

УДК 621.778

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПРОВОЛОКИ В СОВМЕЩЕННОМ ПРОЦЕССЕ БЕСФИЛЬЕРНОГО ВОЛОЧЕНИЯ И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ

¹Пашенко К.Г., ¹Бахматов Ю.Ф., ¹Кальченко А.А., ¹Рузанов В.В.,
¹Михайлицин С.В., ¹Ярославцев А.В., ¹Ярославцева К.К., ¹Терентьев Д.В.,
¹Шекшеев М.А., ¹Тютеряков Н.Ш., ²Шашкин Д.А., ²Кальченко А.А.

¹ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: mgtu@magtu.ru;

²ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», Магнитогорск

Традиционно проволоку получают из катанки. Перед волочением через волок (фильеры) с поверхности катанки удаляют окалину. Волочение без использования фильер (бесфильерное) позволяет вести обработку катанки без удаления окалины, т.е. создать совмещенный процесс удаления окалины и волочения. Для исследования процесса бесфильерного волочения авторами создана экспериментальная установка с кинематически заданной вытяжкой. На установке исследованы геометрические характеристики проволоки после бесфильерного волочения.

Ключевые слова: пластичность, твердость, временное сопротивление разрыву, бесфильерное волочение, волочильный стан, волока, проволока, катанка, удаление окалины, ультразвук, обжатия, вытяжки

COMPARATIVE PROPERTIES OF THE WIRE IN THE INTEGRATED PROCESS OF DRAWING WITHOUT DIE PLATES AND ROD SURFACE DESCALING

¹Paschenko K.G., ¹Bakhmatov Y.F., ¹Kalchenko A.A., ¹Ruzanov V.V.,
¹Mikhaylitsyn S.V., ¹Yaroslavtsev A.V., ¹Yaroslavtseva K.K., ¹Terentev D.V.,
¹Shekshchev M.A., ¹Tyuteryakov N.S., ²Shashkin D.A., ²Kalchenko A.A.

¹Nosov Magnitogorsk State Technical University, Chelyabinsk region, Magnitogorsk,
e-mail: mgtu@magtu.ru;

²Magnitogorsk Iron and Steel Works, Magnitogorsk

Usually wire is produced from wire rod. The surface of wire rod is descaled before die plate drawing. The drawing without die plates (dieless drawing) makes it possible to process the rod without descaling that is to provide integrated process of descaling and drawing. To study the process of drawing without die plates the authors developed the experimental facility with kinematically preset drawing out. There were compared different parameters of wire rod drawing without using die plates and traditional drawing on the facility.

Keywords: ductility, hardness, tensile strength, drawing without die plates, drawing mill, die plates, wire, rod, descaling, ultrasound, compression, drawing out

Повышение эффективности технологических процессов обеспечивается разработкой операций, имеющих близкие значения оперативного времени, позволяющих создавать непрерывные блоки технологических операций [1, 3]. Такой подход приводит, кроме всего прочего, к уменьшению времени переходных процессов, влияющих на экономические показатели и показатели качества продукции. Так как определяющей операцией при обработке катанки является волочение, то операции подготовки поверхности катанки к волочению должны иметь оперативное время, близкое со временем пластической деформации. Имеется много технологических решений конструирования таких операций, в частности [2], в которых собственно операция волочения производится на традиционном волочильном инструменте. Именно это создает определенные трудности, связанные с из-

носостойкостью волок. Те же проблемы возникают в процессах знакопеременного изгиба с растяжением – окалиноломанием. Но развитие этого направления, связанного со значительным увеличением вытяжки до 1.5–2.0, позволяет совместить две операции без использования волок на первых проходах [3, 4, 5, 6, 16, 17, 18]. Проведенные исследования в этом направлении позволили создать новый инструмент для решения задачи совмещения двух операций: удаления окалины и пластической деформации [2]. Операция вытяжки проволоки без использования волок по современной терминологии попадает под понятие – «бесфильерное волочение», операция предполагает ввод в очаг деформации дополнительной энергии: тепловой – нагрев, механической – изгиб, – ультразвук и т. д. [4, 3, 16, 17, 18].

Цель исследований. Для оценки возможности дальнейшей обработки прово-

локи волочением были исследованы механические свойства и микроструктура проволоки, полученной фильерным и бесфильерным способами.

