

KATARZYNA MIDOR
WITOLD BIAŁY
JURAJ RUŽBARSKÝ

Znaczenie jakości łańcuchów dla bezpieczeństwa pracy

Jakość zastosowanego łańcucha w urządzeniach dźwigowych ma bardzo duże znaczenie w środowisku ich pracy. Ważnym eksploatacyjnym elementem we wciągarkach i wciągarkach łańcuchowych jest łańcuch o ogniwach krótkich, który stanowi w dużej mierze o bezpieczeństwie pracownika obsługującego dźwignicę. W artykule omówiono podstawowe elementy wpływające na jakość i bezpieczeństwo łańcucha. Z analizy jednoznacznie wynika, iż użytkownicy tych produktów przy wyborze dostawcy nie powinni sugerować się tylko ceną, ale przede wszystkim certyfikatami i atestami produktu.

Słowa kluczowe: łańcuch, wciągnik/wciągarka, jakość, bezpieczeństwo pracy

1. WPROWADZENIE

Środowisko pracy wywiera duży wpływ na zdrowie i na jakość życia pracownika, gdyż składa się na nie zespół czynników materialnych i psychospołecznych, z którymi pracownik styka się podczas wykonywania pracy lub przysposobienia do niej. Do czynników materialnych środowiska pracy zalicza się m.in. teren przedsiębiorstwa lub instytucji, budynki, pomieszczenia, maszyny, narzędzia, urządzenia, a także czynniki o charakterze fizycznym i chemicznym (np. mikroklimat, oświetlenie, drgania, hałas, czynniki mechaniczne oraz substancje chemiczne i pyłowe) i czynniki biologiczne. Natomiast do czynników psychospołecznych (niematerialnych) środowiska pracy zalicza się m.in.: wymagania psychologiczne pracy, czynniki organizacyjne, partycypację pracowników, stosunki międzyludzkie, rozwój kariery zawodowej i kulturę organizacyjną [1, 2].

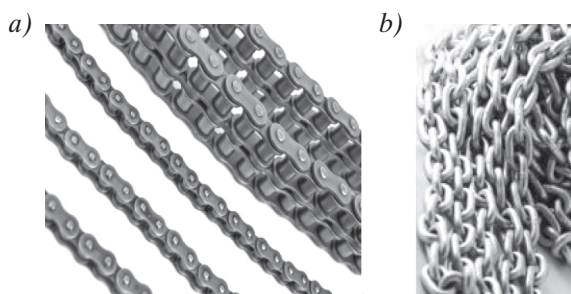
W artykule został omówiony jeden z elementów środowiska pracy w przemyśle wpływający na bezpieczeństwo pracownika, a mianowicie urządzenia dźwignicowe, których ważnym elementem eksploatacyjnym jest łańcuch.

Dźwignice to grupa urządzeń dźwigowo-transportowych, służących do przemieszczania pionowego bądź poziomego ładunków, zwierząt i ludzi na niewielkie odległości w ruchu przerywanym. W klasycz-

nej literaturze [3] w podziale dźwignic wyróżniamy: dźwigniki, ciągniki, wózki, suwnice, żurawie. Ze względu na zagadnienia poruszane w artykule autorów interesują ciągniki, które dzielą się między innymi na takie urządzenia, jak wciągarki i wciągniki. Te dwa urządzenia – dźwignice przystosowane są do pionowego podnoszenia ładunku za pomocą liny lub łańcucha z wykorzystaniem elementu chwytneho – zazwyczaj haka, a różnica pomiędzy nimi występuje w zamocowaniu konstrukcji nośnej. W zależności od sposobu skonstruowania wspomniane urządzenia mogą być wykorzystywane w różnych przestrzeniach, takich jak: przemysł, budownictwo, motoryzacja czy przemysł leśny [4].

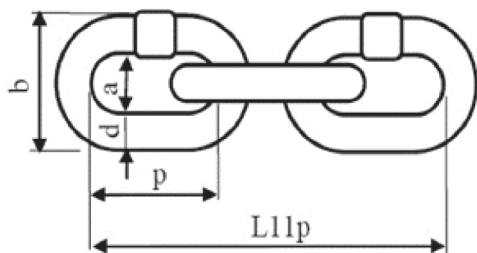
W pracy wielu dźwignic, zwłaszcza o napędzie ręcznym, stosowane są łańcuchy jako elementy udźwigowe. Łańcuchów używa się również jako część składową zawiesi łańcuchowych do obwiązywania i zawieszania ciężarów na hak dźwignic ręcznych i mechanicznych.

