

UOT 621.742.82

“BAKU STEEL COMPANY” MMC-də YENİ FASILƏSİZ TÖKMƏ MAŞINININ QURASHDIRILMASI VƏ TÖKÜLƏN PƏSTAHLARIN KEYFİYYƏTİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

¹Məmmədov A.T., ¹İsmayilov N.Ş., ¹Hüseynov M.Ç., ²Quliyev F.T.

¹Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1148, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25

²“Baku Steel Company” MMC
AZ1029, Bakı şəh., Mir-Cəlal küç., 15
E-mail: nizism@mail.ru

Xülasə. “Baku Steel Company” MMC-də yeni fasiləsiz tökmə maşınının quraşdırılması və onun mövcud maşınla müqayisəsi aparılmışdır. Polad pəstahların yeni fasiləsiz tökmə maşınında (PFTM) hazırlanmasının üstünlükləri göstərilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, PFTM-in qabarit ölçülərinin azaldılması üçün yeni quraşdırılan maşının ayrılik radiusu 10,2 metr qəbul edilməlidir. Bu radius kristallaşma zamanı pəstahlarda çatlar və digər xarici qüsurların yaranma ehtimalını sıfıra endirmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, ayrılik radiusunun rəşional qiyməti kristallaşdırıcıda müxtəlif ölçülü kvadrat və boru pəstahlarının keyfiyyətli alınmasına imkan verir.

Tökülən pəstahların tələb olunan keyfiyyətini təmin etmək üçün PFTM-da maye metalın elektro-maqnit qarışdırma (EMQ) qurğusu nəzərdə tutulmuşdur. İstehsal olunan kvadrat və boru pəstahlarının keyfiyyətini daha da yüksəltmək üçün maye metalın sobadankənar emal üsulları və tökmə prosesinin təkmilləşdirilməsinin vacibliyi əsaslandırılmışdır.

Müəssisədə innovativ metallurji texnologiyaların tətbiqi və müasir avadanlığın istismarı hesabına polad pəstahların keyfiyyətinin yüksəldilməsi imkanları göstərilmişdir. Boru pəstahlarına qoyulan tələblər və yayma prosesinin xüsusiyyətlərinin təhlili əsasında pəstahlarda qeyri-metal birləşmələr və qazların miqdarını azaltmaq üçün fasiləsiz tökmə maşınının vakuumator qurğusu ilə təchiz olunması təklif olunmuşdur.

Göstərilmişdir ki, EMQ-nin tətbiqi pəstahların səth qusurlarını 2-3 dəfə azaltmağa, bərabər-oxlu kristallar zonasını 50-100% artırmağa, mərkəzi məsaməlilik və likvasiyanı 0 baladək azaltmağa, tökmə sürətini 20-30% artırmağa və kristallaşdırıcı ilə EMQ-nin birlikdə kütləsini 3 dəfə azaltmağa imkan verir. EMQ və vakuumatorun birgə tətbiqi tökülən polad markaları, o cümlədən yüksək karbonlu və legirli poladların çeşidini xeyli genişləndirir.

Abstract. The paper presents the results of work on the installation of a new continuous casting machine at Baku Steel Company LLC and conducts a comparative analysis with the existing machine at the plant. The advantages of the method of continuous casting of blanks on a new continuous casting machine (CCM) are shown. To reduce the overall dimensions of the continuous casting machine, the radius of curvature of the newly installed machine was assumed to be 10.2 m. This led to zero probability of cracks and other external defects during the crystallization of cast billets.

To improve the quality of cast billets, the new CCM is provided with a liquid metal electromagnetic mixing device. It is shown that in order to ensure the high quality of produced square and pipe blanks, it is very important to choose a method for processing liquid metal and improve the casting process. To this end, the enterprise has created ample opportunities for the introduction of innovative technologies and equipment operation.

Depending on the rolling process, the requirements for the resulting tubular blanks, the amount of non-metallic inclusions and gases in them must be lower than the requirements of the standard so that these defects do not adversely affect the rolling process. The solution of these problems becomes

possible with the help of a new caster and an additionally installed device, an electromagnetic stirrer and a vacuum torus.

