

Mastering the Production of Hot-Deformed Casing from 32Г2 Steel at “Baku Steel Company” Ltd

**A.T. Mamedov¹, A.I. Babaev¹, N.Sh. Ismailov¹,
M.Ch. Huseynov¹, F.T. Guliyev²**

¹ *Azerbaijan Technical University (H. Javid ave. 25, Baku, AZ 1073, Azerbaijan)*

² *Baku Steel Company (15 Mir-Jalal (Darnagul), Baku, AZ 1029, Azerbaijan)*

For correspondence:

Mamedov Arif / e-mail: ariff1947@mail.ru

Abstract

The results of studies on the development of the production of casing pipes with a size of 114×7.4 mm from the steel 32Г2 according to GOST 31446-2017, ARI 5ST 10 edition, accuracy class 1 strength group H40 at “Baku Steel Company” Ltd are presented. In an electric arc furnace, several batches of steel graded 32Г2 were smelted from a charge consisting of metal waste and about 20% of metallized HBI pellets. Then, pipe blanks with a diameter of Ø130 mm were cast on a continuous casting machine (CCM). From these blanks, casing pipes with an outer diameter of Ø117 and a wall thickness of 7.4 mm were rolled on a piercing and rolling machine. After hot rolling of tubular billets, the casing pipes were subjected to thermal hardening. The tubes were heated in a continuous sectional furnace to the quenching temperature, then they were cooled with water from the outer surface, in a sprayer, and then subjected to tempering when leaving the furnace, i.e. there was a self-release with subsequent warm calibration and editing. When using low-alloy steel, the developed technology provides uniform structures and properties of the metal along the wall thickness. The strength class of casing pipes made of the steel 32Г2 corresponds to 1, and the strength group is H40.

Keywords: casing pipes, heat hardening, quenching and tempering, rolling, mechanical properties.

DOI 10.52171/2076-0515_2022_14_04_48_55

Received 31.05.2022

Revised 08.12.2022

Accepted 12.12.2022

For citation:

Mamedov A.T., Babaev A.I., Ismailov N.Sh., Huseynov M.Ch., Guliyev F.T.

[Mastering the production of hot-deformed casing from 32Г2 steel in the conditions of “Baku Steel Company”]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2022, vol. 14, no. 4, pp. 48-55 (in Russian)

“Bakı Polad Şirkəti” MMC şəraitində 32Г2 markalı poladdan isti deformasiya olunmuş qazma boruları istehsalının mənimlənməsi

**A.T. Məmmədov¹, A.İ. Babayev¹, N.Ş. İsmayilov¹,
M.Ç. Hüseynov¹, F.T. Quliyev²**

¹ Azərbaycan Texniki Universiteti (H. Cavid pr. 25, Bakı, AZ 1073, Azərbaycan)

² Bakı Polad Şirkəti MMC (Mir-Cəlal küçəsi 15 (Dərnəgül), Bakı, AZ 1029, Azərbaycan)

Yazıma üçün:

Məmmədov Arif / e-mail: ariff1947@mail.ru

Xülasə

“Bakı Polad Şirkəti” MMC şəraitində H40 möhkəmlik qrupu, 1-ci dəqiqlik sinfi, ГОСТ31446-2017 və API 5CT (10-cu redaksiya) standartlarına uyğun 32Г2 poladından 114×7,4 mm ölçüdə qazma boruları istehsalının mənimlənməsinə dair tədqiqatların nəticələri şərh olunmuşdur. Elektrik qövs sobasında 20%-dək metallaşdırılmış HBİ yuvarlaqları və metallik tullantılardan ibarət şixtədən 32Г2 markalı poladın bir neçə partiyası əridilmişdir. Sonra bu poladdan pəstahların fasiləsiz tökmə maşınında (PFTM) Ø130 mm olan boru pəstahları tökülmüşdür. Pəstahlardan dəşmə və yayma dəzgahlarında xarici diametri Ø117 mm və divar qalınlığı 7,4 mm qazma boruları yayılmışdır. Yayma əməliyyatından sonra qazma boru pəstahları termiki möhkəmləndirilməyə uğradılmışdır. Keçidli bölməli termiki sobada boru pəstahları tablandırma temperaturunadək qızdırılmış, sonra spreya xarici səthi su ilə soyudulmuş və sobadan çıxarılma zamanı pəstahlar tabəksiltməyə uğradılmışdır. Boru pəstahları sonrakı ilıq kalibrəmə və düzəltmə prosesində öz-özünə tabəksiltməyə uğramışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, isti deformasiya və termiki möhkəmləndirmə əsasında işlənmiş texnologiya azlegirlənmiş polad istifadə edildikdə, polad pəstahın bircins paylanmış strukturu və tələb olunan istismar xassələrini borunun bütün divar qalınlığı üzrə təmin edir. ГОСТ31446-2017 və API 5CT (10-cu redaksiya) standartlarına uyğun olaraq, 32Г2 markalı poladdan qazma borularının möhkəmlik sinfi 1 və möhkəmlik qrupu H40-a uyğun gəlir.