Łańcuchy stosowane w dźwignicach jako elementy udźwigowe można podzielić na dwa rodzaje: łańcuchy ogniwo- i łańcuchy płytkowe przegubowe zwane łańcuchami Galla – rysunek 1. Te dwa rodzaje łańcuchów nazywamy łańcuchami technicznymi, które są niezastąpione w wielu branżach przemysłowych i gospodarczych i są przeznaczone do przenoszenia większych obciążeń.



Rys. 1. Łańcuch rolkowy napędowy Galla (a); łańcuch zawieszowy ogniowy (b)

Podstawowym pojęciem charakteryzującym łańcuch jest tzw. wielkość łańcucha. Wielkość ta zdefiniowana jest jako iloczyn średnicy pręta d , z którego zrobione jest ogniwo oraz największego wymiaru wewnętrznego p nazywanego podziałką ogniwa lub łańcucha. Ponadto ogniwo charakteryzują jeszcze wielkości: a – długość wewnętrzna mierzona w świetle ogniwa, b – szerokość zewnętrzna ogniwa oraz „L11p” – wewnętrzna długość łańcucha z jedenastoma ogniwami [5]. Wymienione wymiary ogniwa zaprezentowane są na rysunku 2. W zależności od długości ogniwa łańcuchy dzielimy na krótko- bądź długoogniowe. Łańcuchem krótkoogniowym nazywamy łańcuch, którego długość ogniwa nie przekracza pięciokrotnej średnicy pręta d , z którego ogniwo zostało wykonane, a szerokość b nie jest większa niż 3,5-krotna średnica pręta. Jeśli długość ogniwa przekracza pięciokrotną średnicę pręta d , to łańcuchy takie zaliczone są do długoogniowych.

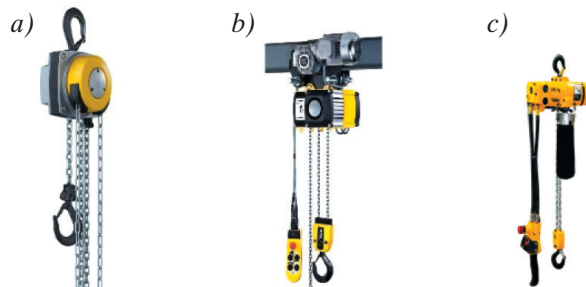


Rys. 2. Wymiary ogniwa/łańcucha [5]

Łańcuchy o ogniwach krótkich mają zastosowanie w szeregu urządzeń mechanicznych, głównie jako łańcuchy napędowe, współpracujące z kołami gniazdowymi oraz zawiesia pomocnicze wciągarkach. Łańcuchy o ogniwach długich są łańcuchami ogólnego przeznaczenia i szczególne mają zastosowanie w przemyśle górniczym.

W artykule uwaga zostanie zwrócona na łańcuchy o ogniwach krótkich, które są stosowane przede wszystkim we wciągarkach i wciągarkach.

Wciągarki ze względu na rodzaj napędu możemy podzielić na: ręczne, elektryczne oraz pneumatyczne. Natomiast podział ze względu na rodzaj zastosowanego ciężka dzieli te urządzenia na łańcuchowe lub linowe. Przykłady takich wciągarek zaprezentowano na rysunku 3.



Rys. 3. Przykłady rodzajów wciągarek: a) ręczny wciągark łańcuchowy model Yale lift 360; b) wciągark łańcuchowy model CPV z napędem elektrycznym; c) wciągark łańcuchowy z napędem pneumatycznym model CPA 1-13

Łańcuchy o ogniwach krótkich do podnoszenia ładunków, można stosować w wielu branżach przemysłowych i gospodarczych, w tym między innymi w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, w przestrzeniach zagrożonych wybuchem pyłu węglowego oraz metanu.

Na rynku polskim jest kilku producentów omawianych łańcuchów, m.in.: Pewag Polska Sp. z o.o., Grupa RUD, THIELE, Retezarna a.s.

W artykule autorzy omawiają łańcuchy produkowane przez firmę Retezarna a.s.