Материалы и методы исследования

Для исследования процесса бесфильерного волочения создана экспериментальная установка с кинематически заданной вытяжкой [2, 5, 6, 17, 18]. В исследованиях образцов оценивались: запас пластичности, микротвёрдость, шероховатость поверхности, дефекты, микроструктура.

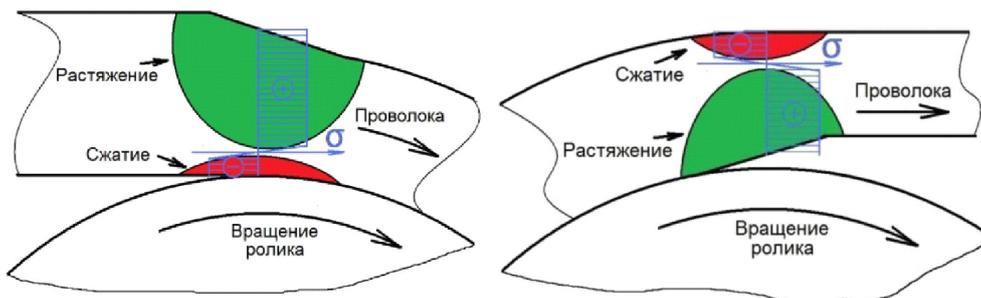


Рис. 1. Области пластической деформации при намотке (слева) проволоки на ролик с натяжением и область схода проволоки с ролика (справа)

Исследования проводились в соответствии с методами испытаний, определения и описания параметров результатов, которые установлены стандартами: ГОСТ 5639-82, ГОСТ Р 50708-94, ГОСТ 1579-93 (ИСО 7801-84), ГОСТ Р 50708-94, ГОСТ 2789-73, ГОСТ 9450-76 и другими.

Конструкция технологической установки для реализации способа для бесфильерного волочения включает в себя бесфильерную волоку с отражательным элементом, создающим режим стоячей волны для ультразвуковых колебаний [2, 3, 4, 5, 6, 16, 17, 18]. Схема предусматривает изменение кинематики движения проволоки, которое создает дополнительные напряжения изгиба, суммирующиеся с продольными растягивающими напряжениями. В определенных случаях эти напряжения приводят к пластической деформации. Упрощенно схему деформации проволоки можно представить как два очага деформации на изгибе и разгибе (рис. 1).

Для изучения механических свойств с помощью испытаний создавались образцы проволоки, полученной фильерным (волочением в волоку) и бесфильерным методом растяжения – изгиба (по схеме на рис. 1), с различными степенями деформации из отожженной проволоки диаметром 1,2 мм, с внесением ультразвука и без ультразвука. Образцы, полученные бесфильерным волочением, изначально деформировались до несколько больших поперечных сечений, чем образцы, протянутые через волоку. Для совпадения поперечных сечений после бесфильерного волочения образцы калибровались через волоку, на которой проводилось фильерное волочение.

В устройстве поверхность металла испытывает растяжение – сжатие, аналогично протяжке в роликовых окалиноломателях, но при значительном растяжении, вплоть до достигаемых в фильерах вытяжек и более.

Результаты исследования и их обсуждение

В экспериментах удается получить стабильный процесс волочения заготовки покрытой окалиной, с чистой матовой поверхностью на выходе Ra 30 для обжатий 30–50% (рис. 2). Проволока, полученная бесфильерным способом, с обжатиями более 50% обладает еще более высокой шероховатостью, Ra до 50 микрон и выше.

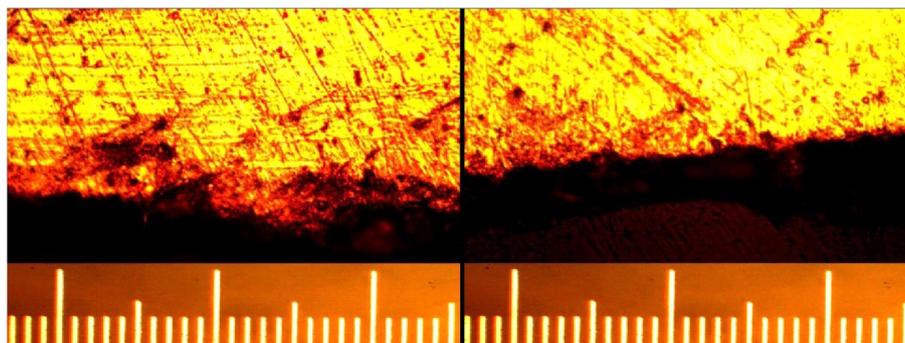


Рис. 2. Срез вдоль оси проволоки, слева полученная бесфильерным волочением проволока, справа фильерным, обжатия 40%, шкала 0,01 мм

