

УДК 62-987

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РІЗАННЯ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ З МЕТАЛЕВИМ ОБПЛЕТЕННЯМ НА РУЧНИХ ВІДРІЗНИХ МАШИНАХ

Л.Є. Пелевін*, Ю.Д. Абрашкевич, Г.М. Мачишин, М.М. Карпенко

Київський національний університет будівництва і архітектури,
03680, Повітрофлотський просп., 31, Київ, Україна, pelevin_leonid@ukr.net

АНОТАЦІЯ. Розглянуто проблему технології різання рукавів високого тиску на ручних відрізних машинах. Пропонована технологія виключає прокручування та згинання рукава високого тиску в процесі різання, внаслідок чого виключається розпушення металевої обплітки, що дозволяє продовжити експлуатацію рукавів високого тиску.

Ключові слова: рукав високого тиску, обплетення, абразивний армований круг.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЗКИ РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОПЛЕТКОЙ НА РУЧНЫХ ОТРЕЗНЫХ МАШИНАХ

Л.Е. Пелевин*, Ю.Д. Абрашкевич, Г.М. Мачишин, М.М. Карпенко

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
03680, Воздухофлотский просп., 31, Киев, Украина, pelevin_leonid@ukr.net

АННОТАЦИЯ. Рассмотрена проблема технологии резки рукавов высокого давления на ручных отрезных машинах. Предлагаемая технология исключает прокрутки и гибку рукава высокого давления в процессе резки, вследствие чего исключается разрыхления металлической оплетки, что позволяет продлить эксплуатацию рукавов высокого давления.

Ключевые слова: рукав высокого давления, оплетки, абразивный армированный круг.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF CUTTING OF HIGH PRESSURE HANDLES WITH METAL INSTRUMENTATION ON MANUAL MISCELLANEOUS MACHINES

L.E. Pelevin*, U.D. Abrashkevich, G.M. Machishin, M.M. Karpenko

Kyiv National University of Construction and Architecture
03680, Povitroflotsky av.31, Kyiv, Ukraine, pelevin_leonid@ukr.net

ABSTRACT. The problem of cutting technology of high pressure on the manual cutting machines. The proposed technology eliminates scrolling and bending High pressure during cutting, resulting in loosening of the metal braid is excluded, allowing to extend the operation of a high pressure hose.

Keywords: high pressure hose, braid, reinforced abrasive wheel.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій. З часом, машини на основі гідроприводу потребують ремонту чи заміни складових системи, а саме рукавів високого тиску (РВТ). Вони застосовуються в якості гнучкого трубопроводу в гідросистемах машин і механізмів для транспортування мінеральних олів, гідравлічних рідин, рідкого палива, водомасляних емульсій та широко застосовуються в дорожньо-будівельній, гірничодобувній, сільськогосподарській, лісозаготівельній, нафтогазовидобувній промисловості. РВТ піддаються значним навантаженням, значним перепадам тиску, забезпечуючи стабільне функціонування обладнання. Технологічно правильно виготовлений РВТ забезпечує максимальну продуктивність пропуску робочої рідини, а також мінімізує втрати в гідроприводі. Однією з масових операцій при виготовленні РВТ є його різання на відповідні довжини. На малих та середніх підприємствах у більшості випадків застосовують ручні відрізні машини. Однак, при їх використанні виникає

технологічна проблема: кінці відрізаного РВТ не відповідають вимогам для подальшого використання [1], так як розпушення металевго обплетення не дозволяє проводити подальші операції виготовлення РВТ, а в деяких випадках і взагалі можливе потрапляння металевих частин в гідросистему.

Мета роботи. Удосконалення технології різання рукавів високого тиску з металевим обплетенням на ручних відрізних станках, а також визначення зміни сил різання рукавів високого тиску при різних параметрах та технологіях різання експериментальним шляхом.

Викладення основного матеріалу дослідження. Рукава високого тиску застосовуються в гідравлічних системах різних машин і механізмів (будівельні та дорожні машини, лісозаготівельна техніка, підйомно-транспортне обладнання, автотракторна, сільськогосподарська техніка, промислове обладнання і т.д.), для транспортування гідравлічних рідин, моторних олів, рідкого палива і т.д.. Як правило, РВТ не армовані, але посилені одним або декількома шарами спірального чи перехресного сталевго обплетення для досягнення необхідного запасу міцності на розрив У більшості випадків рукав складається з трьох основних елементів конструкції: внутрішнього гумового шару, або камери; підсилюючого шару, або силового каркаса; зовнішнього гумового шару, або захисного покриття. Камера забезпечує герметичність рукава, його опір хімічній і фізичній дії робочого середовища. Силовий каркас призначений для сприйняття механічних напружень: внутрішні від тиску рідини; зовнішні від впливу зовнішніх факторів (стирання та інші механічні дії, атмосферні фактори і т. д.) (рис. 1) [2].



