

Алімов¹ В.І., д.т.н., проф., Штихно² А.П., к.т.н., доц.

¹ - Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна, e-mail: alim41@mail.ru

² - Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна, e-mail: shtixno@mail.ru

ЛОКАЛЬНЕ ЗМІЦНЕННЯ ЛАНЦЮГІВ ГІРНИЧОШАХТНИХ КОНВЕЄРІВ

Alimov¹ V.I., Shtyhno² A.P.

¹ - doctor of technical sciences, professor, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine, e-mail: alim41@mail.ru

² - PhD, associate professor, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine, e-mail: shtixno@mail.ru

LOCAL HARDENING OF CHAINS FOR MINING CONVEYORS

Досліджено вплив різних видів локального зміцнення ланків ланцюгів гірничошахтних конвеєрів зі сталі 23Г2А після контактної-стикового зварювання на їх структуру і властивості. Встановлено принципова можливість використання висококонцентрованих джерел для підвищення зносостійкості ланків за рахунок зменшення зневуглецефаного шару на поверхні і зниження схильності до крихкого руйнування при експлуатації. Показано, що використання такої зміцнюючої обробки сприяє скороченню технологічного циклу виготовлення ланків і підвищенню їх зносостійкості.

Ключевые слова: *локальне зміцнення, ланки, структура, властивості, крихке руйнування.*

Вступ

Ефективність експлуатації обладнання сучасного підприємства, призначеного для транспортування і переробки насипних вантажів, багато в чому визначається надійністю, працездатністю і економічними показниками транспортних систем, основу яких складають конвеєрні лінії. Удосконаленню технології виготовлення розбірних і круглоланкових тягових ланцюгів скребкових конвеєрів було присвячено багато досліджень [1-6]. Надійність і працездатність тягового ланцюга визначає всю роботу конвеєра в цілому. Особливе значення для витривалості ланцюгів має структура і напружений стан приповерхневих шарів ланок. Внаслідок їх інтенсивного лінійного зносу у шарнірах, при експлуатації відбувається перехід ланок на великі початкові кола тягових зірок, що викликає зростання навантаження в ланцюговому контурі і подовження розмірів ланків, яке не повинно перевищувати 6% [6]. Виходячи з умов експлуатації, до ланцюгів ставляться такі вимоги: міцність (статистична, циклічна, ударна); жорсткість проти деформації (подовжньої та поперечної); зносостійкість та антикорозійність.

Мета

Метою роботи є експериментальне дослідження впливу різних видів локального зміцнення на структуру і властивості ланків ланцюгів гірничошахтних конвеєрів зі сталі 23Г2А.

Методика досліджень

Аналіз умов експлуатації потребує, щоб ланки ланцюгів відповідали наступним вимогам:

пробне навантаження, кН	≥ 330
відносне подовження при пробному навантаженні, %	≤ 6
руйнівне навантаження, кН,	≥ 410
відносне подовження при руйнівному навантаженні, %	≤ 14

Для вирішення цієї задачі в умовах ВПТ «Концепт» було відібрано ланки з конструкційної сталі 23Г2А калібру 18х64 мм класа пружності «С» після контактнo-стикового зварювання, загальний вид яких наведено на рис. 1, а. По всій довжині ланків безпосередньо після зварювання вивчали розподіл твердості за схемою, наведеною на рис. 1, б.

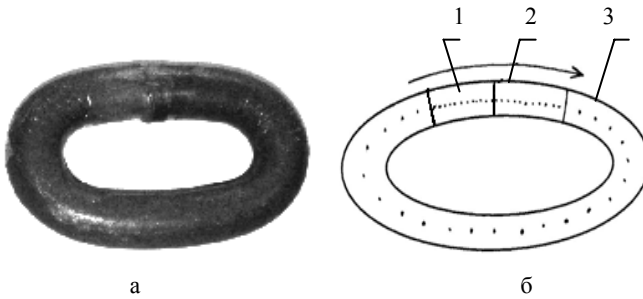


Рис. 1. Загальний вид ланки після зварювання - а і схема виміру твердості по поверхні ланки - б: 1 – зона термічного впливу; 2 – місце зварювання; 3 – основний метал

Ланки піддавали локальному зміцненню з використанням високошвидкісних нагрівів за режимами:

А – об'ємне термічне оброблення (за технологією підприємства);

Б – гартування з нагрівом СПЧ (струми промислової частоти) та відпуск при температурі 360 – 380 °С;

В – плазмове оброблення після об'ємного гартування та відпуск при температурі 360 – 380 °С.