2. WYMAGANIA PRAWNE STAWIANE ŁAŃCUCHOM O KRÓTKICH OGNIWACH

W przemyśle górniczym do transportu bliskiego stosowane są między innymi wciągarki z ciężkim łańcuchowym, umożliwiające montaż podzespołów maszyn i urządzeń oraz przemieszczanie materiałów. Ze względu na trudne warunki eksploatacji w ograniczonych przestrzeniach wyrobisk i komór montażowych, urządzenia dźwignicowe, przeznaczone dla przemysłu górniczego oprócz odpowiedniego udźwigu muszą charakteryzować się dużą prędkością podnoszenia, niewielką masą własną, niewielkimi gabarytami oraz bezpieczeństwem pracy [6].

Ważnym eksploatacyjnym elementem w tych urządzeniach jest łańcuch, który stanowi w dużej mierze

o bezpieczeństwie pracownika obsługującego dźwignicę. Każdy łańcuch, który jest wykorzystywany w przemyśle na terenie Unii Europejskiej, musi być zgodny z Dyrektywą 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, odnoszącej się między innymi do bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników pracujących z urządzeniami i maszynami, których ruchomym elementem jest łańcuch. A zatem łańcuchy przeznaczone do podnoszenia ładunków, które są standardowo używane w UE, w tym także w Polsce, muszą być produkowane zgodnie z powyższą dyrektywą oraz z wymaganiami takich norm, jak:

- EN 818-2 + A1. Norma dla łańcuchów o średniej tolerancji dla zacisków łańcuchowych – klasa 8 (800 MPa) charakteryzujących się stosunkiem współczynników bezpieczeństwa 4 : 2,5 : 1 (siła zrywająca/ siła testowa/ nośność). Łańcuch musi być testowany. Ograniczenia temperatury -40°C do $+400^{\circ}\text{C}$;
- EN 818-7 + A1. Norma, w której opisano wymagania łańcucha do wciągacza/ wciągarki łańcuchowej, zależnie od konstrukcji, ciężaru ładunku i środowiska, w którym jest używany.

Łańcuch T używany we wciągaczach/ wciągarkach z napędem ręcznym lub w podnośnikach z napędem silnikowym o małych prędkościach, które nie pracują w warunkach abrazyjnych. Współczynnik bezpieczeństwa łańcucha powinien mieć stosunek 4 : 2,5 : x (siła zrywająca/ siła testowa/ nośność zgodnie z napędami ISO 4301-1). Łańcuch powinien być skalibrowany, przetestowany. Ograniczenia temperatury od -40°C do $+200^{\circ}\text{C}$.

DAT łańcuch używany we wciągaczach/ wciągarkach z napędem silnikowym, które osiągają duże prędkości, w połączeniu z dużym natężeniem pracy w miejscach, gdzie jest wymagana odporność na ścieranie, związana ze zwiększeniem żywotności łańcucha. Współczynnik bezpieczeństwa powinien mieć stosunek 4 : 2,5 : x (siła zrywająca/ siła testowa/ nośność zgodnie z napędami ISO 4301-1). Łańcuch powinien być skalibrowany, przetestowany. Ograniczenia temperatury od -20°C do $+200^{\circ}\text{C}$.

DT łańcuch używany we wciągaczach/ wciągarkach z napędem silnikowym w abrazyjnych warunkach pracy. Współczynnik bezpieczeństwa powinien charakteryzować się stosunkiem 4 : 2,5 : x (siła zrywająca/ siła testowa/ nośność zgodnie z napędami ISO 4301-1). Łańcuch powinien być skalibrowany, przetestowany. Zakres temperatur: od -10°C do $+200^{\circ}\text{C}$.

Ponadto na terenie Polski obowiązują także normy techniczne oraz akty prawne i spełnienie ich wymagań gwarantuje bezpieczeństwo dla użytkownika łańcucha. Są to między innymi takie dokumenty, jak:

- PN-G-46732:1997: *Wciągarki górnicze łańcuchowe – Łańcuchy krótkoogniowe kalibrowane*;
- *Wymagania bezpieczeństwa uwzględniające postanowienia Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze* (Dz.U. z 2017 r., poz. 2126, ze zmianami);
- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych* (Dz.U. z 2002, nr 139, poz. 1169);
- *Ustawa z dnia 12 grudnia 2003 r. o ogólnym bezpieczeństwie produktów* (Dz.U. z dnia 31 grudnia 2003 r.);
- PN-EN 10025:2002: *Wyroby walcowane na gorąco z niestopowych stali konstrukcyjnych*;
- PN-EN ISO 643:2013-06: *Stal – Mikrograficzne określanie wielkości ziarna*;
- PN-EN ISO 6507-1:2018-05: *Metale – Pomiar twardości sposobem Vickersa – Część 1: Metoda badań*.