Рис. 1. Структурна схема рукава високого тиску:

а) – РВТ з одним металевим обплетенням 1SN; б) – РВТ з двома металевими обплетеннями 2SN

На великих підприємствах по виготовленні рукавів високого тиску (IMM Hydraulics, Hupress, Madejski) для відрізання використовують сучасні слідкуючі відрізні машини зі змінною подачею відрізного круга (рис. 2, а), що забезпечує чистоту зрізу кромки РВТ та відсутність розпушення металевго обплетення (рис. 3, а).



Рис. 2. Відрізни машини РВД:
а) – автоматична; б) – ручна

При використанні ручних відрізних машин (рис. 2, б) кінці відрізаного РВД не відповідають вимогам для подальшого використання, так як відбувається розпушення металевого обплетення (рис. 3, б). Внаслідок чого подальші операції з виготовлення чи ремонту РВД (обтискання та фітингування) неможливо виконувати без попереднього зачищення кромки, а в деяких випадках при використанні даних рукавів і взагалі можливе потрапляння металевих частин в гідросистему.



Рис. 3. Торцеві зрізи РВД:
а) – на автоматичній машині; б) – на ручній машині

Для усунення розпушення металевої оплітки при різанні на великих підприємствах застосовуються автоматичні відрізни машини зі змінною подачею ріжучого елемента, а також із поступовою фіксацією РВД. На ручних відрізних машинах дана технологія не доступна, тому актуальним постає питання в удосконаленні технології різання для уникнення розпушування металевого каркасу обплетення РВД.

Дослідження виконувалися на базі підприємства «Гідрохаус» (м. Київ, Україна). Під час досліджень було проведено декілька технологічних випробувань по ефективності усунення розпушення металевого обплетення при різанні РВД на ручній відрізній машині. Різанню підлягали РВД з одним металевим обплетенням 1SN та з двома металевими обплетеннями 2SN.

Одним із способів є поверхнева намотування на місце відрізу термостійкої волокнистої плівки (рис. 4, а), яка частково стримує розпушення металевого каркасу обплетення, але не повністю усувають їх, так як, виникають додаткові зовнішні зусилля P_d . Використання даного методу малоефективне та вимагає затрати додаткового часу в умовах постійної роботи. [3, 4]

Іншим способом є подача стиснутого повітря по всій довжині РВТ для створення додаткових внутрішніх сил P_{di} (рис 4, б) внаслідок чого відбувається вирівнювання зовнішніх і внутрішніх сил, що діють на РВТ в момент різання.[3, 4]

Даний метод не ефективний, затрата часу на постійну зміну РВТ різних діаметрів та постійне підключення, відключення подачі стиснутого повітря до кінців РВТ займає значну частину часу самого технологічного процесу виготовлення РВТ.



Рис. 4. Додаткові способи різання РВД:

а – використання термостійкої волокнистої плівки; б – використання стиснутого повітря

Під час виконання експериментальних досліджень по різанню встановлено, що оптимальним методом різання РВТ є жорстке закріплення рукава максимально близько по відношенню до ріжучого елемента (відрізного диска) (рис. 6).

У роботі нормальні та тангенціальні зусилля різання визначалися під час різання РВТ з однією (1SN) та двома (2SN) металевими обплетеннями. Дослідження проводилися при різанні способом врізання. Силкові параметри досліджувалися на експериментальному стенді. Стенд створений на базі ручної відрізної машини TAGLTF2D/E, параметри якої наведені в табл. 1.

Табл. 1. Параметри ручної відрізної машини TAGLTF2D/E

Максимальний діаметр РВД, що розрізають	75 мм (2.953")
Обертів у хвилину	2900
Діаметр відрізного диска, мм	250 мм (9.843")
Похибка вимірів	± 2%
Стандартна напруга	400V
Потужність двигуна, кВт	3
Вага, кг	42
Габарити (ДхШхВ), мм	665x700x420
Система захисту	Присутня

Запропонований метод різання рукавів полягає в максимально наближеній фіксації точок закріплення РВТ по відношенню до точки розрізання відрізним кругом (рис. 5) та в збільшенні швидкості подачі відрізного круга. Внаслідок чого повністю виключається можливість руху РВТ рукава в процесі різання ручною машиною.

