

Wojciech SZULC, Marek BURDEK

Marek POPEŁDA, Roman BALIŃSKI

Andrzej WITKOWSKI

## URUCHOMIENIE NOWEJ CIĄGARNI DRUTU W FIRMIE LEGIPOL SP. Z O.O.

*Przedstawiono doświadczenia zdobyte podczas uruchamiania dwóch linii ciągarskich w firmie Legipol / Migapol Sp. z o.o. w Wałbrzychu. Druty po ciągnięciu w całości przeznaczone są do produkcji siatek ogrodzeniowych drogą zgrzewania, które docelowo są cynkowane ogniowo lub elektrolitycznie i malowane proszkowo. Dobór linii przeprowadzono w sposób umożliwiający spełnienie wszystkich wymagań w odniesieniu do gotowych drutów, obejmujących m.in. wymagane: zakres właściwości mechanicznych, tolerancje wymiarowe, pozostałości smaru na drucie po ciągnięciu, co w istotny sposób wpływa na proces zgrzewania drutów. Do realizacji odkształceń wybrano ciągnadła rolkowe. Obie linie, uruchomione w końcu 2014 roku, wytwarzają druty o zakładanych parametrach.*

*Słowa kluczowe:* walcówka, druty ciągnione, ciągarnia, siatki ogrodzeniowe

## LAUNCHING THE NEW WIRE DRAWING SHOP IN THE COMPANY LEGIPOL SP. Z O.O.

*The paper presents the experience gained during the start-up of two drawing lines in Legipol / Migapol Sp. z o.o. in Wałbrzych. Wires after drawing are used to produce meshes for fencing by welding of wires that finally are dip- or electrolytic galvanised and powder painted. Selection of the lines was carried out in the manner so that all the requirements for the finished wire are met, including the required range of mechanical properties, dimensional tolerances, residual grease on the wire after drawing, which significantly affects the process of the welding of wires. Roller dies were selected to carry out plastic deformation. Both lines, commissioned at the end of 2014, produce wires with the assumed parameters.*

*Keywords:* wire rod, drawn wires, drawing shop, mesh for fencing

### 1. WPROWADZENIE

Firma Legipol Sp. z o.o. wraz z siostrzaną firmą Migapol Sp. z o.o. z siedzibą w Wałbrzychu, specjalizują się w produkcji kompleksowych systemów ogrodzeniowych, których elementem podstawowym jest stalowa siatka zgrzewana z drutów stalowych, ułożonych pionowo i poziomo. Trwałość produktów gwarantuje system antykorozyjny, polegający na cynkowaniu ogniowym metodą zanurzeniową oraz na lakierowaniu proszkowym. Możliwe jest też cynkowanie elektrolityczne, a następnie lakierowanie metodą proszkową podobnie, jak w przypadku cynkowania ogniowego.

W wyniku rosnącego zapotrzebowania na nowoczesny asortyment wyrobów, dostosowany do potrzeb klientów, o jakości potwierdzonej posiadanymi certyfikatami, zdecydowano o zwiększeniu zdolności produkcyjnych firmy. Zwiększone zapotrzebowanie na materiał wsadowy – stalowe druty ciągnione – pozwoliło na wykreowanie koncepcji budowy własnej ciągarni dru-

tu, która zaopatrywałaby spółkę w druty ciągnione do produkcji systemów ogrodzeniowych.

### 2. WSAD DO CIĄGNIENIA DRUTÓW NA PANELE I SIATKI OGRODZENIOWE

Zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 10223-4 i PN-EN 10223-7 [1, 2], podstawowym materiałem stosowanym na panele i siatkę ogrodzeniową z połączeniami zgrzewanymi jest stal niskowęglowa, dostarczana według norm europejskich lub krajowych:

- S235JR (St37-2), S235 JRG2 (RSt37-2) – norma PN-EN 10025-2 [3],
- SAE 1006, 1008, 1010, 1012, 1018 – norma ASTM 510M [4],
- C4D÷C20D – norma PN-EN ISO 16120-2 [5],
- 18G2A – norma PN-EN 10025-1 [6].