В микроструктуре проволоки полученной фильерным и бесфильерным способами, не выявлено различий. По ГОСТу 5639-82 «Методы выявления и определения величины зерна» для сечения вдоль

и поперек измерили зернистость образцов из металла «Сталь 10» после 30% обжатий. На рисунке 3 показаны панорамные микроструктуры. Влияние способа волочения на микроструктуру не выявлено.

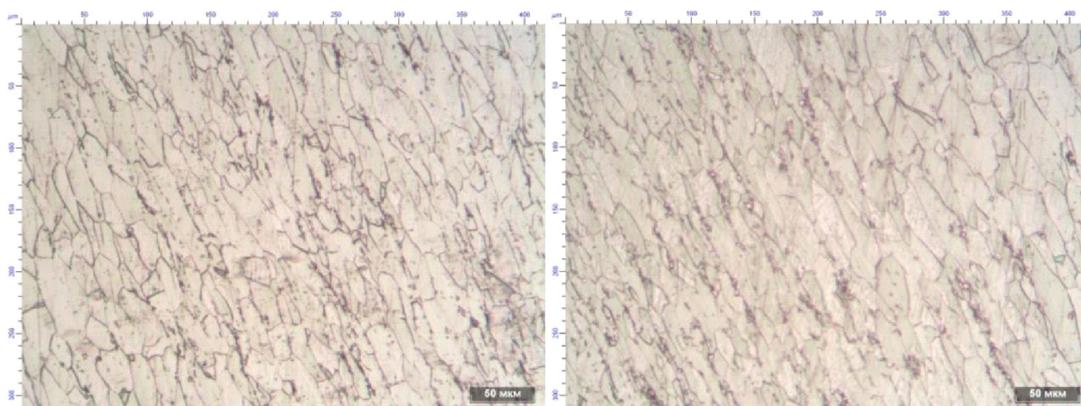


Рис. 3. Панорамные микроструктуры. Слева бесфильерное волочение, справа фильерное

Твердость с ростом величины деформации для бесфильерного волочения растет заметно медленнее, чем для фильерного волочения. Для всех достигнутых на лабораторной установке степеней деформации твердость после бесфильерного волочения ниже не более чем на 15% по отношению к фильерному. Но при бесфильерном волочении внесение в очаг деформации ультра-

звукового поля может повысить твердость до любых значений, достижимых наклепом для используемой марки стали. Распределение твердости для бесфильерного волочения отличается в зависимости от направления измерения: вдоль направления изгибов твердость выше. На рис. 4 показано распределение твердости по поперечному срезу проволоки для обжатий в 30%.

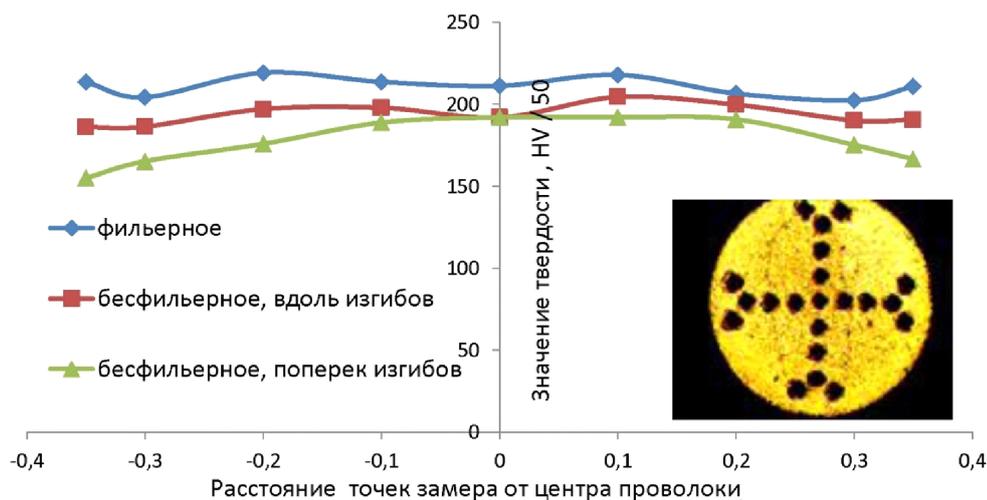


Рис. 4. Сравнительные результаты измерения твердости по Микро-Виккерсу для бесфильерного волочения и для фильерного волочения при 30% обжатиях, справа панорама отпечатков на торце проволоки, металл образцов Сталь 10