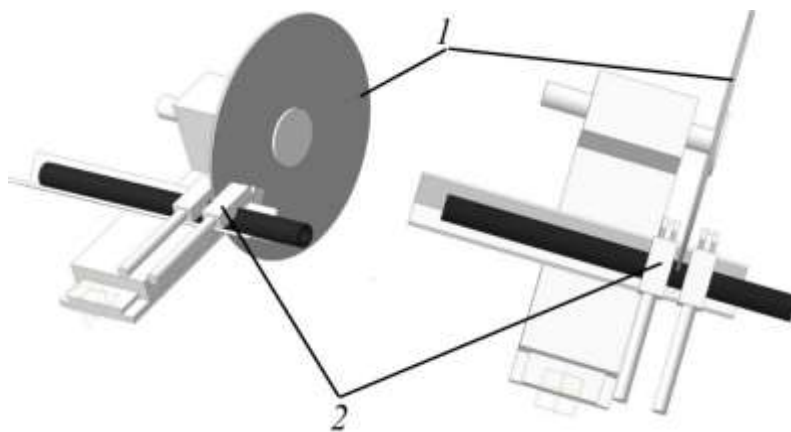


Рис. 5. Схема фіксації рукава високого тиску відносно відрізного диска:
1 – відрізний круг; 2 - фіксатори рукава (затискний пристрій)

Для підвищення ефективності досліджень процесу різання застосовувався метод багатofакторного планування експерименту [5], це дозволяє скоротити число дослідів, що виконуються, порівняно з традиційними методами проведення експериментальних робіт. На рисунку 6 приведена схема зусиль, що діють в момент різання рукава високого тиску. Точка прикладання результуючих сил, що виникають в процесі різання, розташована на лінії, що з'єднує центри круга та рукава, що розрізається [6] та зміщена на деякий кут α .

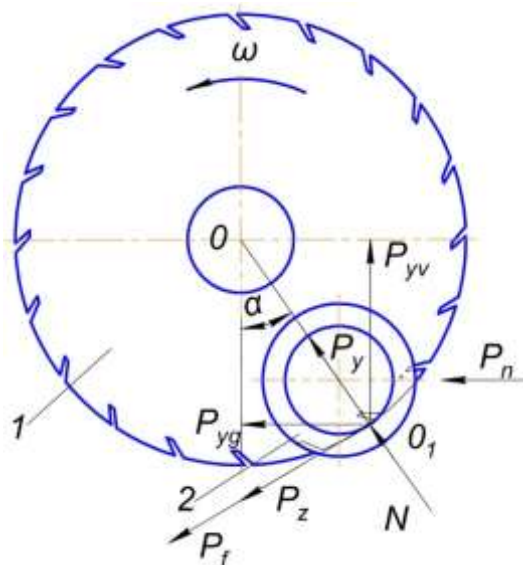


Рис. 6. Схема зусиль, що діють в момент різання рукава:
1 – відрізний круг; 2 – рукав високого тиску

Тангенціальне P_z і нормальне P_y зусилля різання визначаємо за наступними залежностями [7]:

$$\begin{aligned} P_z &= P_{yg} \cdot \cos \alpha - P_{yv} \cdot \sin \alpha; \\ P_y &= P_{yv} \cdot \cos \alpha - P_{yg} \cdot \sin \alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

де P_{yg} – горизонтальна складова зусилля різання, Н; P_{yv} – вертикальна складова зусилля різання, Н; $\alpha = \arccos \left(\frac{d_0 - d}{d_0 - d_y} \right)$ – кут, що визначає точку прикладання результуючої сили



різання, град; d_0 – діаметр відрізного круга, м; d – зовнішній діаметр рукава, м; d_y – внутрішній діаметр рукава, м.

При визначенні зусилля різання в залежність (1) підставлялися значення P_{yg} і P_{yv} , отриманні експериментальним шляхом за максимальною дугою контакту круга з рукавом, що розрізається.

У процесі досліджень було прийнято, що траєкторія руху будь-якої точки, розташованої на робочій поверхні відрізного круга, близька до кола, так як швидкість його подачі мала в порівнянні з коловою. Крім того, враховано, що руйнування РВТ відбувається тільки за рахунок дії тангенціальних сил P_z , рівномірно розподілених по всій площі контакту та пов'язаних з нормальними силами P_y відношенням:

$$P_z = K_p P_y, \quad (2)$$

де K_p – коефіцієнт різання. Встановлено, що при різанні металу $k_T = P_y / P_z = 0,35 \dots 0,4$.