Для вивчення структури і властивостей ланків по перетину після різних режимів оброблення виконували порізку зразків на фрезерному верстаті з охолодженням водою. Шліфи виготовляли за загальноприйнятою технологією в умовах ДонНТУ. Вимір твердості проводили за допомогою твер-

доміра Роквелла ТК-2М, заздалегідь знявши з поверхні шар товщиною 1-2 мм, і мікротвердоміра ПМТ-3. Мікротвердість вивчали для визначення глибини знеуглецьованого шару на поверхні після об'ємної термічної обробки, нагріву СПЧ та наплавленого шару після плазмового оброблення.

Вивчення мікроструктури виконували в умовах ПАО «ДМПЗ» на мікроскопі AXIOVERT 200MMAT і в лабораторії ДонНТУ на мікроскопі НЕОРНОТ-21 при збільшенні 100, 400 і 500. Отримані фотографії були оброблені у графічному редакторі AdobePhotoshop. Механічні випробування проводили на підприємстві ПАТ «Горлівський машинобудівник» на розривній машині ИР-50.

Результати досліджень

Результати вимірювання твердості по поверхні ланків наведені на рис. 2.

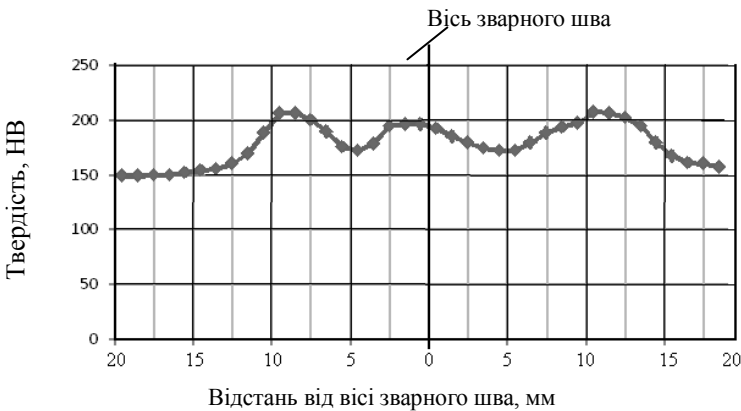


Рис. 2. Розподіл твердості по поверхні ланків зі сталі 23Г2А після контактної зварювання на ділянках 1-3

З отриманого графіка бачимо, що у зоні зварювання та термічного впливу спостерігається зміна твердості і її коливання складають 50-60 НВ. Ці коливання пояснюються структурними перетвореннями, що відбуваються при зварюванні за рахунок градієнту температур по перетину. Згідно цього, всі зони зварювання розподіляються таким чином: неповного розплавлення, перегріву, нормалізації та неповної перекристалізації, які видно з мікроструктур, наведених на рис. 3.

Зона неповного розплавлення відрізняється яскраво вираженою крупнозернистістю з відманштеттовою будовою фериту. В цих умовах для сталі з вмістом вуглецю 0,23% відбувається перитектична реакція $A_{0,16} \leftrightarrow \text{Ж}_{0,51} + \Phi_{0,1}$. В результаті зона сплавлення характеризується високою неоднорідністю структури за рахунок збільшення частки феритної складової, що є причиною зниження твердості.

