

# Algorytm automatycznej nastawy szczeliny walcowniczej walcarki DUO-300

## Algorithm for automatic setting of the gap mill DUO-300

TOMASZ GARSTKA  
MARCIN KNAPIŃSKI  
MARCIN KWAPISZ \*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.1.11>

W artykule przedstawiono opis nastawy szczeliny walcowniczej walcarki DUO-300, stanowiącej część zespołu walcowniczego Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej. Sterowanie linią technologiczną opiera się na sterownikach PLC. Do komunikacji pomiędzy poszczególnymi elementami wykorzystano magistralę CANBus. W pracy opisano szczegółowo algorytm nastawy walca górnego walcarki. Automatyczne sterowanie według zaprezentowanego algorytmu pozwoliło przede wszystkim na skrócenie czasu oraz zwiększenie precyzji nastawy walców, co było niemożliwe do uzyskania w oryginalnym, sterowanym manualnie układzie. **SŁOWA KLUCZOWE:** sterowniki PLC, magistrala CANBus, walcarka DUO-300

*The article describes the set gap mill DUO-300 forms part of the rolling of the Faculty of Production Engineering and Materials Technology of Czestochowa University of Technology. Control of technological line based on controllers PLC. For communication between the individual elements used data bus CANBus. The paper describes in detail the algorithm set the upper roller mill. Automatic control according to the algorithm presented primarily allowed to shorten the time and increase the precision of the set of rollers which was impossible to obtain the original, manually controlled system.*

**KEYWORDS:** controller PLC, data bus CANBus, rolling mill DUO-300

Główny element półprzemysłowego, laboratoryjnego zespołu walcowniczego, sukcesywnie rozbudowywanego od 2011 r na Wydziale Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej, stanowi walcarka nawrotna DUO-300 [1] o nominalnych parametrach:

- średnicy walców 300 mm,
- siłę walcowania 500 kN,
- momencie walcowania 20 kNm,
- prędkości walcowania 0,45 m/s.

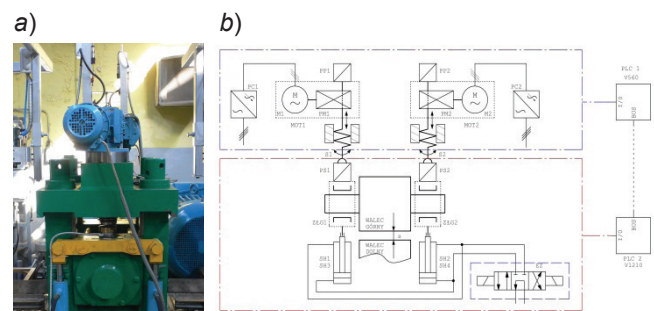
Walcarka ta była wyposażona w sterowany ręcznie elektromechaniczny system nastawy szczeliny walcowniczej z hydraulicznym wyważaniem górnego walca. Było to źródłem wielu niedogodności, przede wszystkim takich, jak niska precyzja oraz długotrwała, kłopotliwa procedura nastawy, uniemożliwiająca praktycznie walcowanie nawrotne w wielu przepustach. Ograniczeniem był również brak interfejsu pozwalającego włączyć układ nastawy w strukturę tworzonego, nadrzędnego systemu sterowania całego zespołu walcowniczego opartego na sieci CANBus.

W związku z tym przeprowadzono modernizację [2], polegającą na doposażeniu układu nastawy w przetwor-

niki położenia mierzące bezpośrednio pozycję śrub nastawczych i w czujniki siły nacisku oraz stworzeniu układu sterowania automatycznego, opartego na sterownikach programowalnych. W efekcie – dzięki wzrostowi parametrów układu nastawy walców (tj. skróceniu czasu nastawy i zwiększeniu jej dokładności) – możliwe stało się poszerzenie zakresu prowadzonych badań doświadczalnych walcowania nowych materiałów [3, 4, 5].

### Struktura układu nastawy

Szczegóły konstrukcyjne budowy układu nastawy szczeliny walcowniczej pokazano na rys. 1a, a jego schemat elektromechaniczny i hydrauliczny – na rys. 1b.