In addition, the use of an electromagnetic stirrer (EMF) makes it possible to reduce the number of surface defects by 2-3 times, increase the zone of equiaxed crystals by 50-100%, reduce the central porosity segregation to 0 points, increase the casting speed to 20-30% and reduce the weight of the mold together with EMF by 3 times. At the same time, the joint use of an EMF and a degasser will make it possible to expand the range of cast steel grades, including carbon and special steels.

Аннотация. В работе излагаются результаты работ по установке новой машины непрерывной разливки в ООО “Baku Stell Company” и ведется сравнительный анализ с существующей на заводе машиной. Показаны преимущества способа непрерывной разливки заготовок на новой машине непрерывной разливки (МНЛЗ). Для уменьшения габаритных размеров МНЛЗ радиус кривизны новой установленной машины принят 10,2 м. Это привело к нулю вероятность образования трещин и других наружных дефектов во время кристаллизации отливаемых заготовок.

Для повышения качества отливаемых заготовок нановой МНЛЗ предусмотрено устройство электромагнитного перемешивания жидкого металла. Показано, что для обеспечения высокого качества производимых квадратных и трубных заготовок очень важен выбор способа обработки жидкого металла и совершенствование процесса литья. С этой целью на предприятии созданы широкие возможности для внедрения инновационных технологий и эксплуатации оборудования.

В зависимости от процесса прокатки требования, предъявляемые к получаемым трубным заготовкам, количество неметаллических включений и газов в них должно быть ниже чем требования стандарта, чтобы эти дефекты не оказывали отрицательного влияния на процесс прокатки. Решение этих проблем становится возможным с помощью новой МНЛЗ и дополнительно установленного устройства, электромагнитного перемешивателя и вакууматора.

Установлено, что применение электромагнитного перемешивателя (ЭМП) позволяет снизить количество поверхности дефектов в 2-3 раза, увеличить зону равноосных кристаллов в 50-100%, снизить центральной пористости и ликвацию до 0 балла, повысить скорость литья до 20-30% и уменьшить массу кристаллизатора вместе с ЭМП в 3 раза. Показано, что совместное использование ЭМП и вакууматора позволят расширить номенклатуры марок разливаемой стали, в том числе углеродистых и специальных сталей.

Açar sözlər: kvadrat və boru pəstahları, vakuumator qurğusu, fasiləsiz tökmə maşını, maqnit qarışdırıcı, bağlı kontur

Keywords: square billet, pipe billet, device, degasser, continuous casting machine, magnetic stirrer, closed loop

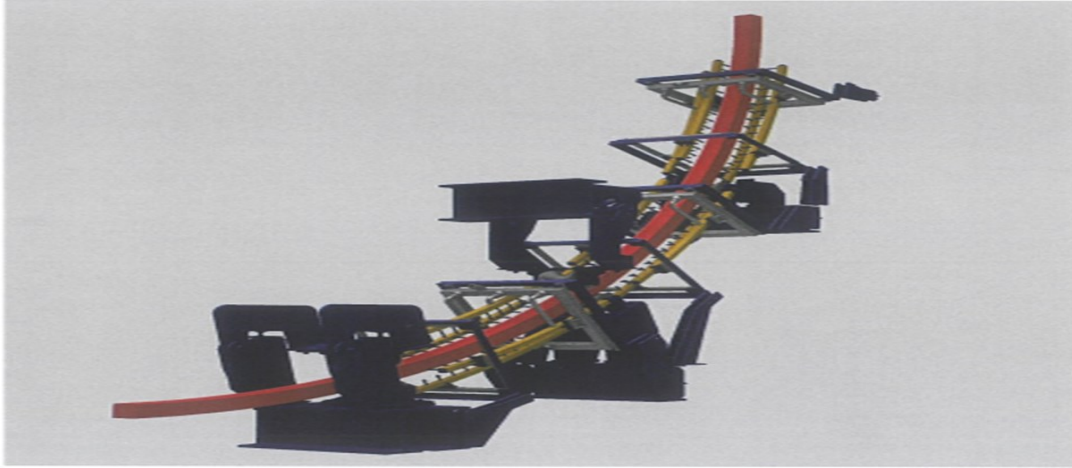
Ключевые слова: квадратная заготовка, трубная заготовка, установка, вакууматор, машина непрерывного литья заготовок, магнитный перемешиватель, закрытый контур

Giriş. “Baku Steel Company” MMC şirkətində yüksək keyfiyyətli polad pəstahlar istehsalını təmin edən yeni fasiləsiz tökmə maşınının quraşdırılması və sınaqları həyata keçirilir. Hazırda zavodda istismar olunan Pəstahların Fasiləsiz Tökmə Maşınının (PFTM) radial hissəsinin ayrilik radiusunun 6m və tökmə sürətinin xeyli aşağı olması keyfiyyətli pəstahların alınmasına şərait yaratmır [1-3].