Açar sözlər: qazma boruları, termiki möhkəmləndirmə, tablandırma və tabəksiltmə, yayma, mexaniki xassələr.

DOI 10.52171/2076-0515_2022_14_04_48_55

УДК 621.569

Освоение производства горячедеформированных обсадных труб из стали марки 32Г2 в условиях ООО “Baku Steel Company”

**A.T. Мамедов¹, A.И. Бабаев¹, Н.Ш. Исмаилов¹,
М.Ч. Гусейнов¹, Ф.Т. Гулиев²**

¹ Азербайджанский технический университет (пр. Г. Джавида, 25, Баку, AZ 1073, Азербайджан)

² ООО Baku Steel Company (ул. Мир-Джалала, 15 (Дарнагюль), Баку, AZ1029, Азербайджан)

Для переписки:

Мамедов Ариф /e-mail: ariff1947@mail.ru

Аннотация

Приведены результаты исследований по освоению производства обсадных труб размером 114×7,4 мм из стали 32Г2 по ГОСТ31446-2017 и API 5CT 10 редакция, класс точности 1, группы прочности H40 в условиях ООО “Baku Steel Company”. В электродуговой печи выплавлены несколько партий стали марки 32Г2 из шихты, состоящей из металлических отходов и около 20% металлизированных окатышей HBİ. Затем на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) были отлиты заготовки труб диаметром Ø130 мм. Из этих заготовок на прошивном и прокатном станках были прокатаны обсадные трубы наружным диаметром Ø117 и толщиной стенки 7,4 мм. После горячей прокатки трубных заготовок обсадные трубы были подвергнуты термическому упрочнению. Нагрев труб производился в проходной секционной печи до температуры закалки, затем проводили охлаждение водой с наружной поверхности, в спреере, в последующем подвергали отпуску при выходе из печи, т.е. происходил самоотпуск с последующим теплым калиброванием и правкой. Установлено, при использовании низколегированной стали разработанная технология обеспечивает получение однородной структуры и свойств металла по всей толщине стенки заготовки. При этом прочность обсадных труб из стали марки 32Г2 соответствует классу 1, а группа прочности H40.

Ключевые слова: обсадные трубы, термическое упрочнение, закалка и отпуск, прокатка, механические свойства.

Введение

Важнейшей задачей повышения эффективности трубопрокатного производства является снижение металло- и энергоемкости продукции, существенное сокращение отходов и потерь за счет повышения точности размеров и качества труб. Реализация этой сложной задачи промышленности возможна путем использования инновационных металлургических технологий получения трубных сталей, комплексной оптимизации процесса прокатки и термического упрочнения с учетом ограничивающих факторов технологических процессов, в том числе и процесса термической обработки труб [1, 2].

Вместе с тем, снижение металлоемкости трубного производства можно достичь путем внедрения эффективных технологических процессов получения металлизированного окатыша, выплавки стали с его использованием в шихте в электродуговой печи и совершенствованием непрерывной разливки. Именно такая комплексная металлургическая технология получения трубных заготовок обеспечивает снижение металлоемкости изделий.

Однако еще не исчерпаны возможности экономии металла непосредственно в прокатном производстве [3, 4].

Следовательно, для экономии металла в трубном производстве важную роль может сыграть выбор оптимального технологического процесса термического упрочнения стали. Именно инновационная технология термического упрочнения как бурильных, муфтовых, так и обсадных труб обеспечивает необходимый класс прочности трубных изделий для нефтегазовой промышленности [5, 6, 7].

Непрерывная разливка стали длительное время не находила широкого применения из-за значительных трудностей разработки производственной технологии самой разливки, а также создания машин для осуществления этого технологического процесса.