Wymagania wynikające z ograniczeń składu chemicznego ze względu na przydatność do cynkowania

ogniowego są uzgadniane między wytwórcą stali a zamawiającym. Najczęściej stosowanymi wytycznymi są klasy przydatności do cynkowania ogniowego oparte na regulowaniu zawartości krzemu i fosforu w stali podane w normie PN-EN 10025-2 [3]:

- klasa 1 – zawartość Si  $\leq 0,030\%$  masy i Si + 2,5P  $\leq 0,090\%$  masy,
- klasa 2 – zawartość Si  $\leq 0,030\%$  masy,
- klasa 3 – zawartość Si  $0,14 \leq \text{Si} \leq 0,25\%$  masy i P  $\leq 0,035\%$  masy.

Duża rozpiętość dopuszczalnych zawartości C i Mn daje możliwość regulowania w szerokim zakresie wymaganych właściwości walcówki (w stanie po walcowaniu na gorąco lub normalizowanym), a tym samym właściwości drutu po ciągnięciu. Według wymagań norm PN-EN 10218-1 i PN-EN 10218-2 [7, 8], wytrzymałość na rozciąganie drutu stosowanego na panele i siatki ogrodzeniową z połączeniami zgrzewanymi powinna mieścić się między 350 MPa a 950 MPa, przy czym w dostarczonej partii zakres wytrzymałości na rozciąganie nie powinien różnić się o więcej niż 200 MPa. Są to jedyne znormalizowane wymagania dotyczące właściwości mechanicznych drutu stalowego stosowanego na ogrodzenia.

Głównymi producentami walcówki w Polsce są ArcelorMittal Poland S.A. oraz CMC Poland Sp. z o.o. Celsa Huta Ostrowiec Sp. z o.o. produkuje głównie walcówkę żebrowaną do zbrojenia betonu. Importowana do Polski walcówka pochodzi głównie z Niemiec i Republiki Czeskiej – około 50% importu. Duże ilości importowanej walcówki pochodzą również z Mołdawii,

Słowacji i Włoch, a w ostatnim czasie również z Białorusi (Rys. 1) [9].

Do produkcji krat ogrodzeniowych w firmie Legipol stosuje się druty o średnicach od  $\phi 7,5$  do  $\phi 3,5$  mm, z czego zdecydowaną większość stanowią druty o średnicach  $\phi 7,5$  mm i  $\phi 5,5$  mm. Odchyłki wymiarowe drutu okrągłego powinny być zgodne z normą PN-EN 10218-2 [8], poziom T3, (Tab. 1), a powierzchnia drutu nie może wykazywać uszkodzeń mechanicznych – wszelkie rysy i odpryski są niedopuszczalne.

**Tabela 1. Tolerancje średnicy drutu, poziom T3 wg PN-EN 10218-2 [8]**

**Table 1. Tolerances of wire diameter, level T3 according to PN-EN 10218-2 [8]**

Dopuszczalne odchyłki średnicy	Zakres wymiarowy średnicy drutu
mm	mm
$\pm 0,040$	$2,78 \leq d \leq 3,63$
$\pm 0,045$	$3,63 \leq d \leq 4,60$
$\pm 0,050$	$4,60 \leq d \leq 5,67$
$\pm 0,060$	$5,67 \leq d \leq 8,17$
$\pm 0,070$	$8,17 \leq d \leq 11,12$

Owalność (różnica między największą a najmniejszą średnicą drutu w dowolnym przekroju poprzecznym) nie powinna być większa niż połowa tolerancji średnicy podanej w tabeli 1.

### 3. NOWA CIĄGARNIA DRUTU

Ze względu na zakładane zdolności produkcyjne i stosunkowo szeroki zakres stosowanych średnic drutu, nowa ciągarnia została wyposażona w 2 linie: jedną do ciągnięcia drutów o większych średnicach (tzw. dużą) i drugą – do drutów o mniejszych średnicach (tzw. małą). Obie linie są podobnie zbudowane i każda z nich składa się z następujących głównych elementów:

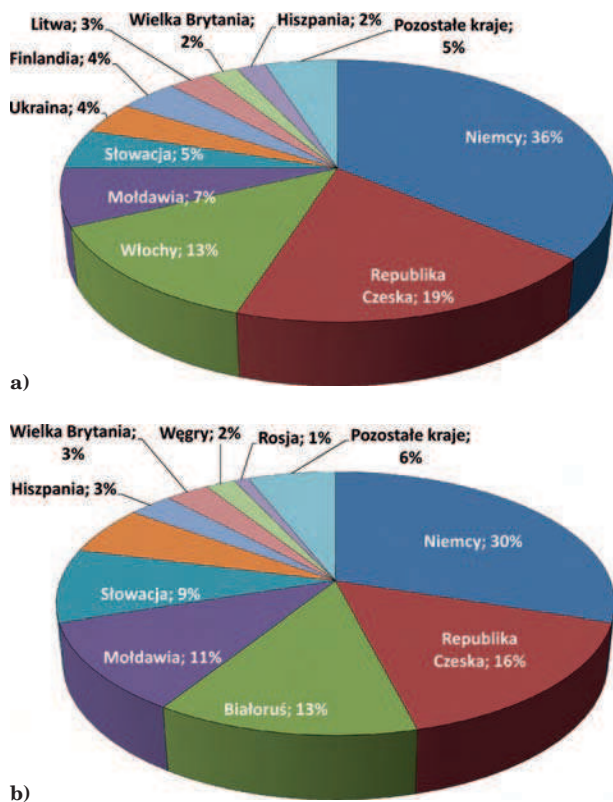
- dwóch rozwijaków walcówki, przy czym każdy rozwijak może pracować, w zależności od decyzji operatora, bez obracania się lub z obrotami dostosowanymi do aktualnej prędkości linii (Rys. 2),
- wieży rozwijaka (Rys. 2),
- łamacza zgorzeliny (przeginięcie walcówki w rolkach w dwóch prostopadłych kierunkach) (Rys. 3),
- urządzenia do doczyszczania powierzchni walcówki papierem ściernym (Rys. 4),
- skrzynki smarowej (Rys. 5),
- części odkształcającej (dwubębnowej dla linii dużej i trzybębnowej dla linii małej) (Rys. 6),
- zwijarki gotowego drutu na szpule wraz z układaczem drutu na szpuli (Rys. 7).

Dostawca linii ciągarskich założył, że wsadem do ciągnięcia będzie walcówka w czterech wymiarach:

- o średnicy  $\phi 9,5$  mm do produkcji drutu o średnicy  $\phi 7,5$  mm,
- o średnicy  $\phi 8,5$  mm do produkcji drutu o średnicy  $\phi 6,5$  mm,
- o średnicy  $\phi 7,0$  mm do produkcji drutu o średnicy  $\phi 5,5$  mm,
- o średnicy  $\phi 5,5$  mm do produkcji drutów o średnicach  $\phi 4,5$  mm i  $\phi 3,5$  mm.

Dopuszczalne maksymalne prędkości pracy linii zależą od średnicy końcowej produkowanych drutów i wynoszą:

- dla drutu o średnicy 3,50 mm 12 m/s,
- dla drutu o średnicy 4,50 mm 7 m/s,
- dla drutu o średnicy 5,50 mm 6 m/s,



**Rys. 1. Zmiany struktury geograficznej importu walcówki ze stali niestopowej pomiędzy okresami: 3 kwartały 2012 roku (a) a 3 kwartały 2014 roku (b) [9]**

**Fig. 1. Changes in the geographical structure of import of non-alloy steel wire rod between the periods: 3 quarters of 2012 (a) and 3 quarters of 2014 (b) [9]**



Rys. 2. Dwa rozwijaki oraz wieża rozwijaków linii dużej

Fig. 2. Two wire rod payoffs and the tower – big sizes drawing line

- dla drutu o średnicy 6,50 mm 5 m/s,
- dla drutu o średnicy 7,50 mm 3,7 m/s.

Wydajność godzinowa i maksymalna zdolność produkcyjna (przy pracy przez 7200 godzin w roku, tj. przez 300 dni w roku na trzy zmiany) wynoszą odpowiednio:

- dla drutu o średnicy 3,50 mm 2,61 t/godz., tj. 18,8 tys. t/rok;
- dla drutu o średnicy 4,50 mm 2,52 t/godz., tj. 18,1 tys. t/rok;
- dla drutu o średnicy 5,50 mm 3,23 t/godz., tj. 23,2 tys. t/rok;
- dla drutu o średnicy 6,50 mm 3,77 t/godz., tj. 27,0 tys. t/rok;
- dla drutu o średnicy 7,50 mm 3,70 t/godz., tj. 26,6 tys. t/rok.

Rzeczywista zdolność produkcyjna obu linii będzie wynikiem przyjętego asortymentu produkcyjnego.