Yeni quraşdırılan tökmə maşınının mövcud maşından üstünlüyü odur ki, radial hissənin ayrilik radiusu 10,2m-dir, maşın daha yüksək sıxlığa malik dörd axın xətti tökmə sisteminə malikdir və eyni vaxtda iki 60 tonluq çalovun yerləşdirilməsinə imkan verir. Şəkil 1-də yeni PFTM-in radial hissəsinin quruluşu göstərilmişdir. Yeni qurulan maşının daha bir özəlliyi ondan ibarətdir ki, poladın markasından asılı olaraq fasiləsiz tökməklə ölçüləri 100-200 mm-lik kvadrat, həm də 130-250 mm-lik dairəvi

pəstahların alınmasına imkan verir. Yeni maşının tökmə sürəti 0,5-6m/dəq intervalında dəyişir və pəstahın soyuma rejimi avtomatik tənzimlənir.

Yeni maşın pəstahların 6000-12000 mm uzunluqda tökülməsi, habelə sifarişçinin tələbinə uyğun uzunluqlarda pəstah istehsalı və pəstahların qaz kəsici ilə avtomatik kəsilməsini təmin edir. Radial tipli yeni fasiləsiz tökmə maşınının əsas özəlliklərindən biri də maye poladın kristallaşdırıcıya tökülməsinin qapalı mühitdə aparılmasıdır.



***Şəkil 1.** Fasiləsiz tökmə maşınının radial hissəsi*

Bu halda maye metal çalovu, aralıq çalov və kristallaşdırıcı arasında məsafədə bağlı mühit yaradılır və kənar təsirlər olmadan tökmə prosesi yerinə yetirilir. Yeni Fasiləsiz Tökmə Maşınında kristallaşmanın daha nizamlı gedişini təmin edən kristallaşdırıcı gilizin başlanğıc hissəsində maqnitli qarışdırıcı qurğu yerləşdirilmişdir. Bu qurğu hesabına kristallaşma prosesi daha fəal gedir, kristal mərkəzlərinin yaranma və böyümə sürəti, həm də istiqaməti kristallaşma müddətindən asılı olaraq nizamlı şəkildə tənzimlənir. Maqnit qarışdırıcı qurğu tətbiq etdikdə kristallaşma prosesində iridənəli struktur xırdadənəli strukturla əvəz olunur. Bu isə boruyayma üçün daha yüksək sıxlığa malik pəstah istehsalını təmin edir.

“Baku Steel Company” MMC-də vakuumator qurğusu ilə təchiz olunmuş yeni PFTM neftçixarma sənayesi üçün daha yüksək keyfiyyətli boru pəstahlarının alınması və böyük dərinliklərdə yüksək təzyiq altında işləyən borular istehsal etməyə imkan verəcəkdir. Qeyd edək ki, sözügedən avadanlıqlar Zaqafqaziyada yalnız “Baku Steel Company” MMC-də qurulmuşdur və zavodun istehsal gücünü ildə 0,5mln tona çatdırmağa imkan verəcəkdir [2, 3]. Şəkil 2-də maye metal çalovunun PFTM-də yerləşdirilməsi göstərilmişdir.