3. WYMAGANIA TECHNICZNE STAWIANE ŁAŃCUCHOM O KRÓTKICH OGNIWACH

Firma Retezarna a.s. w swojej ofercie ma standardowe rozmiary łańcuchów, które zostały przedstawione w tabeli 1. Ponadto mogą być produkowane łańcuchy w rozmiarach na specjalne zamówienie klienta [5].

Łańcuchy ogniowe wykonane są ze stali o wytrzymałości na rozrywanie odpowiedniej dla danej klasy łańcucha. Składają się one z ogniw zgrzewanych w ogniu lub elektrycznie.

Łańcuchy spawane do wciągników i wciągarek łańcuchowych klasy T (w wykonaniu T, DAT, DT) muszą charakteryzować się wysoką jakością, doskonałymi walorami użytkowymi i długą żywotnością. Aby to spełnić, muszą być wykonywane z największą starannością, tak aby zapewnić bezpieczeństwo podczas ich użytkowania.

Parametrami determinującymi jakość i bezpieczeństwo użytkowania łańcuchów są m.in. właściwości mechaniczne i obciążenia. Do produkcji łańcuchów przeznaczonych do wciągarek/ wciągników wykorzystywana jest stal o właściwościach mechanicznych zgodnych z normą PN-EN 10025 [7–9], aby finalny produkt spełniał wszystkie wymagania

określone przez rygorystyczne standardy europejskie zgodnie z normami PN-EN 818-7 oraz PN-G-46732. Norma europejska EN8-18-7 +A1:2008 obowiązująca również na terenie Polski stawia jasno określone wymagania co do rodzaju stali, z jakiej ma być wykonany łańcuch, w jakim procesie powinna być wypro-

dukowana stal oraz jaki powinna mieć skład chemiczny. W tabelach 2 i 3 zaprezentowano wymagania stawiane zawartości pierwiastków w stali. W celu zabezpieczenia łańcucha przed starzeniem w czasie jego użytkowania stal powinna zawierać co najmniej 0,025% aluminium (Al).

Tabela 1
Standardowe rozmiary łańcuchów firmy Retezarna a.s. [5]

Wielkość łańcucha $d \times p$	d		p	a nie mniej niż	b nie więcej niż	Masa 1 m łańcucha	Długość nominalna $L = 11 \times p$	Tolerancja	Maks. średnica spoiny
	[mm]					[kg]	[mm]		
4 × 12	4	±0,2	12	4,8	13,6	0,35	132	0,6	4,3
5 × 15	5	±0,2	15	6,0	17,0	0,54	165	0,8	5,4
6 × 18	6	±0,2	18	7,2	20,4	0,8	198	1,0	6,5
7 × 21	7	±0,3	21	8,4	23,8	1,1	231	1,1	7,6
8 × 24	8	±0,4	24	9,6	27,2	1,4	264	1,3	8,6
9 × 27	9	±0,4	27	10,8	30,6	1,8	297	1,4	9,7
10 × 30	10	±0,4	30	12,0	34,0	2,2	330	1,6	10,8
11 × 31	11	±0,4	31	13,2	37,4	2,7	363	1,7	11,9
12 × 36	12	±0,5	36	14,4	47,6	3,1	396	1,9	13,0
13 × 39	13	±0,5	39	15,6	44,2	3,7	429	2,1	14,0
14 × 42	14	±0,6	42	16,8	47,6	4,3	462	2,2	15,1
16 × 45	16	±0,6	45	19,2	54,4	5,6	528	2,5	17,3
18 × 54	18	±0,9	54	21,6	61,2	7,0	594	2,9	19,4
20 × 60	20	±1,0	60	24,0	68,0	8,7	660	3,2	21,6
22 × 66	22	±1,1	66	26,4	74,8	10,5	726	3,5	23,8

Tabela 2
Skład chemiczny stali do produkcji łańcuchów do dźwignic – pierwiastki stopowe [7]