Rys. 3. Łamacz zgorzeliny linii dużej

Fig. 3. Scale breaker – big sizes drawing line



Rys. 4. Urządzenie do doczyszczania powierzchni walcówki papierem ściernym linii dużej

Fig. 4. Double head sand belt cleaner – big sizes drawing line



Rys. 5. Skrzynka smarowa linii dużej

Fig. 5. Soaping unit – big sizes drawing line



a)



b)

Rys. 6. Część odkształcająca linii ciągarskich: dużej – dwubębnowa (a) i małej – trzybębnowa (b)

Fig. 6. Deforming units: two blocks (a) – big sizes drawing line; three blocks (b) – small sizes drawing line



Rys. 7. Zwijarka gotowego drutu na szpule wraz z układaczem drutu na szpuli

Fig. 7. Vertical spooler with coils stacker

#### 4. CIĄNIENIE DRUTU W KASETACH ROLKOWYCH

Do realizacji ciągnięcia drutów wybrano ciągadła rolkowe ze względu na szereg zalet, do których można zaliczyć:

- możliwość stosowania większych prędkości ciągnięcia,
- mniejszą niż w ciągadle monolitycznym siłę ciągnięcia,
- możliwość stosowania dużych gniotów częściowych, co prowadzi w efekcie do zmniejszenia ilości ciągów,
- obniżenie pracochłonności i kosztów produkcji,
- znaczną trwałość rolek niewymagających częstej regeneracji,
- łatwość szlifowania i polerowania rolek roboczych,
- możliwość prowadzenia procesu ciągnięcia bez smaru i warstwy podsmarowej – należy jednak pamiętać, że eliminacja smarów oraz stosowanie rolek o znacznej chropowatości może spowodować pogorszenie jakości powierzchni ciągniętych wyrobów,
- konstrukcja ciągadła rolkowego pozwala na jego zamontowanie w każdej cięgarni do drutu i prętów.

Należy jednak podkreślić, że ciągadła rolkowe są mniej sztywne od ciągadeł monolitycznych. W efekcie trudniej jest uzyskać tak wąskie tolerancje wymiarowe, jak w ciągadłach konwencjonalnych (monolitycznych).

Ciągadła rolkowe zostały zabudowane w kasetach, popularnie zwanych „walcowniczymi”, zawierających po dwa komplety zestawów trzech rolek (Rys. 8).



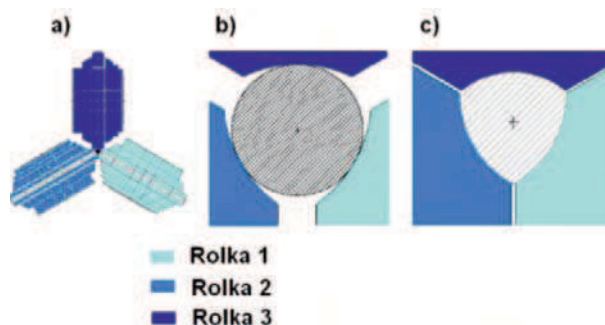
Rys. 8. Kasetka do montażu zestawów rolek OV i FRU

Fig. 8. Cassette for mounting sets of OV and FRU rollers

Pierwszy zestaw rolek stosuje się do odkształcenia wstępnego, a drugi zestaw rolek – do odkształcenia końcowego. Przed każdym bębniem ciągnącym jest umieszczona jedna kasetka – dwie kasetki w linii dużej i trzy w linii małej. Konstrukcja kasetek umożliwia centralną regulację położenia wszystkich trzech rolek w stosunku do osi ciągniętego drutu – każda kasetka wymaga regulacji zestawu trzech rolek wstępnych (tzw. OV) i zestawu trzech rolek wykańczających (tzw. FRU) i tym samym regulacji wielkości odkształcenia realizowanego przez te rolki [10]. Dostawcą kasetek była niemiecka firma MiGro GmbH [11]. Według informacji posiadanych przez autorów jest to pierwsze zastosowanie w Polsce kasetek z centralną regulacją wszystkich rolek.