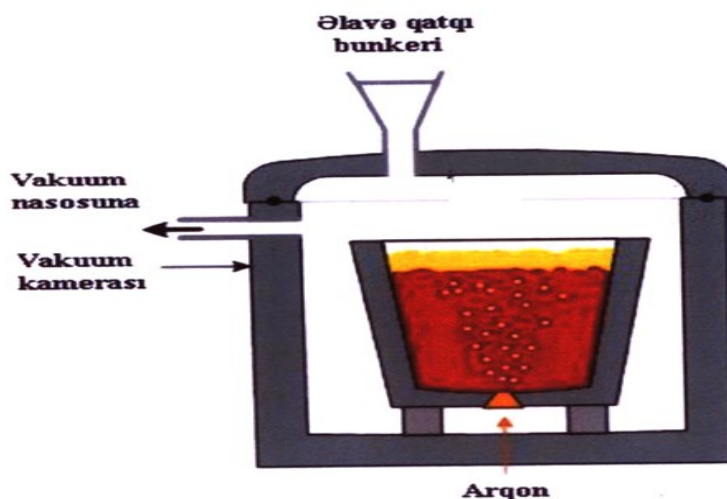
***Şəkil 2.** Maye metal çalovunun PFTM-ə yerləşmə qurğusu*

Əsas məzmun. Son illər Azərbaycanın neft sektorunda xüsusi xas-səli polad borulara tələbat xeyli artmışdır. Bu tendensiyanı nəzərə alaraq “Baku Steel Company” MMC neftçixarma sənayesində istifadə olunan yüksək təzyiqli qazma borularının API standartı və 01 yanvar 2021-ci il tarixdən qüvvədə olan yeni yaradılmış ГОСТ31446-2017 standartının tələblərinə cavab verən polad boruların istehsalını həyata keçirməyə başlamışdır. Bu məqsədlə şirkət yüksək keyfiyyətli polad istehsal etmək üçün xüsusi seyrəkliyə malik vakuum mühitində maye poladın emal edilməsi sahəsində işləri həyata keçirir.

Tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, vakuumator qurğusunun tətbiqi poladın markasından asılı olaraq daha dərin emal prosesini həyata keçirməklə yüksək keyfiyyətli boru pəstahlarının istehsalına imkan verir [4, 6]. Qeyd edək ki, fasiləsiz tökmə pəstahlarının istehsalında soba-çalovda emal prosesi poladda qeyri-metal birləşmələr, o cümlədən oksidlər (FeO , MnO , SiO_2 , P_2O_5) və Fe, Na, K-un azotla duzlu birləşmələri, habelə nitridlər ($\text{Fe}(\text{NO}_2)_3$, NaNO_2 , KNO_2) və sulfidlərin (FeS , MnS , CuS , TiS) müəyyən dərəcədə təmizlənməsinə şərait yaradır.

Bundan başqa, sobada əritmə dövründə qaz və ovuntularla üfürmə, habelə çirkləndiricilərin kənarlaşdırılması üçün təsirsiz qaz mühitində vakuumator qurğusunda qalıq qazlardan təmizləmə poladı daha dərin emal etməyə imkan verir. Beləliklə, təsirsiz qazlar mühitində (Ar, He) vakuumator qurğusunda emal etməklə poladda olan O_2 , N_2 , H_2 kimi zərərli qazları maye poladdan daha dərinə təmizləmək və nəticədə keyfiyyətli məhsul əldə etmək olar.

Qeyd edək ki, yüksək təzyiq altında işləyən qazma boruları istehsalında maye poladın vakuumator qurğusunda emal edilməməsi metalın qazsızlaşdırılmasının tam həyata keçirilməsinə imkan vermir. Ona görə də borular markadan asılı olaraq sınaq müddətində 40-70 MPa təzyiqə yoxlanmaya davam gətirmir. Fikrimizcə, bunun əsas səbəbi əritmə prosesində yaranan qazlar və qeyri-metal birləşmələrin maye poladın tərkibindən tam kənarlaşdırıla bilinməməsidir. Hazırda bu məqsədlə “Baku Steel Company” MMC-də vakuumator qurğusunun quraşdırılması həyata keçirilir (şəkil 3).



Şəkil 3. Vakuumator qurğusunun sxemi

Bu qurğu maye metalla dolu çalovun vakuumator qurğusunun içərisinə yerləşdirilmə prinsipi ilə işləyir. Vakuumlaşdırma prosesini yaxşılaşdırmaq üçün metalı çalovun dibinə quraşdırılmış məsaməli tıxac vasitəsilə arqonla üfürülür.