Rys. 1. Widok (a) i schemat elektromechaniczny (b) układu nastawy szczeliny walcowniczej walcarki DUO-300

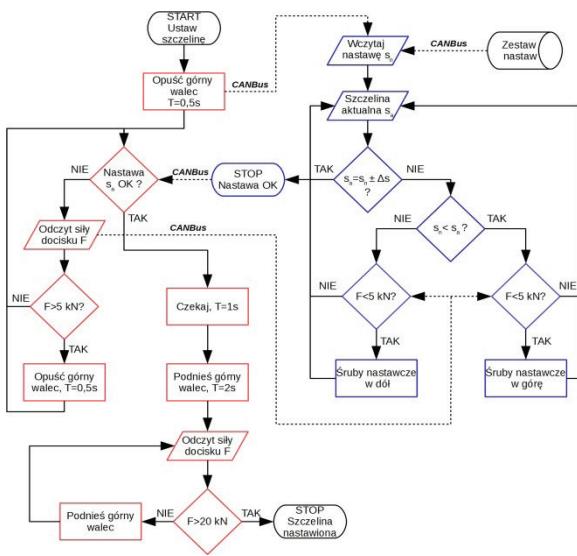
Górny walec, łożyskowany w łożyskach ZŁG1/ZŁG2, wyważany jest hydraulicznie za pomocą par siłowników SH1/SH3 i SH2/SH4, sterowanych wspólnie poprzez rozdzielacz EZ. Górne punkty oporu docisku górnego walca wyznaczane są położeniem końców dociskowych śrub nastawczych S1/S2. Pomiędzy śrubami a obudowami łożysk znajdują się czujniki siły walcowania PS1/PS2. Śruby nastawcze napędzane są motoreduktorami MOT1/MOT2, w których piastach ślimacznicy przekładni PM1/PM2 są osadzone suwliwie ich trzpienie a moment obrotowy przenoszony jest przez kliny. Śruby w czasie obrotu wkręcają się lub wykręcają z nagwintowanych tulei osadzonych w płycie spajającej od góry konstrukcję klatki. Wysunięcie trzpieni śrub dociskowych, określające wysokość szczeliny  $s$ , mierzone jest za pomocą potencjometrycznych przetworników położenia PP1/PP2 o zakresie 100 mm. Dokładny opis zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych znajduje się w pracy [2]. Za działanie układu nastawy odpowiadają dwa sterowniki PLC. Stanowią one fragment struktury nadrzędnego systemu sterująco-pomiarowego zespołu walcowniczego i jednocześnie pełnią szereg innych zadań. Pierwszy z nich, typu Vision V560, który jest zainstalowany w szafie sterowniczej wszystkich napędów elektrycznych związanych z klatką walcowniczą i kontrolujący ich pracę, współpracuje z czujnikami położenia śrub nastawczych i steruje silnikami M1/M2 motoreduktorów poprzez prze-

\* Dr inż. Tomasz Garstka (tomasz.garstka@wip.pcz.pl), dr hab. inż. Marcin Knapieński prof. PCz (knap@wip.pcz.pl), dr inż. Marcin Kwapisz (mkwapisz@wip.pcz.pl) – Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, Instytut Przeróbki Plastycznej i Inżynierii Bezpieczeństwa

mienniki częstotliwości PC1/PC2. Sterownik ten stanowi także interfejs dla stycznika silnika zasilacza hydraulicznego i rozdzielacza EZ, których cewki zasilane są napięciem AC 230 V. Drugi ze sterowników, Vision V1210, znajdujący się na pulpicie operatora, którego głównymi zadaniami jest nastawa oraz akwizycja i wyświetlanie parametrów prowadzonego procesu walcowania, współpracuje z czujnikami siły i wypracowuje sygnały sterujące pracą układu hydraulicznego podnoszenia i opuszczania górnego walca. W celu realizacji automatycznej nastawy wysokości szczeliny walcowniczej Obydwa sterowniki przetwarzają współbieżnie opracowany, specjalny dwutorowy algorytm, który zaimplementowany został w języku drabinkowym. Wymiana danych pomiędzy ścieżkami algorytmu odbywa się z wykorzystaniem magistrali komunikacyjnej CANBus, łączącej wszystkie sterowniki systemu sterującego.

### Algorytm sterujący

Struktura opracowanego algorytmu została przedstawiona na rys. 2.



