка стали. Учебник. Донецк: ДонНТУ, 2011, 482 с.
4. Терентьев В. Ф. Усталостная прочность металлов и сплавов. - М.; Нтермет Инжиниринг, 2002, 288 с.
5. Мəmmədov A.T., İsmayilov N. Ş., Hüseynov M.Ç., Quliyev F.T., Cəfərova V.N. “Baku steel company” MMC-də istehsal olunan inşaat armatur.poladlarının termiki möhkəmləndirilməsində baş verən struktur çevrilmələri. AzMİU, Elmi əsərlər, Bakı, 2022, №1, s. 41-48.

TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF METAL DURING BLOWING WITH NITROGEN IN THE LADDER FURNACE

V.N. Jafarova

Azerbaijan University of Architecture and Construction

Abstract. In order to improve the quality of low-carbon structural steels, the technological and economic aspects of nitrogen blowing of liquid metal in a ladle-furnace unit were studied. It is shown that more nitrogen ferroalloys are currently used for steel microalloying with nitrogen. Compared to argon purge, this technology is much cheaper. But at the same time, the assimilation of ferroalloys is significantly reduced and the consumption of ferroalloys increases. Therefore, to reduce the cost of steel in practice, nitrogen-containing ferroalloys are replaced by gaseous nitrogen, but the efficiency of the process is of interest.

The efficiency of the use of gaseous nitrogen for the purpose of alloying was studied on the example of structural steel of ordinary quality. The blowing of 50 tons of liquid metal was carried out in a 60-ton electric arc furnace. Manganese was introduced into steel in the form of ferromanganese. In the experiments, refractory tuyeres were used for the lower and upper blasts. The purge time was varied within 6–72 min, the gas pressure was 5–0.7 MPa, and the nitrogen flow rate was 30–60 m³/h.

To determine the amount of oxygen and nitrogen, samples were taken from liquid steel before purging with nitrogen. In addition, sampling from liquid steel was carried out during its processing in a furnace and after blowing. The amount of gases in the metal was determined by the method of vacuum melting in an analyzer boiler.

Nitrogen was found to significantly permeate the liquid steel during blowdown, with the amount of nitrogen in the steel being directly proportional to the amount of nitrogen gas fed into the lance. For comparison, blowing was carried out by a refractory lance immersed on top of a ladle-furnace unit. It has been established that when purging liquid steel with nitrogen for 6–12 min. tuyere from above, the amount of nitrogen is much less than with conventional blowing. So, as the average increase in the amount of nitrogen after blowing is 0.003% and does not exceed 0.012%.

Keywords: *structural steel, ladle furnace, blowing time, nitrogen microalloying, economic efficiency.*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОДУВКЕ С АЗОТОМ НА УСТАНОВКЕ КОВШ-ПЕЧЬ

В.Н. Джафарова

Азербайджанский архитектурно-строительный университет

Резюме. С целью повышения качества низкоуглеродистых конструкционных сталей, исследованы технологические и экономические аспекты азотной продувки жидкого металла на установке ковш-печь. Показано, что в настоящее время для микролегирования стали азотом используют больше азотных ферросплавов. По сравнению с продувкой аргоном эта технология намного дешевле. Но при этом значительно снижается усвоение ферросплавов и увеличивается расход ферросплавов. Поэтому для удешевления стали на практике азотсодержащие ферросплавы заменяют газообразным азотом, но эффективность процесса представляет интерес.

Эффективность использования газообразного азота в целях легирования исследована на примере конструкционной стали обыкновенного качества. Продувка 50 тонн жидкого металла осуществлялась в 60-тонной электродуговой печи. Марганец в сталь вводился в виде ферромарганца. В опытах использовались огнеупорные фурмы для нижнего и верхнего дутья. Время продувки изменяли в пределах 6-72 мин, давление газа составляло 5-0,7 МПа, а расход азота 30-60 м³/ч.

Для определения количества кислорода и азота перед продувкой азотом из жидкой стали отбирали пробы. Кроме того отбор пробы из жидкой стали осуществляли в процессе её обработки в печи и после продувки. Количество газов в металле определяли методом вакуумной плавки в котле-анализаторе.

Было определено, что азот в значительной степени проникает в жидкую сталь при продувке, причем количество азота в стали прямо пропорционально количеству газообразного азота, подаваемого в фурму. Для сравнения вдувания производилось огнеупорной фурмой, погруженной сверху на установку ковш-печь. Установлено, что при продувке жидкой стали азотом в течение 6-12 мин. фурмой сверху количество азота значительно меньше, чем при обычной продувке. При этом средний прирост количества азота после продувки составляет 0,003% и не превышает 0,012%.

Ключевые слова: конструкционная сталь, ковш-печь, время продувки, микролегирование азотом, экономическая эффективность.

Daxil olub: 11.10.2022