При производстве стального слитка непрерывная разливка имеет существенные преимущества по сравнению с разливкой в обычные изложницы.

При непрерывной разливке получают химически более однородный, плотный слиток, что резко повышает выход годной трубной заготовки, а вместе с тем исключается необходимость иметь отделение по подготовке изложниц и поддонов, а также стрипперный участок, исключаются затраты на сменное оборудование, нужное при обычной разливке стали [8, 9].

Установлено, что себестоимость проката, в том числе трубной продукции, при применении технологии непрерывной разливки существенно снижается, значительно улучшаются во многих случаях и механические свойства, а также другие эксплуатационные характеристики стали.

Целью работы является освоение производства горячедеформированных обсадных труб из стали марки 32Г2 в условиях ООО *Baku Steel Company* и обеспечение комплекса механических свойств обсадных труб путем применения эффективной технологии термического упрочнения.

Исходные шихтовые материалы и методика проведения термического упрочнения обсадных труб

В качестве шихтовых материалов для получения стали марки 32Г2 были использованы обрезки лома, отходы и до 1% проволоочные изделия в соответствии с ГОСТ 2787-86. Для интенсификации процесса плавления металла в электродуговой печи в указанной шихте добавляли до 20% горячебрикетированного металлизированного окатыша НВІ. В электродуговой печи была произведена серия плавок из стали марки 32Г2 и осуществлена непрерывная разливка жидкой стали в обсадные трубные заготовки размерами 130 мм [10, 11]. Химический состав плавок представлен в таблице 1.

Из непрерывнолитых заготовок были получены горячедеформированные трубы размерами 114×7,4 мм.

После подготовки трубной заготовки к прокатку согласно ТИ-ТПУ-04-08-21 “Прокат горячедеформированных труб на трубопрокатном агрегате ТПА-250” загрузка заготовок на загрузочную решетку печи производилась пакетами поплавно. Количество заготовок в печи определялась ожидаемым темпом прокатки. Загрузка производилась равномерно, не допуская

повреждений в подине печи. Контролер при посадке заготовок каждой новой плавки производил отметку на контрольном месте посадки первой заготовки, с указанием плавки, марки стали, размера трубы и заготовки. Нагрев трубных заготовок производился в кольцевой печи. Время нагрева трубных заготовок составило 1 час 48 мин. Температурный режим кольцевой печи по зонам составили: 1 - 1230-1260°C, 2 - 1230-1260°C, 3 - 1220-1240°C, 4 - 1210-1230°C, 5 - 1170-1210°C, 6 - 970-1170°C.

Далее равномерно прогретая по всему сечению заготовка поступала на прошивной стан. Контроль температуры прошитой гильзы осуществлялся компенсационным потенциометром. Температура прошивки составила 1190-1220°C.

Прокатка труб на автоматическом стане осуществлялась с температурой 1150°C. Далее трубы обрабатывались на раскатном стане при температуре 900-950°C. Для получения равномерной толщины стенки и диаметра по всей длине трубы регулировались оси валков в вертикальных плоскостях, параллельных между собой. После захвата трубы регулировалось обжатие.

Таблица 1 – Химический состав стали, выплавленной в электродуговой печи из шихты “металлические отходы +20% НВІ”

Table 1 – Chemical composition of steel smelted in an electric arc furnace from the charge “metal waste + 20% НВІ”

№	Номера плавок	Химический состав, мас. %									
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Al	P	Si	Fe
1	107736	0,34	1,32	0,34	0,08	0,15	0,19	0,034	0,009	0,009	остал.
2	107735	0,34	1,23	0,28	0,10	0,15	0,23	0,031	0,011	0,009	-/-
3	107739	0,29	1,32	0,35	0,12	0,13	0,21	0,036	0,005	0,010	-/-
4	107787	0,31	1,23	0,31	0,11	0,15	0,21	0,032	0,001	0,003	-/-
5	107812	0,31	1,26	0,30	0,09	0,13	0,21	0,045	0,01	0,007	-/-

Далее равномерно прогретая по всему сечению заготовка поступала на прошивной стан. Контроль температуры прошивной гильзы осуществлялся компенсационным потенциометром. Температура прошивки составила 1190-1220°C.