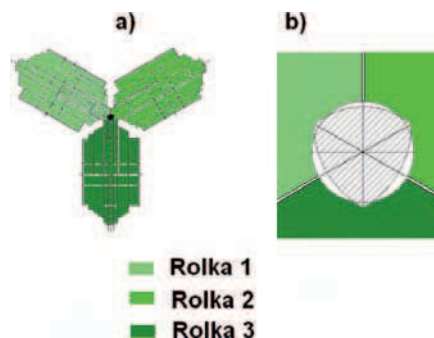
System projektowania wykrojów w rolkach wymaga wprowadzenia do pierwszego zestawu rolek (tzw. OV) materiału o określonej założonej średnicy, tak by materiał ten mógł wypełnić profil bez jego przepełnienia, tworząc trójkąt z wypukłymi powierzchniami bocznymi (Rys. 9) i w drugim zestawie rolek (tzw. FRU) zostać odkształcony na drut okrągły o założonej średnicy (Rys. 10). Ustawianie rolek w kasetach polega na wprowadzeniu nieodkształconego materiału (drutu, walcówki) pomiędzy rolki oraz stopniowym dokręcaniu śrub regulujących centralnie odstęp między rolkami w głowicach wejściowej i wyjściowej (dokręcanie obu śrub powinno odbywać się podobnie, tj. śruby powinny być dokręcane do uzyskania podobnego oporu). W przypadku, gdy żądana średnica drutu jest już prawie ustawiona, może pojawić się wypływka na powierzchni drutu, bądź zbyt duża jego owalność:

- zbyt duża owalność spowodowana jest zbyt dużym odkształceniem w pierwszych rolkach (OV) – należy wtedy odkręcić śrubę rolek OV,
- wypływka może pojawić się na drucie, gdy rolki FRU są zbyt dociśnięte i materiał przepełnia wykroj – należy odkręcić śrubę rolek FRU,
- wypływka może również powstać po nadmiernym odkręceniu śruby rolek OV – w takim przypadku zbyt mały owal może (zbyt małe odkształcenie w pierwszych rolkach) również spowodować przepełnienie wykroju FRU – w tym przypadku należy odkręcić śrubę rolek OV.



Rys. 9. Odkształcanie drutu w rolkach OV: a) widok rolek; b) układ rolek przy wprowadzaniu drutu; c) profil drutu po odkształceniu w rolkach OV

Fig. 9. Deformation of the wire in OV rollers: a) view of rollers; b) position of rollers during wire introduction; c) wire profile after deformation in OV rollers



Rys. 10. Odkształcanie drutu w rolkach FRU: a) widok rolek; b) profil drutu po odkształceniu w rolkach FRU wraz z widokiem profilu drutu odkształconego w rolkach OV wprowadzanego między rolki FRU

Fig. 10. Deformation of the wire in OV rollers: a) view of rollers; b) wire profile after deformation in FRU rollers together with a profile view of the deformed wire in OV rollers introduced into the FRU rollers

W końcowej fazie regulacji rolek, wielkości dociągnięcia lub popuszczenia śrub regulujących są niewielkie. Ustalenie tych wielkości wiąże się z praktyką regulacji i nabyciem odpowiedniej wprawy.

## 5. URUCHOMIENIE PRODUKCJI DRUTU NA SIATKI OGRODZENIOWE

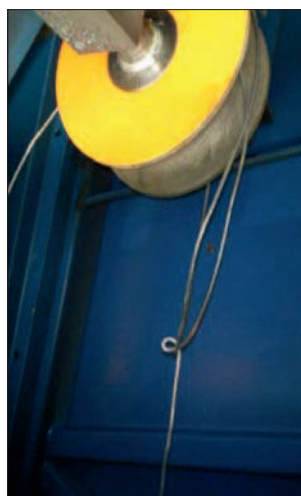
Firma Legipol dotąd nie miała doświadczenia w ciągnięciu drutów, jedynie w dalszym ich przerobieniu, tj. prostowaniu, zgrzewaniu, powlekaniu i malowaniu. Przy zakupie nowej ciągarni zdecydowano, że po uruchomieniu urządzeń przez dostawcę, wdrożenie technologii ciągnięcia i szkolenie załogi zostanie powierzone specjalistom z dziedziny ciągarstwa, dysponującym odpowiednią wiedzą i doświadczeniem. Wybrano do tego celu ekspertów z Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach.

Uruchomienie obu linii ciągarskich odbyło się bez większych problemów. Dochodzenie do planowanych zdolności produkcyjnych wiązało się jednak z pokonaniem wielu przeszkód. Do podstawowych niedogodności należy zaliczyć dość częste zapętlenia walcówki wynikające z nieprawidłowo zwiniętego kręgu bądź też uszkodzeń kręgu, powstałych w czasie transportu (Rys. 11). W ich efekcie następowało zatrzymanie linii ciągarskiej, a w wielu przypadkach dochodziło do zerwania drutu. Jakość walcówki ma kluczowe znaczenie przy ciągnięciu drutów – dość często występują wady

na początkowych i końcowych zwojach walcówki. Zwykajowe odcięcie dwóch zwojów nie zawsze wystarcza.