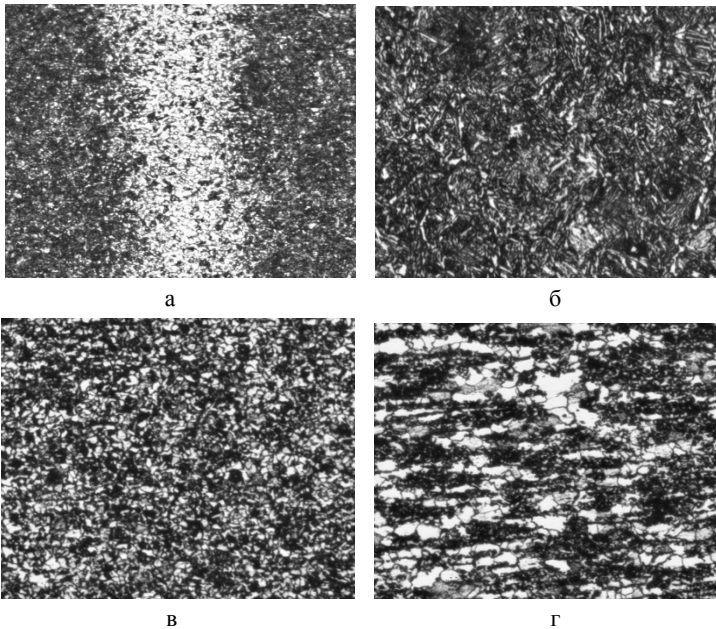


Рис. 3. Мікроструктура зразків зі сталі 23Г2А після зварювання, $\times 100$:
 а - зона зварного шву; б - зона перегріву; в - зона перекристалізації;
 г - зона неповної перекристалізації

Зона перегріву характеризується крупним зерном та відманштеттговою будовою ферито-перлітної структури. По мірі віддалення від зони сплавлення розмір феритних зерен зменшується. Зона нормалізації відповідає температурам нагріву $A_{c3} + (30-50)^{\circ}C$. Для неї характерна дрібнозерниста структура унаслідок перекристалізації початкового зерна. Зона неповної перекристалізації з температурою нагріву в інтервалі $A_{c3} - A_{c1}$ характеризується різнозернистістю ферито-перлітної структури. Поряд зі старими зернами фериту спостерігається колонії нових найбільш дрібних зерен.

З аналізу мікроструктур можна зробити висновок, що залежно від температур нагріву по зонах, відбуваються зміни структур, а також перерозподіл вуглецю, що характеризується присутністю феритної складової у зоні зварювання та зоні термічного впливу, тобто формується нерівноважна структура, яка може сприяти виникненню внутрішніх напруг і руйнуванню в зоні зварення при навантаженнях. Це обумовлює проведення подальшої термічної обробки.

Після термічної обробки за технологією підприємства при нагріванні під гартування в шахтній печі типу СНО-10.10/10 підвищується загальна міцність ланцюгів, але в поверхневому шарі відбувається знеуглецювання, що знижує їх зносостійкість при експлуатації (рис. 4, а).

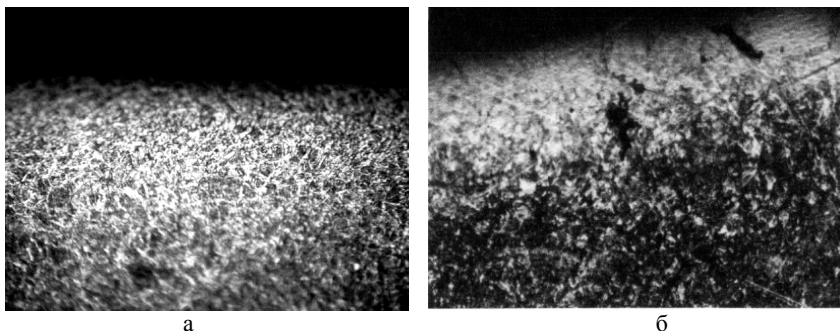


Рис. 4. Мікроструктура знеуглецьованого шару після нагріву під гартування у шахтній печі - а, $\times 100$ і після руйнування - б, $\times 50$

Знеуглецьований шар може викликати утворення мікротріщинпо поверхні виробів і, таким чином, знизити їх працездатність за рахунок розвитку вторинних тріщин, що зароджуються у концентраторів напруг (рис. 4, б). Середня товщина знеуглецьованого шару після нагріву під гартування у шахтній печі складає 0,74 – 0,82 мм. Для запобігання таких наслідків було проведено експериментальні режими зміцнюючої обробки ланків з використанням високошвидкісних нагрівів за режимами, вказаними вище (А, Б, В).