Робота, витрачена на руйнування матеріалу (гуми та металевої оплітки) при різанні, може бути визначена із залежності [6, 7, 8]:

$$dA_0 = P_z dl_k, \quad (3)$$

$$\text{або } dA_0 = q_v dV = q_v H a_c P_z dl_k, \quad (4)$$

де q_v – коефіцієнт пропорційності (енергоємність), який визначається експериментально та дорівнює роботі, яка витрачається на руйнування одиничного об'єму матеріалу; H – висота відрізного круга, м; dV – елементарний об'єм матеріалу, що руйнується, м³; l_k – елементарна довжина площадки по дузі контакту, м; a_c – глибина різання, відповідна площині поверхні l_k , м;

$$a_c = \frac{V_n}{V_p} \int dl_k \sin \alpha_0, \quad (5)$$

де α_0 – центральний кут, який характеризує розмір зони контакту $\alpha_0 = l_k / R_0$, рад.

Згідно з попередніх рівнянь:

$$P_z = R_0 q_v H \frac{V_n}{V_p} \left(1 - \cos \frac{l_k}{R_0} \right), \quad (6)$$

де R_0 – радіус кола, м; V_n – швидкість подачі, м/с; V_p – колова швидкість, м/с.

Потужність ручної машини, яка витрачається на подачу робочого органа :

$$N_n = P_n V_n; \quad (7)$$

$$P_n = P_{zv} + P_{yv}, \quad (8)$$

де P_{zv} і P_{yv} – відповідно сума проекцій на вісь тангенціальних і нормальних сил, що збігається з напрямком подачі, Н.

Точка прикладання результуючих сил, що виникають в процесі різання розташована на лінії, яка з'єднає центри круга та рукава (рис. 6) тому для визначення α_0 доцільно

використовувати формулу згідно з [9] $\alpha_0 = \arccos\left(\frac{R_0 - r_0}{R_0 + r_v}\right)$,

де R_0 – радіус відрізного круга, м; r_0 – зовнішній радіус рукава, м; r_v – внутрішній радіус рукава, м.

З урахуванням (6)

$$P_{zv} = P_b \cos \alpha_0 - q_v \tilde{H} \frac{V_n}{V_p} \int_0^{\tilde{l}_k} \sin \alpha_0 \cos \alpha_0 d \tilde{l}_k; \quad (9)$$

$$P_{yv} = P_b \sin \alpha_0 - q_v \tilde{H} \frac{V_n}{V_p} \int_0^{\tilde{l}_k} \sin^2 \alpha_0 d \tilde{l}_k.$$

Після інтегрування та підстановки в (7) та (8) отримаємо

$$N_n = \frac{R_0}{2} q_v \tilde{H} \frac{V_n^2}{V_p} \left(\frac{\tilde{l}_k}{R_0} - \frac{1}{2} \sin 2 \frac{\tilde{l}_k}{R_0} + \sin^2 \frac{\tilde{l}_k}{R_0} \right). \quad (10)$$

Як видно $\frac{N_n}{N} \ll 1$, так як значення $\frac{V_n^2}{V_p}$ невелике, тобто потужність, що витрачається

на подачу відрізного круга машиною, можна не враховувати [10].

В кінцевому результаті тангенціальна та нормальна сили різання матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} P_y &= P_{yv} \cos \alpha_0 + P_{zv}; \\ P_z &= P_{zv} \cos \alpha_0 + P_{yv} \sin \alpha_0. \end{aligned} \quad (11)$$

В ході дослідження встановлено, що кут α залежить від діаметра РВТ. При діаметрі до 50 мм кут α складає 0,66...0,85 рад.

Висновок

В роботі дослідження математична модель, що описує зміну тангенціальних і нормальних сил, залежно від умов процесу різання на ручному відрізному верстаті при зміні швидкості відрізного диску при різних технологіях різання (вільного різання та від фіксованого).

Встановлено, що РВТ повинен бути встановлений зі зміщенням відносно відрізного круга не деякий кут α , що дозволить застосовувати двигуни меншої потужності ніж при різанні коли осі співпадають.

Література

1. Лощенов П.Ю. Способ диагностирования рукавов высокого давления / П.Ю. Лощенов // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2012. – Вып. № 3 (86). – С.72-84.
2. Рукава резиновые высокого давления с металлической оплеткой неармированные. Технические условия. ГОСТ 6286-73. – Введ. в дію 01.07.1974. – М.: Изд-во стандартов, переизд., 2003. – 16 с.
3. Наумов Ю.Н. Гидродинамические процессы протекающие в гидросистемах высокого давления горных машин / Ю.Н. Наумов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2002. – Вып. № 8. – С.24-31.