Innym problemem było nieprawidłowe ustawienie łamacza zgorzeliny. Praktyczne obserwacje w początkowym czasie pracy linii pokazały, że sumaryczne zmniejszenie średnicy walcówki (z łamacza zgorzeliny i w wyniku doczyszczania papierem ściernym) może wynieść nawet 10%, co np. w przypadku walcówki wsadowej o średnicy nominalnej 9,0 mm oznaczało zmniejszenie średnicy dochodzące do 0,9 mm. Skutkowało to potem niepełnym wypełnieniem wykroju w pierwszym zestawie rolek i koniecznością korekty ustawień położenia rolek.

Podczas pracy linii stwierdzono, że pomiary średnicy drutu podczas ustawiania kaset (ciągnięcie z bardzo małymi prędkościami) dają inne wyniki, niż po uruchomieniu procesu z dużą, bądź maksymalną dla danej średnicy prędkością, kiedy to średnice drutu zmniejszają się o około  $0,05 \pm 0,1$  mm. Jedną z przyczyn może być naciąg drutu (przeciwniąg), a drugą samoustawianie się rolek odkształcających względem siebie. Podejrzewanie złego wykonania kaset, charakteryzującego się niecentrycznym ułożeniem rolek bez obciążenia może być przejawem pewnych luzów w ułożeniu rolek, które pod pełnym obciążeniem (tj. przy ciągnięciu z dużą prędkością) prowadzi do zajęcia przez rolki optymalnej pozycji i tym samym niewielkich zmian wymiaru odkształcanego drutu. Nie świadczy to o błędnym wykonaniu kaset.



Rys. 11. Przykłady zapętleń walcówki

Fig. 11. Examples of wire kinks

Tabela 2. Proponowane tolerancje średnicy i owalności gotowych drutów

Table 2. Proposed tolerances of diameter and ovality for finished wires

Średnica drutu	PN-EN 10218-2:2012 – poziom T3		PN-EN 12278:2003	
	Tolerancja średnicy	Owalność	Tolerancja średnicy	Odchyłka okrągłości
			h12	h12
3,50 mm	$\pm 0,040$	$\pm 0,020$	+0 -0,120	+0 -0,060
4,50 mm	$\pm 0,045$	$\pm 0,022$	+0 -0,120	+0 -0,060
5,50 mm	$\pm 0,050$	$\pm 0,025$	+0 -0,120	+0 -0,060
6,50 mm	$\pm 0,060$	$\pm 0,030$	+0 -0,150	+0 -0,075
7,50 mm	$\pm 0,060$	$\pm 0,030$	+0 -0,150	+0 -0,075

**Owalność** jest to różnica między największą i najmniejszą średnicą drutu w dowolnym przekroju poprzecznym i nie powinna być większa niż połowa tolerancji średnicy.

**Odchyłka okrągłości** jest to różnica między najmniejszym i największym wymiarem zmierzona na parach przeciwległych punktów w tym samym przekroju poprzecznym. Maksymalna odchyłka okrągłości nie powinna przekraczać połowy określonej tolerancji i w żadnym przypadku nie może przechodzić poza górny wymiar graniczny.

Użycie drutu (walcówki) wsadowego o mniejszych niż zakładane średnicach może spowodować brak wypełnienia wykrojów i nieokrągły kształt drutu gotowego. Większe średnice mogą spowodować przepięcenie wykrojów i płynięcie materiału pomiędzy rołkami, tworzące wypływkę. W wyniku analizy kształtu i wymiarów drutów ustalono, że nie jest możliwe osiągnięcie okrągłego kształtu z zastosowaniem tylko jednej kasety walcowniczej. Z informacji uzyskanych od przedstawicieli MiGro wynika, że kasety rolkowe mogą zapewnić tolerancję średnicy maksymalnie na poziomie 0,1 mm, co w zupełności powinno wystarczyć dla drutów przeznaczonych na siatki ogrodzeniowe. Jednak stosowana w dotychczasowej praktyce norma PN-EN 10223-7 [2] stawia drutom bardzo ostre wymagania w odniesieniu do tolerancji wymiarowych i owalności, typowe dla drutów ciągnionych w klasycznych ciągadłach oczkowych. W związku z tym proponuje się wdrożyć do stosowania normę PN-EN 12278:2003 [12], według której drut ciągniony okrągły może być wykonany według klas tolerancji ISO 286-2, tj. h9, h10, h11 i h12 (im wyższa liczba przy h tym pole tolerancji większe). Dla drutów ciągnionych przeznaczonych na siatki ogrodzeniowe proponuje się klasę h12 (Tab. 2).