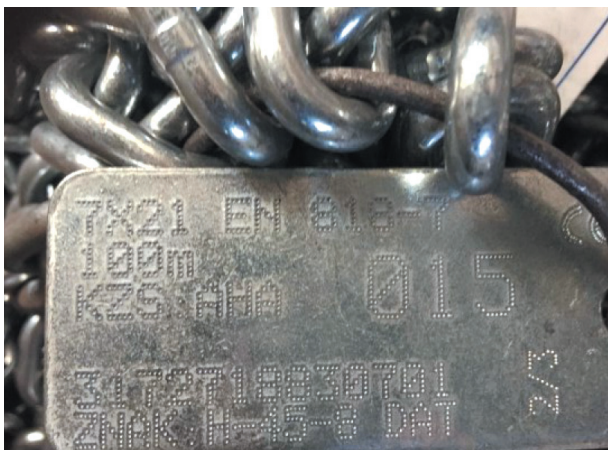
Pierwiastek	Minimalny masowy udział określony w analizie wytopu:		
	typu T [%]	typu DAT [%]	typu DT [%]
Nikiel (Ni)	0,40	0,7	0,9*
Chrom (Cr)	0,40	0,40	0,4
Molibden (Mo)	0,15	0,15	0,15

* Większa twardość powierzchni i/lub większa głębokość hartowania wymagają większej zawartości niklu, aby uniknąć kruchości

Tabela 3
Zawartość siarki i fosforu w stali do produkcji łańcuchów do dźwignic [7]

Pierwiastek	Największy masowy udział określony w:	
	analizie wytopu [%]	analizie kontrolnej [%]
Siarka (Si)	0,020	0,025
Fosfor (P)	0,020	0,025
Suma siarki i fosforu	0,035	0,045

Normy wymagają także od producenta poddania łańcucha procesowi kalibracji. Istotnym elementem wpływającym na bezpieczeństwo użytkownika łańcucha jest jakość jego wykonania ze szczególnym uwzględnieniem odchyłek od wymiarów, które zostały zawarte w tabeli 1. Ponadto norma PN-EN 818-7 wymaga od producenta stosowania złożonego programu badań jakości wyrobu w celu zapewnienia bezpieczeństwa podczas eksploatacji łańcucha. Szczególny nacisk położony jest na zastosowanie odpowiednich gatunków stali jako materiałów, z których wykonane są elementy łańcucha krótkiego w klasie T. Każda dostawa do klienta musi być oznaczona znakiem producenta, grubością łańcucha, numerem serii produkcyjnej, długością łańcucha oraz liczbą sztuk w serii. Na końcach łańcucha co metr umieszcza się cechę zawierającą: znak producenta, rok produkcji, liczbę oznaczającą miesiąc produkcji i klasę łańcucha (T, DAT lub DT – dla normy 818-7); 5,6 lub 8 dla normy PN-G-46732 – rysunek 4.



Rys. 4. Cecha umieszczana na końcach łańcucha po każdym metrze

Produkowane łańcuchy w Retezarni a.s. spełniają wymagania stawiane w normach wybranym produktom. Łańcuchy produkcji Retezarna a.s, dla podkreślenia wysokiej jakości i bezpieczeństwa stosowania posiadają znak H45 (identyfikator producenta) nadany przez jednostkę certyfikującą DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung gwarantujący zgodność produktu z normą PN-EN 818-7 [2, 10]. Na rysunku 5 pokazano wybity znak jakości na ogniwie łańcucha.

Obserwacja rynku dostawców łańcuchów do różnego rodzaju wciągarek i wciągarek pozwala na wyrażenie opinii, iż nie wszyscy dostawcy spełniają wymagania dyrektywy unijnej. Między innymi z dokumentu „deklaracja zgodności” wynika rozbieżność

między jakościowymi parametrami łańcucha a wymaganiami zawartymi w dyrektywie. Ma to szczególne znaczenie dla łańcuchów o wysokiej wytrzymałości, np. DAT. Najczęstszą nieprawidłowością jest zastosowanie nieodpowiedniej stali, np. stali manganowej, bądź też nieodpowiednich proporcji pierwiastków Ni, Cr, Mo oraz braku bądź zbyt małej zawartości pierwiastka Al. Autorzy artykułu zachęcają, aby klienci zwracali szczególną uwagę na to zagadnienie przy wyborze producenta łańcuchów, ponieważ ma to bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo użytkownika łańcucha.