В результате не выявлено существенных различий и в пластических свойствах проволоки, полученной двумя способами до обжатию в 40%. Например, образцы проволоки для 30% обжатию выдерживают 14 перегибов (на роликах 2.5 мм) при фильерном волочении в волоке и для 14-16 перегибов при бесфильтерном волочении, в зависимости от направления перегиба. При больших деформациях для бесфильтерного волочения изгибом-растяжением характерно стремительное разрушение образцов при незначительных нагрузках. Так, уже при деформации изгибом – растяжением до обжатию в 50–60% количество возможных перегибов отличается в разы. При еще больших деформациях изгибом – растяжением образцы совсем теряют пластичность, разрушаясь при 1–2 перегибах, образцы разрушаются и потому, что образуются периодические шейки. При бесфильтерном волочении ультразвуковые колебания негативно влияли на пластичность образцов при любых степенях деформации. При совмещении бесфильтерного волочения и последующего волочения в волоках достигается сближение пластичности проволоки с пластичностью проволоки, полученной традиционным волочением. Пластичность в совмещенном процессе волочения при благоприятных параметрах для бесфильтерного волочения, например при небольшой доле деформаций изгибом – растяжением (вклад бесфильтерного волочения в общую деформацию до 20%, обжатию до 10%) и малом количестве перегибов (до четырех), при большом натяжении (80–90% от предела текучести), даже выше, чем для волочения только в волоках.

Временное сопротивление разрыву при бесфильтерном волочении показало значительно меньший рост с увеличением степени деформации, чем при фильерном волочении, причем при всех величинах вытяжек и для всех марок сталей. Разницы в усилиях разрыва образцов, полученных фильерным и бесфильтерным волочением росли со степенью деформации, от разницы в 8% для обжатию 15%, и до разницы в 70% и более для обжатию 50%. При бесфильтерном волочении ультразвуковые колебания повышали усилия разрыва образцов при увеличении интенсивности звука. Усилия разрыва при бесфильтерном волочении поднимались до значений несколько меньших (на 10–60%), чем достигаются наклепом.

Заключение

Проволока, полученная бесфильтерным волочением методом изгиба – растяжения по предложенной технологии, уступает проволоке, полученной традиционным способом – фильерным волочением по двум важнейшим характеристикам: временному сопротивлению разрыву и пластичности. Но если использовать бесфильтерное волочение в первом проходе для деформаций с обжатию не более чем в 30–35% и с последующим волочением в фильерах, то разницы в механических свойствах со значений в 10–15% уменьшатся до значений 2–10% или совсем исчезнут, в зависимости от последующих величин деформаций. Таким образом, предварительные исследования пластического растяжения с изгибом показали возможность использования предложенной схемы деформации для реализации совмещенного процесса очистка от окалины – волочение. Исследования позволили построить аналитическую модель для ресурса пластичности [4, 6], усталостной прочности для проволоки при знакопеременных нагрузках изгиба – растяжения. Такая модель актуальна для решения задач механики сплошных сред при прогнозировании работоспособности алмазно-кнатного инструмента [7–15].