## 6. ASPEKTY TECHNOLOGICZNE PRODUKCJI DRUTU NA SIATKI OGRODZENIOWE

Druty na siatki ogrodzeniowe wytwarzane są drogą ciągnięcia na zimno, przy czym wybór konkretnej metody ciągnięcia (np. ciągnięcie przez ciągadła monolityczne, obrotowe, rolkowe) zależy od wytwórcy. W przypadku ciągnięcia firmy Legipol, na etapie zamawiania urządzeń podjęto decyzję, że będą to ciągadła rolkowe w kasetach, a innowacyjne na skalę krajową rozwiązanie obejmowało kasety z centralnie regulowaną odległością między rołkami.

Bardzo istotnym parametrem przy wytwarzaniu krat jest wytrzymałość gotowego drutu na rozciąganie ( $R_m$ ) – zbyt wysoka wartość tego parametru powoduje znaczne trudności w procesie zgrzewania krat. Technologia przerobu drutu w firmach Legipol i Migapol (cięcie na pręty, prostowanie prętów, zgrzewanie prętów, ocyn-

kowanie i malowanie) zakłada, że wytrzymałość na rozciąganie drutów wsadowych do procesu powinna się mieścić w przedziale 550÷650 MPa. Proponowane przez dostawcę technologie ciągnięcia zakładały dość niskie właściwości wsadowych walcówek –  $R_m = 353$  MPa dla wszystkich średnic, podczas gdy dotychczasowa praktyka Legipolu wykazuje, że wytrzymałość na rozciąganie dostarczanej walcówki mieści się w przedziale  $R_m = 440\div 460$  MPa. W czasie prac związanych z uruchomieniem linii badano właściwości mechaniczne wszystkich walcówek oraz wytworzonych z nich drutów. Najwyższe wytrzymałości drutów zanotowano podczas ciągnięcia w schemacie 3-ciągowym z  $\phi 5,5$  mm na  $\phi 3,5$  mm. Stwierdzono wytrzymałość  $R_m = 784$  MPa, a więc o około 130 MPa więcej, niż wskazywałaby dotychczasowa praktyka Legipolu. Mimo to dalszy przerób tego drutu na kraty nie nastroczał żadnych trudności. Prawdopodobną przyczyną tego zjawiska (nie badaną w ramach przeprowadzonych prac) jest fakt, że podczas odkształcania w ciągadłach rolkowych rozkład odkształceń i naprężeń prowadzi do innego rozkładu naprężeń wewnętrznych w gotowym drucie niż przy ciągnięciu przez ciągadło monolityczne (dotychczas Legipol kupował druty ciągnięte przez ciągadła monolityczne i na podstawie właściwości tych drutów formułowano zalecenia technologiczne ich dalszego przerobu).

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania i wyniki badań wytrzymałościowych wykonanych na wszystkich drutach, opracowano nowe technologie ciągnięcia – z jednej strony biorąc pod uwagę właściwości wytrzymałościowe walcówek dostępnych na rynku, a z drugiej – minimalizując liczbę średnic walcówek wsadowych z czterech zalecanych przez dostawcę linii do trzech, otrzymując drut o jasnej powierzchni, wystarczającej okrągłości i dobrej zgrzewalności. Przy planowaniu rozkładów odkształceń na poszczególnych stopniach ciągnięcia wzięto pod uwagę większą redukcję średnic w urządzeniach do doczyszczania powierzchni po mechanicznym usuwaniu zgorzeli, niż założył dostawca urządzeń. Powoduje to mniejsze umocnienie drutu, niż w przypadku zrealizowania odkształceń wg schematu zaproponowanego przez dostawcę urządzeń. Podobne zmiany technologiczne dotyczą ciągnięcia wszystkich wymiarów drutów. Na rys. 12 przedstawiono przykła-



Rys. 12. Przykładowy drut z dostaw zewnętrznym (z lewej) i z własnej ciągnięcia firmy Legipol (z prawej)

Fig. 12. Example of an external supply wire (left) and from own drawing shop (right)

dowy drut z dostaw zewnętrznych i z produkcji własnej ciągarń.