Vakuumlaşdırma prosesinin kinetikasi. Poladın sənaye şəraitində vakuumla emal prosesini səmərəli aparmaq üçün qazsızlaşdırma reaksiyalarının sürəti və ona təsir edən amilləri bilmək lazımdır. Hidrogen və azotun kənarlaşdırılma kinetikasi prosesin aşağıdakı əsas mərhələlərinin getməsilə təyin olunur:

- metal-qaz ayırma səthinə qazın atomlarının daşınması;

- hidrodinamik qarışdırma olmadıqda incə diffuziya qatı vasitəsilə diffuziya (maye vanna nə qədər intensiv qarışdırılırsa, diffuziya qatının qalınlığı bir o qədər az olur);
- səthi adsorbsiya qatında qazın atomlarının adsorbsiyası;
- molekullaşma reaksiyaları və qaz molekullarının yaranması;

$$2H_{agc} = H_2 \text{ və ya } 2N_{agc} = N_2;$$

- yaranan molekulların qaz fazasına desorbsiyası;
- səthdən qaz molekullarının getməsi və ya miqrasiyası.

Bu halda reaksiyanın sürəti Fik diffuziyasının birinci qanunu ilə yazılan tənliklə təqdim oluna bilər:

$$\frac{dc}{d\tau} = k \frac{F}{V} \cdot (C_s - C), \quad (1)$$

$$\ln[(C_s - C)/(C_s - C_0)] = -k \frac{F}{V}, \quad (2)$$

$$\ln[(P_s - P)/(P_s - P_0)] = -k \frac{F}{V}, \quad (3)$$

burada $C - \tau$ vaxtı ərzində poladdakı qazların konsentrasiyası; C_s – maye poladın səthində qazların taraz konsentrasiyası; $C_0 - \tau=0$ vaxtında maye poladda qazların ilkin konsentrasiyası; $\frac{dc}{d\tau}$ – maye poladda həll olmuş qazların konsentrasiyasının dəyişmə sürəti; F – qazsızlaşdırmada səthin sahəsi; k – qazın tipi və maye poladın qarışdırılma intensivliyindən asılı olan kütləköçürmə əmsalı; V – maye poladın həcmi; P_s – tarazlıq yarandıqdan sonra maye polad üzərində qazların təzyiqi; $P - \tau$ vaxtından sonra maye polad üzərində qazların təzyiqi; P_0 – reaksiyanın başlanğıcında ($\tau=0$) maye polad üzərində təzyiqdir.

(1) - (3) tənliklərindən görünür ki, qazsızlaşdırma sürətinə aşağıdakı amillər kömək edir: maye poladın səthi üzərində təzyiqin azalması; kütlə köçürmənin böyük əmsalı; səthin emal olunan metalın həcminə yüksək nisbəti. Bizim hal, yəni maye poladın çalovda qazsızlaşdırılması halı üçün demək olar ki, əgər çalov vakuum kamerada yerləşdirilirsə, onda qazsızlaşdırma üçün səthin yararlı sahəsi F maye poladın səthinə bərabər olacaqdır, yəni nisbət çox da böyük olmaya bilər. Bu nisbət arqon və digər qazlarla üfurməklə qarışdırmada, metalın ayrı-ayrı paylarının emalında əhəmiyyətli artırıla bilər. Qarışdırma kütləköçürmə əmsalının K artmasına kömək edir. Metal-qaz səthini bloklayan və azotun kənarlaşdırılma prosesinin getməsinə mane olan səthi-aktiv aşqarların iştirakı da böyük həmiyyət kəsb edir.

Belə aşqarlar sırasına, hər şeydən əvvəl, oksigen və kükürd aid edilə bilər. Ona görə metalın oksigensizləşdirilməsi və kükürdsüzləşdirilməsi vakuumlaşdırmada azotun kənarlaşdırma şəraitini hiss olunacaq dərəcədə asanlaşdırır [7,8]. Vakuum altında metalın saflaşdırma prosesi eyni zamanda karbon oksidlərinin qabarcıqlarının ayrılması ilə gedən proseslə sürəklənir, çünki qabarcıqlar metalı intensiv qarışdırır, hidrogen və azotun parsial təzyiqləri sıfıra bərabər olduqda əlavə “vakuum kameraları” rolunda çıxış edirlər. Dəmirdə həll olmuş karbon və oksigenin qarşılıqlı təsir reaksiyasının limitləşdirici bəndi fazalararası səthin yaxınlığında kütləköçürmədir. Buna uyğun olaraq oksigen və karbonun konsentrasiyasının azalma sürəti aşağıdakı tənliklərlə yazılır:

$$\frac{d[O]}{d\tau} = k_o \frac{F}{V} \cdot ([O]_s - [O]), \quad (4)$$

$$\frac{d[C]}{d\tau} = k_c \frac{F}{V} \cdot ([C]_s - [C]), \quad (5)$$

burada k_o , k_c – oksigen və karbonun kütləköçürmə əmsalları, sm/san; $[O]$, $[C]$ – mayedə oksigen və karbonun konsentrasiyası, %; $\frac{F}{V}$ – səthin həcmə nisbətidir, sm^{-1} .

Maye metalın vakuumlaşdırma prosesini həyata keçirən zavodların təcrübəsinin təhlili göstərir ki, metal tullantılarının iştirakı ilə şixtənin elektrik sobasında əridilməsi və sonra çalovda vakuum şəraitində emalı nəticəsində daha yüksək təmizliyə malik polad pəstahlar almaq mümkündür. Beləliklə, “Baku Steel Company” MMC-də hazırda həyata keçirilən tədbirlər, o cümlədən vakuumator qurğusu ilə təchiz olunmuş Pəstahları Fasiləsiz Tökmə Maşınının işə salınması ölkə və MDB məkanında neftçixarma sənayesi üçün böyük dərinlik və təzyiqlərdə işləyən yüksək keyfiyyətli pəstahlar və onlardan boruların istehsalına imkan verəcəkdir.

Nəticə. Pəstahları Fasiləsiz Tökmə Maşınında (PFTM) radial hissənin əyrilik radiusunun 10,2m götürülməsi kvadrat və boru pəstahlarında daha əlverişli strukturun formalaşması və daha intensiv tökmə sürətinin seçilməsinə imkan verir, həm də bu halda pəstahlarda səth qüsurları müşahidə olunmur. Yeni quraşdırılan PFTM-də tökülən kvadrat və boru pəstahların yüksək keyfiyyətinə maye poladı bağlı konturla tökməklə nail olunur. Soba-çalov və vakuumator qurğularında maye metalı təsirsiz qaz mühitində üfürməklə boru pəstahlarının struktur və xassələrinin əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşması gözlənilir. Vakuumator qurğusunda emal olunan poladın tərkibində qeyri-metal ünsürlərin azaldılması hesabına əritmə müddətində qazlarla çirklənən poladın yüksək keyfiyyətini təmin etmək mümkündür.

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişaf Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir: Qrant №EIF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/02/1-M-02.

Ədəbiyyat

1. Kərimov R.İ., Quliyev F.T. Fasiləsiz tökmə pəstahları (qüsurlar, onların aradan qaldırılma tədbirləri). Bakı, Sabah, 2018. 144 s.
2. Рахманов С.Р., Тополов В.Л., Гасик М.И., Мамедов А.Т., Азимов А.А. Процессы и машины электрометаллургического производства. Баку-Днепр-Сабах, 2017. 568 с.
3. Фролов Я.В., Рахманов С.Р., Бабанлы М.Б., Керимов Р.И., Мамедов А.Т. Технологические процессы и станы холодной пильгерной прокатки труб. Днепр-Баку-Сабах, 2020, 303 с.
4. Величко А.Г., Рахманов С.Р., Бабанлы М.Б., Мамедов А.Т., Байрамов А.Т. Внепечная обработка при производстве высококачественных сталей. Монография. НМетАУ и АГУНП, Баку, 2021, 467 с.
5. Величко А.Г. Технологии підвищення якості сталі. Дніпропетровськ, 2016, 196 с.
6. Величко А.Г. Внепечная обработка стали. Днепропетровск: Системные технологии, 2005, 670 с.
7. Ярошенко Ю.Г. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии. Учеб. пособие: Екатеринбург, ООО “УИПУ”, 2012, 670 с.
8. Рахманов С.Р., Мамедов А.Т. и др. Машиностроительные материалы. Монография. НМетАУ и АзТУ, Баку, 2017, 410 с.

*Мəqalə qəbul olunub: 26.09.23
Təvsiyə edib: dos. Xankişiyev İ.A.*