Прокатка труб на автоматическом стане осуществлялась с температурой 1150°C. Далее трубы обрабатывались на раскатном стане при температуре 900-950°C. Для получения равномерной толщины стенки и диаметра по всей длине трубы регулировались оси валков в вертикальных плоскостях, параллельных между собой. После захвата трубы регулировалось обжатие.

На следующем этапе трубы поступали на калибровочный стан. Температура трубы на калибровочном стане колебалась в пределах 700-750°C. Правильность настройки калибровочного стана производилась периодически, проверкой геометрических параметров заготовки, особенно наружного диаметра трубы по всей длине.

Замер производился скобой (шаблоном) фактических значений диаметра труб из разных плавок. Контроль толщины стенки передних и задних концов готовых труб производился стенкомером (микрометром). С калибровочного стана трубы транспортировались на охлаждающий стол. Во время охлаждения производился контроль, чтобы в одной секции не было более одной трубы. Контроль качества проката осуществлялся путем отбора проб.

С разных плавок были отобраны патрубки размером 500 мм и переданы в лабораторию для сдаточных испытаний на соответствие ГОСТ 31446-2017 и API 5CT 10 редакция. Эти стандарты не устанавливают требований к работе удара для

групп прочности H40. Требования к работе удара приведены в ГОСТ 31446-2017 и API 5CT (10-е издание), а дополнительные требования в К.9 SR 16.

Механические свойства обсадных труб группы прочности H40 по ГОСТ 31446-2017 представлены в табл. 2, а по API 5CT (10-е издание) в табл. 3.

После удовлетворительных механических испытаний по ГОСТ 31446-2017 и API 5CT 10 редакция трубы были выложены на инспекционный стеллаж для визуального контроля. Визуальный контроль для обнаружения несовершенств поверхности осуществлялся обученным персоналом. Уровень освещенности поверхности составил 500 люкс.

На рис. 1 представлена микроструктура металла обсадных труб из стали 32Г2, полученной в условиях ООО "Baku Steel Company". Исходная микроструктура стали представлена ферритом и перлитом, дефектов в виде неметаллических включений, пор и иных пороков не обнаружено. Перлитная структура на фоне ферритных фаз распределена равномерно, карбиды марганца и цементитных включений не наблюдаются [12, 13].

Установлено, что после горячего деформирования стали 32Г2 при прошивке и прокатке микроструктура измельчается, четко выделяется текстура, границы ферритных фаз и перлита проявляется более отчетливо (рис. 2).

После горячего деформирования заготовки из стали 32Г2 формируется более однородная структура, которая обеспечивает получение достаточно высоких прочностных характеристик при наличии высокой вязкости.

Таблица 2 – Механические свойства металла группы прочности Н40 по ГОСТ 31446-2017

Table 2 – Mechanical properties of the metal of the strength group H40 according to GOST 31446-2017

Параметры		Норма	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Среднее значение	Примечание
Класс прочности		1	1	2	3	4	5		
Группа прочности		H40	плавка	плавка	плавка	плавка	плавка		
Тип		-	107739	107812	107735	107736	107787		
Минимальное относительное удлинение, %		21	26	26	24	28	21	25	-
Предел текучести, МПа	$\sigma_T \min$	276	493,1	447,7	503,9	464,6	442,5	470,36	-
	$\sigma_T \max$	552							
Предел прочности, МПа	$\sigma_B \min$	414	793,9	690,7	783,3	731,5	725,5	745,02	-
Твердость, не более	HRC	25-30	26	27	26	29	27	27	-
	HBW	130-140	140	135	130	140	135	135	-
Толщина стенки изделия, мм		7,4	7,40	7,42	7,39	7,39	7,40	7,40	-
Разброс твердости HRC, не более		5	3	2	2	2	2	2	-
Работа удара для поперечных образцов полного размера независимо от толщины стенки должна быть не менее, Дж		16	36,03	53,21	51,67	100	43,34	56,85	Указано среднее значение по каждой плавке

Таблица 3 – Механические свойства металла группы прочности H40 по API 5CT 10-е издание

Table 3 – Mechanical properties of the metal of the strength group H40 according to API 5CT 10th edition