## 7. PODSUMOWANIE

W Wałbrzyskiej Specjalnej Strefie Ekonomicznej, w firmach Legipol i Migapol Sp. z o.o., zainstalowano i uruchomiono dwie linie ciągarskie do ciągnięcia drutów o średnicach w zakresie  $\phi 3,5 \div \phi 7,5$  mm z walcówki ze stali niskowęglowych. Inwestycja wyniknęła z długofalowej strategii firm, zakładającej znaczny wzrost produkcji systemów ogrodzeniowych, co uzasadniło wybranie kierunku własnego zaopatrzenia wsadowego w druty ciągnięte.

Obie linie ciągarskie, zaprojektowane i dostarczone przez jedną z włoskich firm, realizują odkształcenia plastyczne w ciągadłach rolkowych, zabudowanych w kasetach, mieszczących zestaw trzech rolek wstępnych (OV) i komplet trzech rolek wykańczających (FRU). Cechą charakterystyczną kaset jest system centralnego regulowania obu zestawów rolek, umożliwiający w miarę precyzyjne ustawienia odkształceń, w wyniku których uzyskuje się wyrób o wymaganych parametrach geometrycznych. Niedogodnością tego rozwiązania jest konieczność kilkukrotnego zatrzymywania linii w celu regulacji właściwego wymiaru i geometrii ciągniętego drutu.

Innym ciekawym rozwiązaniem technicznym jest urządzenie do doczyszczania powierzchni walcówki papierem ściernym po mechanicznym usuwaniu zgrzeliney przez rolki przeginające. Dobrze przygotowana powierzchnia walcówki wraz z niewielką ilością smaru pozostałego po ciągnięciu przez ciągadła rolkowe, pozwala na uzyskanie dobrej jakości powierzchni ciągniętych drutów – powierzchnia jest jasna i błyszcząca.

W związku z przyjęciem przez dostawcę urządzeń zbyt optymistycznych założeń w odniesieniu do właściwości wytrzymałościowych walcówek wsadowych oraz innym zachowaniem przerabianej walcówki w niektórych urządzeniach linii, zmodyfikowano zaproponowane przez dostawcę przebiegi technologiczne ciągnięcia, polegające generalnie na zmniejszeniu odkształceń całkowitych i średnich. Stwierdzono również korzystny wpływ ciągnięcia drutu w ciągadłach rolkowych na właściwości użytkowe drutów, które mimo wyższych właściwości wytrzymałościowych niż założone, nie powodują żadnych problemów podczas dalszych etapów przetwarzania drutów na kraty.

Kilkumiesięczne doświadczenia z produkcją drutów w obu liniach pokazują, że druty z własnej produkcji spełniają wszystkie wymagania do dalszej produkcji, a siatki ogrodzeniowe z nich wykonane są bardzo dobrej jakości.

## LITERATURA

1. PN-EN 10223-4: Drut stalowy i wyroby z drutu na ogrodzenia. Część 4: Siatka ogrodzeniowa z drutu stalowego z połączeniami zgrzewanymi
2. PN-EN 10223-7: Drut stalowy i wyroby z drutu na ogrodzenia. Część 7: Panele zgrzewane z drutu stalowego na ogrodzenia
3. PN-EN 10025-2: Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych. Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych
4. ASTM 510M: Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel and Alloy Steel
5. PN-EN ISO 16120-2:2011: Walcówka ze stali niestopowej przeznaczona do produkcji drutu. Część 2: Wymagania dla walcówki ogólnego przeznaczenia
6. PN-EN 10025-1:2005: Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych. Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy
7. PN-EN 10218-1: Drut stalowy i wyroby z drutu. Postanowienia ogólne. Część 1: Metody badań
8. PN-EN 10218-2: Drut stalowy i wyroby z drutu. Postanowienia ogólne. Wymiary i tolerancje wymiarów drutu
9. Centrum Usług Informatycznych „CIBEH” S.A., Biuletyn o handlu zagranicznym wyrobami hutniczymi, numery 3/2012 (s. 36-37 oraz 66-67) i 3/2014 (s. 37-38 oraz 68-69)
10. Instrukcja obsługi kaset walcowniczych firmy MiGro GmbH, s. 8-11
11. [www.migrogmbh.de](http://www.migrogmbh.de), data dostępu 21.01.2015
12. PN-EN 12278:2003. Wymiary i tolerancje wyrobów stalowych o powierzchni jasnej