Список литературы

1. Бахматов Ю.Ф., Носков Е.П., Голубчик Э.М. Конструирование совмещенных процессов в метизном производстве. – Магнитогорск: Магнитогорская государственная горно-металлургическая академия им. Г.И. Носова, Южно-Уральское отделение Российской инженерной академии. – М.: 1994. – 92 с.
2. Бахматов Ю.Ф., Пашенко К.Г. Устройство для волочения проволоки с ультразвуком через калибр сформированный бойками резонансных размеров, с динамическим замыканием изделием (проволокой) зазора между ними // Патент на полезную модель РФ № 122920, 12.07.2012.
3. Бахматов Ю.Ф., Пашенко К.Г. Технологические основы пластической обработки катанки в совмещенном процессе бесфильтерного волочения с ультразвуком // Сталь. – 2014. – №8. – С. 80–82.
4. Бахматов Ю.Ф., Пашенко К.Г., Абдулин Э.М., Ежов О.В., Смирнов Н.В. Технологические основы пластической обработки катанки в совмещенном процессе с воздействием ультразвуком // Обработка сплошных и слоистых материалов, 2013. № 1 (39). С. 89-92.
5. Бахматов Ю.Ф., Пашенко К.Г., Кальченко А.А., Белов А.С., Тютеряков Н.Ш. Совмещенный процесс бесфильтерного волочения и очистки поверхности катанки // Металлург. – 2014. – № 4. – С. 88–91.
6. Пашенко К.Г., Бахматов Ю.Ф., Голубчик Э.М. Влияние пластического растяжения – изгиба в совмещенном процессе удаления окалины – волочения на свойства проволоки // Сталь. – 2011. – № 3. – С. 47-49.
7. Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С. The research of high-strength dimension stone mining technological schemes

in Russia and abroad // Сборник научных трудов Sworld. Выпуск 2. Том 11. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. – С. 64–73.

8. Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С., Шапов В.Н. Features of diamond-wire saws application for rock overburden removal at marble quarry construction // Сборник научных трудов Sworld. Выпуск 3. Том 14. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. – С. 39–42.

9. Першин Г.Д., Пшеничная Е.Г., Уляков М.С. Влияние режима управления работой канатной пилы на ее производительность // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – С. 54–63.

10. Першин Г.Д., Уляков М.С. Анализ влияния режимов работы канатных пил на себестоимость отделения монолитов камня от породного массива // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 2. – С. 125–135.

11. Першин Г.Д. и др. Влияние режимов работы канатных пил на себестоимость отделения монолитов камня от массива породы / Г.Д. Першин, С.А. Голяк, Н.Г. Караулов, М.С. Уляков, И.С. Сорокин, Р.Ф. Иштакбаев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11. – С. 350-354.

12. Першин Г.Д., Уляков М.С. Обоснование комбинированного способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2013. – № 4. – С. 20-30.

13. Першин Г.Д., Уляков М.С. Повышение эффективности разработки месторождений блочного высокопрочного камня // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 7. – С. 10-18.

14. Уляков М.С. Обоснование комбинированного способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2013.

15. Уляков М.С. Особенности применения карьерных погрузчиков при добыче блочного камня высокой прочности // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. – Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – С. 69-75.

16. Харитонов В.А., Иванцов А.Б., Лаптева Т.А.. Обработка проволоки растяжением. – Магнитогорск: Изд-во: Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 162 с.

17. Bakhmatov Y.F., Pashchenko K.G. Plastic Machining of Wire Rod in Die-Free Drawing, in the Presence of Ultrasound // Steel in Translation. – 2014, Vol. 44, № 8. – pp. 607–609.

18. Pashchenko K.G., Bakhmatov Y.F., Golubchik E.M. Influence of plastic tension-flexure on the wire properties in scale removal and drawing // Steel in Translation. – 2011. – Vol. 41, № 3. – pp. 246–249.

References

1. Baxmatov Y.F., Noskov E.P., Golubchik E.M. Konstruivanie sovmeshennykh processov v metiznom proizvodstve // Magnitogorskaya gosudarstvennaya gornometallurgicheskaya akademiya im. G.I. Nosova, Yuzhno-Uralskoe otdelenie Rossijskoj inzhenernoj akademii. – M., 1994. – 92 p.

2. Baxmatov Y.F., Pashhenko K.G. Ustrojstvo dlya volocheniya provoloki s ultrazvukom cherez kalibr sformirovannyj bojkami rezonansnyx razmerov, s dinamicheskim zamykaniem izdeliem (provolojkoj) zazora mezhdu nimi // Patent na poleznuyu model RF № 122920, 12.07.2012.

3. Baxmatov Y.F., Pashhenko K.G. Teknologicheskie osnovy plasticheskoj obrabotki katanki v sovmeshennom

processe besfilernogo volocheniya s ultrazvukom // Stal. – 2014. – №8. – pp. 80-82.