Параметры		Норма	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Среднее значение	Примечание
Класс прочности		1	1	2	3	4	5		
Группа прочности		H40	плавка	плавка	плавка	плавка	плавка		
Тип		-	107739	107812	107735	107736	107787		
Минимальное относительное удлинение, %		21	26	26	24	28	21	25	-
Предел текучести, МПа	$\sigma_T \min$	276	493,1	447,7	503,9	464,6	442,5	470,36	-
	$\sigma_T \max$	552							
Предел прочности, МПа	$\sigma_B \min$	414	793,9	690,7	783,3	731,5	725,5	745,02	-
Твердость, не более	HRC	25-30	26	27	26	28	27	27	-
	HBW	130-140	140	135	130	140	135	135	-
Заданная толщина стенки, мм		7,4	7,40	7,42	7,38	7,39	7,40	7,40	-
Допустимое отклонение твёрдости HRC, не более		5	3	2	3	2	2	2	-
Минимальная требуемая абсорбированная энергия для полноразмерного поперечного образца CVN, cv, составляет по значениям толщины стенки (12 фут × фунт)		16	36,03	53,21	51,67	100	43,34	56,85	Указано среднее значение по каждой плавке
Минимальная требуемая абсорбированная энергия для полноразмерного поперечного образца CVN, cv, составляет по значениям толщины стенки (15 фут × фунт)		16							

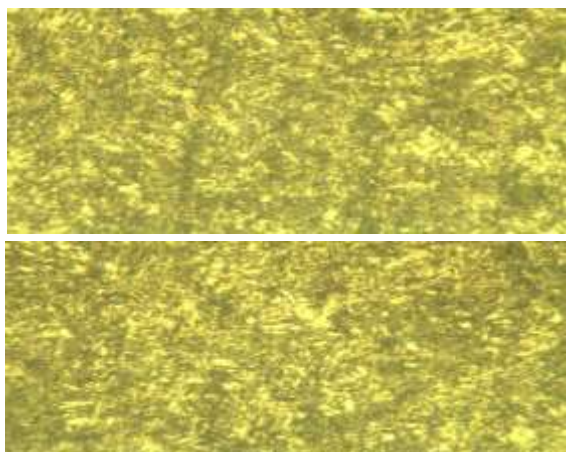


Рисунок 1 – Исходная микроструктура металла обсадной трубы из стали 32Г2 после непрерывной разливки
Figure 1 – Original microstructure of metal casing pipe made of 32G2 steel after continuous casting

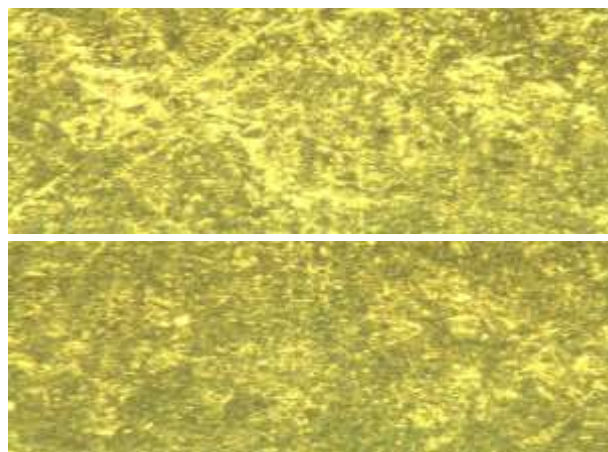


Рисунок 2 – Микроструктура металла обсадной трубы из стали 32Г2 после горячего деформирования
Figure 2 – Microstructure of metal casing pipe made of steel 32G2 after hot deformation

Следует констатировать факт, что из шихты, содержащей металлические отходы и 20% металлизированного окатыша, получена достаточно высокопрочная сталь марки 32Г2 для производства обсадных труб.

Заключение

В условиях третьего производственного участка ООО *Baku Steel Company* произведена опытная партия обсадных труб из стали 32Г2 по результатам опытного проката установлена возможность и эффективность производства труб с заданными геометрическими парамет-

рами и механическими свойствами с проката класса прочности 1, группы прочности Н40 из стали 32Г2 по ГОСТ 31446-2017 и API 5CT.