4. Мєфєдова Ю.А. Расчет рукавов высокого давления по распределению нагрузки между слоями оплетки / Ю.А. Мєфєдова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – Выпуск № 2 (58). – Том 3. – С.97-102.
5. Адлер Ю.П. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976.
6. Абрашкевич Ю.Д. Визначення силових параметрів процесу різання абразивними армованими кругами / Ю.Д. Абрашкевич, Л.Є. Пелевін, О.В. Човнюк // Зб. "Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини". Всеукраїнський збірник наукових праць. – 2012. – Вип. 79. – С.53-56
7. Qin Hua, Sun Cunzhi. New method of circle and arc cutting // Optic - International Journal for Light and Electron Optics. - September 2012. – Volume 123. – Issue 17. – P.1550–1554.
8. Никулин В.В. К определению глубины реза зубками барабанных режущих органов / В.В. Никулин // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1966. – № 4. – С. 91-94.
9. Абрашкевич Ю. Силові параметри машин з абразивним інструментом / Ю. Абрашкевич, В. Рашиківський, В. Поліщук, О. Човнюк // Зб. "Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини". Всеукраїнський збірник наукових праць. – 2015. – вип. 85. – С. 67-71.
10. Pavel A. Chentsov, Alexander A. Petunin Tool Routing Problem for CNC Plate Cutting Machines // IFAC-PapersOnLine. – 2016. - Volume 49. – Issue 12. – P.645-650.

REFERENCE

1. Loshchenov, P.U. (2012). Sposob dyagnostirovaniya rukavov vysokoho davleniya [The method of diagnosing high-pressure tubes]. *Vestnyk Moskovskogo gosudarstvennogo unyversyteta lesa. Lesnoy vestnyk [Proc. of Moscow State Forest University. Forest Newsletter]*, 3 (86), 72-84. - (in Russian)
2. GOST-6286-73 (2003). *Rukava rezynovye vysokoho davleniya s metallicheskoj opletkoj nearmirovannye. Tekhnicheskyye usloviya [High pressure rubber sleeves with metal braid not reinforced. Technical conditions]*. Moscow: Izd-vo standartov. - (in Russian)
3. Naumov, U.N. (2002). Hydrodynamicheskiye protsessy protekayushchye v hydrosystemakh vysokoho davleniya hornykh mashyn [Hydrodynamic processes taking place in high-pressure hydraulic systems of mining machines]. *Hornyy ynformatsyonno-analytycheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskyy zhurnal) [Mining information-analytical bulletin (scientific and technical journal)]*, 8, 24-31. - (in Russian)
4. Mefedova, U.A. (2011). Raschet rukavov vysokoho davleniya po raspredeleniyu nahruzky mezhdu sloyamy opletky [Calculation of high-pressure hoses for load distribution between layers of braiding]. *Vestnyk Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo unyversyteta [Bulletin of Saratov State Technical University]*, 2 (58), vol 3, 97-102. - (in Russian)
5. Adler, U.P., Markova, E.V., Hranovskyy, U.V. (1976). *Planyrovanye eksperymentov pry poyske optymal'nykh uslovyi [Planning experiments when searching for optimal conditions]*. Moscow: Nauka. (in Russian)
6. Abrashkevych, U.D., Pelevin, L.E., Chovnyuk, O.V. (2012). Vyznachennya sylovykh parametriv protsesu rizannya abrazyvnymy armovanyimi kruhamy [Determination of power parameters of the cutting process by abrasive reinforced circles]. *Girnichy, budivelni, dorozhnita meliorativnimashini [Mining, construction, road and reclamation machines]*, 79, 53-56. - (in Ukrainian)
7. Qin Hua, Sun Cunzhi. (2012). New method of circle and arc cutting. *Optic - International Journal for Light and Electron Optics*, 123, Issue 17, 1550–1554.
8. Nykulyn, V.V. (1966). K opredeleniyu hlubyny reza zubkamy barabannykh rezhushchykh orhanov [To the determination of the depth of a cut by the teeth of drum-type cutting organs]. *Izv. VUZov. Hornyy zhurnal*, 4, 91-94. - (in Russian)
9. Abrashkevych, U., Rashkivskyy, V., Polishchuk, V., Chovnyuk O. (2015). Sylovi parametry mashyn z abrazyvnym instrumentom [Power parameters of machines with abrasive tool]// *Girnichy, budivelni, dorozhnita meliorativnimashini [Mining, construction, road and reclamation machines]*, 85, 67-71. - (in Ukrainian)
10. Pavel A. Chentsov, Alexander A. Petunin (2016). Tool Routing Problem for CNC Plate Cutting Machines. *IFAC-PapersOnLine*, 49, Issue 12, 645-650.