4. Baxmatov Y.F., Pashhenko K.G., Abdulin E.M., Ezhov O.V., Smirnov N.V. Teknologicheskie osnovy plasticheskoj obrabotki katanki v sovmeshennom processe s vozdejstviem ultrazvukom // Obrabotka sploshnyx i sloistyx materialov. – 2013. – № 1 (39). – pp. 89-92.

5. Baxmatov Y.F., Pashhenko K.G., Kalchenko A.A., Belov A.S., Tyuteryakov N.S. Sovmeshennyj process besfilernogo volocheniya i ochistki poverxnosti katanki // Metallurg – 2014. – № 4. – pp. 88–91.

6. Pashhenko K.G., Baxmatov Y.F., Golubchik E.M. Vliyanie plasticheskogo rastyazheniya – izgiba v sovmeshennom processe udaleniya okaliny – volocheniya na svojstva provoloki // Stal. – 2011. – № 3. – pp. 47-49.

7. Pershin G.D., Karaulov N.G., Ulyakov M.S. The research of high-strength dimension stone mining technological schemes in Russia and abroad // Sbornik nauchnyx trudov Sworld. Vyp. 2. Tom 11. – Odessa: KUPRIENKO, 2013. – pp. 64-73.

8. Pershin G.D., Karaulov N.G., Ulyakov M.S., Sharov V.N. Features of diamond-wire saws application for rock overburden removal at marble quarry construction // Sbornik nauchnyx trudov Sworld. Vyp. 3. Tom 14. – Odessa: KUPRIENKO, 2013. – pp. 39-42.

9. Pershin G.D., Pshenichnaya E.G., Ulyakov M.S. Vliyanie rezhima upravleniya rabotoj kanatnoj pily na ee proizvoditel'nost // Dobycha, obrabotka i primenenie prirodnogo kamnya: sb. nauch. tr. – Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. texn. un-ta im. G.I. Nosova, 2012. – pp. 54-63.

10. Pershin G.D., Ulyakov M.S. Analiz vliyaniya rezhimov raboty kanatnyx pil na sebestoimost' otdeleniya monolitov kamnya ot porodnogo massiva // Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznyx iskopaemyx. – 2014. – № 2. – pp. 125-135.

11. Pershin G.D. i dr. Vliyanie rezhimov raboty kanatnyx pil na sebestoimost' otdeleniya monolitov kamnya ot massiva породы / G.D. Pershin, S.A. Golyak, N.G. Karaulov, M.S. Ulyakov, I.S. Sorokin, R.F. Ishtakbaev // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamental'nyx issledovanij. – 2014. – № 11. – pp. 350-354.

12. Pershin G.D., Ulyakov M.S. Obosnovanie kombinirovannogo sposoba podgotovki k vyemke blochnogo vysokoprochnogo kamnya // Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Gornyj zhurnal. – 2013. – № 4. – pp. 20-30.

13. Pershin G.D., Ulyakov M.S. Povyshenie effektivnosti razrabotki mestorozhdenij blochnogo vysokoprochnogo kamnya // Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Gornyj zhurnal. – 2014. – № 7. – pp. 10-18.

14. Ulyakov M.S. Obosnovanie kombinirovannogo sposoba podgotovki k vyemke blochnogo vysokoprochnogo kamnya: avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. – Magnitogorsk, 2013.

15. Ulyakov M.S. Osobennosti primeneniya kar'ernyx pogruzchikov pri dobyche blochnogo kamnya vysokoj prochnosti // Dobycha, obrabotka i primenenie prirodnogo kamnya: sb. nauch. tr. – Magnitogorsk: izd-vo Magnitogorsk. gos. texn. un-ta im. G.I. Nosova, 2011. – pp. 69-75.

16. Xaritonov V.A., Ivancov A.B., Lapteva T.A.. Obrabotka provoloki rastyazheniem. – Magnitogorsk: izd-vo: Magnitogorsk. gos. texn. un-ta im. G.I. Nosova, 2012. – 162 p.

17. Bakhmatov Yu.F., Pashchenko K.G. Plastic Machining of Wire Rod in Die-Free Drawing, in the Presence of Ultrasound // Steel in Translation. – 2014ю – Vol. 44, № 8ю – pp. 607–609.

18. Pashchenko K.G., Bakhmatov Y.F., Golubchik E.M. Influence of plastic tension-flexure on the wire properties in scale removal and drawing // Steel in Translation. – 2011ю – Vol. 41, № 3. – pp. 246–249.