Використання технології нагріву ланків під гартування за допомогою СПЧ дозволяє зменшити глибину знеуглецьованого шару до 0,2 мм, а також підвищити зносостійкість за рахунок підвищення твердості на поверхні на 30-50 НВ.

При обробці зразків ланків плазмою насичений шар склав до 2,5 мм. На зразках ланцівотів здійснювався вимір мікротвердості насиченого шару від поверхні. Результати виміру мікротвердості від поверхні насиченого шару ланків по перетину приведено на рис. 5. З рисунку бачимо, що на глибині до 1,5 мм спостерігається висока мікротвердість, а суттєва зміна її спостерігається на відстані 2,5 мм від поверхні, тобто зміцнення відбулося на глибину до 2,5 мм.

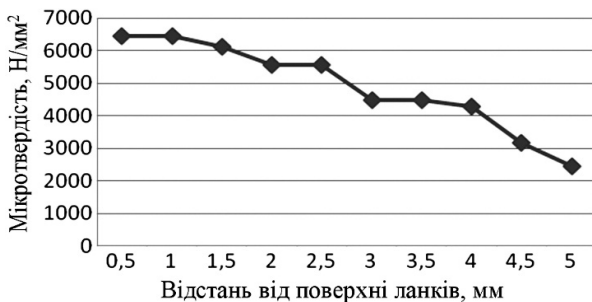


Рис. 5. Розподіл мікротвердості від поверхні насиченого шару по перетину ланків зі сталі 23Г2А

В результаті випробувань ланків на розрив було встановлено, що при розриві ланків, загартованих після нагріву СПЧ з середнім відпуском та після плазмової обробки, ланки мають незначну підвищену твердість, але відносно подовження при цьому зменшується на 2-3%. За рахунок цього ланцюги менше витягуються, отже працездатність їх підвищується.

Висновки

1. Розроблено раціональний режим контактної-стикового зварювання ланцюгів зі сталі 23Г2А з наступної термічною обробкою, яка забезпечує підвищення поверхневої зносостійкості. При нагріванні СПЧ під гартування якість виробів підвищується за рахунок зменшення відносного подовження з 14 до 11% і збереження міцності при руйнівному навантаженні не менше 410 кН.

2. Заміна шахтної печі типу СШО на нагрів струмами підвищеної частоти виправдано і може бути використано у виробництві ланцюгів із сталі 23Г2А і подібних виробів.

3. Нагрів під гартування СПЧ можливо замінити на плазмову обробку, що покращує якість ланок, знизить їх схильність до крихкого руйнування при експлуатації, підвищить зносостійкість за рахунок збільшення вмісту вуглецю у поверхневому контактному шарі ланок; при цьому зменшується знеуглецьований шар і, як наслідок, збільшується працездатність ланцюгів та всього комплексу транспортного обладнання в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алимов В.И. Повышение качества соединительных звеньев конвейера СП-63 / В.И. Алимов, И.А. Передерий, Н.П. Шаповалова // Уголь Украины. – 1983. – №4. – С. 40–41.
2. Алимов В.И. Упрочнение со штамповочного нагрева соединительных звеньев для угольных конвейеров. / В.И.Алимов, В.Д.Коротченков, С.В.Петрушак // Кузнечно-штамповочное производство. – 1989. – №2. – С.19–20.
3. Thomas G.J. Conveyor pan section / G.J. Thomas // Met. Scient. Rev. Met. – 1992. – № 10. – P. 347–354.
4. Алимов В.И. О перспективах использования низкоуглеродистых легированных сталей для элементов тяговых органов конвейеров / В.И.Алимов, Т.А.Щеголева // Вестник ДонНУСА. – 2005. – №4 (52) – С.135–138.
5. Пат. 72135. Україна, МПК F16G 15/00. Спосіб виготовлення тягових ланцюгів із зварних ланок для конвеєрів / В.І. Алімов, А.П. Штихно, І.В. Пильова; (Україна). – № 201200512; заявл. 17.01.12; опубл 10.08.12. – Бюл. № 15.
6. Алімов В.І. Підвищення експлуатаційних властивостей ланок ланцюгів гірничошахтних конвеєрів / В.І. Алімов, А.П. Штихно, О.І. Шевелєв // Уголь України.– 2014. – №4. – С.10 – 14.