Анализ полученных данных позволяет составить технологическую инструкцию для производства обсадных труб из стали марки 32Г2 для нефтегазовой промышленности.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

REFERENCES

1. **Azimov A.A.** Povyshenie effektivnosti vnedreniya novykh materialov i tekhnologij v trubnom proizvodstve. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora filosofii po tekhnike. Baku, 2009, 180 s. *(in Russian)*
2. **Chubukov M.Yu.** Issledovanie stalej s razlichnymi variantami himicheskogo sostava, obespechivayushchimi povyshenie kachestva nepreryvnolityh zagotovok dlya nefte-gazoprovodnyh trub. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kand. tekhn. nauk. Volgograd, 2019, 153 s. *(in Russian)*

3. **Bannyj Yu.A.** Sovremennye puti rekonstrukciya cekhov po proizvodstvu trub dlya neftegazoprovodov. Sovremennye upravleniya proizvodstva svarnyh i besshovnyh trub iz chernyh i cvetnyh metallov. Tez. dokladov. Dnepropetrovsk, 2007, s. 250-260 (*in Russian*)
4. **Rahmanov S.R., Mamedov A.T. i dr.** Processy i mashiny elektrometallurgicheskogo proizvodstva. Baku-Dnepr: Sabah, 2017. 568 s. (*in Russian*)
5. **Gamidov F.D.** Issledovanie tekhnologii po povysheniyu hladostojkosti termomekhanicheski uprochnennyh obsadnyh trub. Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost. Dnepropetrovsk, №8/9, 2002, s. 449-450 (*in Russian*)
6. **Gamidov F.D.** Costayanie oborudovaniya dlya goryachej prokatki trub i puti ego sovershenstvovaniya na zavodah Azerbajdzhana. Byulleten nauchno-tekhnicheskoy informacii. *Chernaya metallurgiya*, Moskva, 2003, №5, s.59-61 (*in Russian*)
7. **Gafarov A.M., Sulejmanov P.G., Gafarov V.A.** Vliyanie tehnologicheskikh faktorov na strukturnoe sostoyanie poverhnostnogo sloja otvetstvennyh detalej mashin, ekspluatiruemyh v ekstremal'nyh usloviyah. *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*, 2013, t. 5, №1, s. 36-44 (*in Russian*)
8. **Smolyakov A.S., Shahov S.I., Kerimov R.I., Rafiev O.Yu.** Rekonstrukciya dejstvuyushchej sortovoj MNL3 "Baku Steel Company" s celyu litya kruglyh zagotovok dlya nuzhd trubnoj promyshlennosti. Byulletennauchno-tekhnicheskoy informacii. *Chernaya metallurgiya*, 2017, №1(1405), s.43-46 (*in Russian*)
9. **Shahov S.I., Kerimov R.I.** Zavershenie rekonstrukcii sortovoj MNL3 zavoda "Baku Steel Company" s celyu proizvodstva kruglyh trubnyh zagotovok. Byulleten nauchno-tekhnicheskoy informacii. *Chernaya metallurgiya*, 2017, №3, s.63-65 (*in Russian*)
10. **Kerimov R.I., Shahov S.I.** Ispolzovanie metallizovannogo syrya pri elektro-staleplavilnom proizvodstve. Moskva: *Chernaya metallurgiya*, 2019, №1, s.70-78 (*in Russian*)
11. **Kərimov R.İ., Quliyev F.T.** Fasiləsiz tökmə ilə Baku Steel Company MMC-də elektroqövs sobasında isti briketlənmiş (HBİ) yuvarlardan istifadə etməklə əritmə intensivliyinin artırılması və prosesin təhlili. Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri" mövzusunda 2-ci Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı, 28-30 noyabr 2017, s.47-48 (*in Azerbaijani*)
12. **Rahmanov S.R., Mamedov A.T. i dr.** Mashinostroitelnye, materialy. Monografiya. NMetAU i AzTU. – Baku: Sabah, 2017, 410 s. (*in Russian*)
13. **Kenichi Sumitomo.** Metal Ind. Yaponiya. Metody proizvodstva stalnyh besshovnyh trub, prepyatstvuyushchie obrazovanie raznotolshchinnosti, putem izmereniya tolshchiny stenki v goryachem sostoyanii i kontrolya velichiny razvedeniya valkov nepreryvnogo stana. Sovremennye upravleniya proizvodstva svarnyh i besshovnyh trub iz chernyh i cvetnyh metallov. Tez. dokl. Dnepropetrovsk, 2007, s. 256-262 (*in English*)

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки
при Президенте Азербайджанской Республики
Грант №EIF-MQM-ETS-2020 - 1(35)-08/02/1-M-02*