Rys. 5. Cecha umieszczana na końcach łańcucha po każdym metrze

4. PODSUMOWANIE

Rozwój systemów mechanizacyjnych w różnych gałęziach przemysłu, w tym także w górnictwie, wymaga stosowania urządzeń pomocniczych, wspomagających prowadzenie prac montażowych, serwisowych czy transportowych. Przemieszczanie coraz większych mas wymaga stosowania urządzeń o coraz lepszych parametrach technicznych. Jednymi z takich urządzeń należących do tak zwanej „małej mechanizacji” są wciągarki i wciągarki łańcuchowe [11]. Poza parametrami technicznymi i konstrukcyjnymi tych urządzeń na pracę i bezpieczeństwo wpływa łańcuch, za pomocą którego są przemieszczane towary. Dlatego też z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy jakość zastosowanego łańcucha ma bardzo duże znaczenie.

W artykule zasygnalizowano tylko podstawowe elementy i determinanty, które wpływają na jakość łańcucha. Z tej analizy jednoznacznie wynika, że przy wyborze łańcuchów należy zwrócić uwagę na to, czy produkt posiada certyfikat z oznaczeniem κ , który jest prestiżowym certyfikatem zapewniającym o spełnieniu przez producenta wymagań norm europejskich. Należy także weryfikować właściwości mechaniczne materiału, z którego zrobione są łańcuchy, oraz powinno się zwracać uwagę na jakość ich wykonania. Do każdego łańcucha do wciągników i wciągarek klient powinien otrzymać dokumenty, takie jak: deklaracja zgodności, instrukcja użytkowania, certyfikat kontroli. Certyfikat materiałowy nie jest wymagany, ale na życzenie klienta producent łańcucha powinien go udostępnić. Ponadto potwierdzeniem jakości zastosowanego materiału oraz wykonania łańcucha jest atest producenta, który jest dostarczany wraz z wyrobem.

Podziękowania

Artykuł został sfinansowany ze środków pracy statutowej 13/030/BK_18/0039 realizowanej w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

Literatura

- [1] <https://www.ciop.pl>.
 [2] Midor K.: *Significance of the quality of short – link chains for work environment*, w: Ulewicz R., Hadzima B. (red.), *12th International Conference Quality Production Improvement 2018 – QPI18. Book Series: MATEC Web of Conferences 17 Ave du Hoggar Parc d'activites Coutaboeuf BP 112, F-91944 Cedex a, France: EDP Sciences*, 2018.

- [3] Piątkiewicz A., Sobolski R.: *Dźwignice*, t. 2, WNT, Warszawa 1977.
 [4] www.snoork.pl.
 [5] PPUH „Anima” Krzysztof Śleziak: *Warunki techniczne wykonania i odbioru*, nr ANW-17.06/WT.
 [6] Cebula D., Kalita M.: *Proces projektowania wciągników łańcuchowych*, „Maszyny Górnicze” 2014, 1: 22–28.
 [7] PN-EN 818-7:2002+A1:2008: *Bezpieczeństwo – Łańcuch o ogniwach krótkich do podnoszenia ładunków – Część 7: Dokładny łańcuch dźwignicy – Klasa T (Typy T, DAT i DT)*.
 [8] PN-G-46732:1997: *Wciągniki górnicze łańcuchowe – Łańcuchy krótkoogniwowe kalibrowane*.
 [9] PN-EN 10025:2002: *Wyroby walcowane na gorąco z niestopowych stali konstrukcyjnych – Warunki techniczne dostawy*.
 [10] Midor K., Biały W.: *Łańcuch krótkoogniwowy – determinanty wpływające na bezpieczeństwo pracy*, „Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji” 2018, 7, 1: 497–505.
 [11] Kalita M.: *Wciągarka łańcuchowa układaka przewodów kompleksu MIKRUS*, „Maszyny Górnicze” 2013, 3: 21–25.

dr inż. KATARZYNA MIDOR
 dr hab. inż. WITOLD BIAŁY, prof. PŚ
 Wydział Organizacji i Zarządzania
 Politechnika Śląska
 ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
 {katarzyna.midor, witold.bialy}@polsl.pl

dr inż. JURAJ RUŽBARSKÝ
 Technical University of Košice
 Bayerova 1, 08001 Preszew,
 Słowacja
 juraj.ruzbarsky@tuke.sk