REFERENCES

1. Alimov, V.I., Perederij, I.A., Shapovalova, N.P., 1983. Povyshenie kachestva soedinitel'nyh zven'ev konvejera SP-63. Ugol' Ukrainy, No 4, pp. 40-41. (in Russian)
2. Alimov, V.I., Korotchenkov, V.D., Petrushhak, S.V., 1989. Uprochnenie so shtampo-

- vochnogo nagreva soedinitel'nyh zven'ev dlja ugol'nyh konvejerov. Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, No 2, pp. 19-20. (in Russian)
3. Thomas, G.J. Conveyor pan section, Met. Scient. Rev., Met, 1992, No 10, pp. 347-354.
4. Alimov, V.I., Shhegoleva, T.A., 2005. O perspektivah ispol'zovaniya nizkouglerodistykh legirovannykh stalej dlja elementov tyagovykh organov konvejerov, Vestnik DonNASA, No 4 (52), pp.135-138. (in Russian)
5. Pat. 72135. Ukraine, IPC F16G 15/00. Sposib vigotovlennja tjagovykh lancjugiv iz zvarnyh lanok dlja konveeriv, V.I. Alimov, A.P. Shtihno, I.V. Pil'ova, # 201200512, reg. 17.01.12, publ. 10.08.12. Bul. # 15. (in Ukrainian)
6. Alimov, V.I., Shtihno, A.P., Shevelev, O.I., 2014. Pidvishhennja ekspluatacijnih vlastivostej lanok lancjugiv girmichoshahntnih konveeriv, Ugol' Ukrainy, No 4, pp. 10-14. (in Ukrainian)

Алимов В.И., Штыхно А.П. Локальное упрочнение цепей горношахтных конвейеров.

Исследовано влияние различных видов локального упрочнения звеньев цепей горношахтных конвейеров из стали 23Г2А после контактно - стыковой сварки на их структуру и свойства. Установлена принципиальная возможность использования высококонцентрированных источников для повышения износостойкости звеньев за счет уменьшения обезуглероженного слоя на поверхности и снижения склонности к хрупкому разрушению при эксплуатации. Показано, что использование такой упрочняющей обработки способствует сокращению технологического цикла изготовления звеньев и повышению их износостойкости.

Ключевые слова: локальное упрочнение, звенья, структура, свойства, хрупкое разрушение.

Alimov V.I., Shtyhno A.P. Local hardening of chains for mining conveyors.

The purpose of work is the experimental study of the effect of different types of local strengthening on the structure and properties of chain link of mining conveyors made of steel 23G2A.

Investigation the influence of different kinds of local hardening on the structure and properties of chain links for mining conveyors has been performed on samples of 23G2A steel after conductive butt welding. Units were undergone to high-speed heating by industrial frequency current and plasma treatment followed by tempering. The microhardness was measured on the surface of samples and the microstructure investigated for studying the depth of hardened layer.

It has established a possibility of using of highly concentrated sources for increasing wear resistance of chains by reducing of decarbonizing layer on the surface and tendency to brittle fracture during operation.

It has established that using of such hardening treatment helps to reduce manufacturing cycle of units and increases their durability.

Keywords: local hardening, units, structure, properties, brittle fracture.