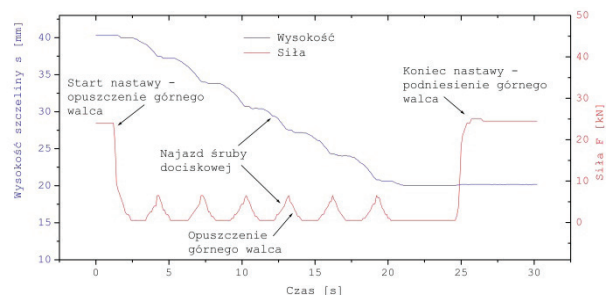
Rys. 2. Algorytm nastawy walców

Ścieżka funkcjonalna sterowania układem hydraulicznym zaznaczona została kolorem czerwonym, a na niebiesko-elektromechanicznym układem nastawy pozycji śrub dociskowych – realizująca regulator trójstawny. Nastawa według algorytmu odbywa się w trybie „ucieczka – pogoń”, zabezpieczającym przed mechanicznym zablokowaniem się motoreduktorów napędowych śrub nastawczych wskutek wystąpienia dużych sił poosiowych [2]. Odwrotnie niż w przypadku sterowania manualnego najpierw ustalana jest pozycja śrub dociskowych, a dopiero potem następuje podniesienie i docisk do nich górnego walca. W trakcie samej nastawy – w przypadku zmiany wysokości szczeliny z większej na mniejszą – górny walec porusza się skokowo, po każdym zetknięciu się trzpieni czujników siły z czołami poruszających się w dół śrub dociskowych. Rozpoczęcie nastawy inicjowane jest przez operatora naciśnięciem przycisku na pulpicie sterowniczym. Powoduje to zluźnienie docisku śrub nastawczych do przetworników siły poprzez impulsowe ( $T = 0,5$  s) opuszczenie zespołu górnego walca. Jednocześnie z programu walcowania jest wczytywana i przesyłana do układu sterowania śrubami dociskowymi nowa wartość nastawy szczeliny  $s_n$ . Porównywana jest ona następnie z aktualną wartością  $s_a$ , mierzoną przez czujniki położenia śrub. Jeśli różnica tych dwóch wielkości jest większa od zadanej strefy nieczułości  $\Delta s$ , to w zależności

od znaku tej różnicy rozpoczyna się przemieszczanie śrub nastawczych w górę lub dół, w kierunku zadanego położenia. Ruch ten warunkowany jest wartością siły odczytywanej z czujników siły. W momencie przekroczenia zadanego limitu siły  $F$  (5 kN) w trakcie najazdu czoła śruby na czujnik siły następuje zatrzymanie motoreduktora oraz wyzwolenie kolejnej operacji skokowego opuszczenia górnego walca.

### Przebieg nastawy

Na rys. 3 przedstawiono przykładowy przebieg procesu nastawy szczeliny walcowniczej.



Rys. 3. Przebieg procesu nastawy

Dla lepszego zobrazowania jej wysokość zmieniano w szerokim zakresie – od 40 mm do 20 mm. Jak można zauważyć na podstawie przebiegu zmian siły i wysokości szczeliny, dla funkcjonowania układu automatycznej nastawy charakterystyczny jest 3-sekundowy cykl sekwencji ruchu śrub dociskowych i górnego walca.

W jego trakcie średnia prędkość nastawy wynosi w przybliżeniu 1 mm/s. Taka prędkość zapewnia bezkolizyjne funkcjonowanie całego układu i zmianę nastawy szczeliny dla typowych gniotów, stosowanych dla wsadów o grubości 20÷40 mm w czasie rewersu napędów głównych walcarki.

### Podsumowanie

Przedstawiony dwutorowy algorytm automatycznego sterowania układem nastawy szczeliny walcowniczej stanowi oryginalne rozwiązanie, dopasowujące się do istniejących rozwiązań konstrukcyjnych w obszarze mechaniki, jak również przyjętej koncepcji funkcjonowania nadrzędnego systemu sterująco-pomiarowego. Jednocześnie wykorzystanie magistrali CANBus do przesyłania danych pomiędzy ścieżkami algorytmu uprościło strukturę i pozwoliło zmniejszyć ilość niezbędnego okablowania. Z funkcjonalnego punktu widzenia poza uproszczeniem obsługi walcarki automatyczne sterowanie – według zaprezentowanego algorytmu – pozwoliło przede wszystkim na skrócenie czasu i zwiększenie precyzji nastawy walców, niemożliwej do uzyskania w układzie oryginalnym, sterowanym manualnie.

### LITERATURA

- Knapiński M., Dyja H., Garstka T., Janik M. „Complex laboratory rolling mill system”. *Proceedings of 9th International Rolling Conference ROLLING 2013*, Venice (Italy) 10–12 June 2013.
- Garstka T., Knapiński M., Dyja H. „Charakterystyka układu nastawy szczeliny walcowniczej walcarki DUO D300 po modernizacji. *XVI International Scientific Conference, „New Technologies and Achievements in Metallurgy, Material Engineering and Production engineering”*, Częstochowa 2015, s. 157–162.
- Knapiński M., Koczurkiewicz B., Kawalek A., Garstka T., Kwapisz M. „The analysis of preliminary of rolling process of X80–X100 plates in laboratory conditions”. *Proceedings of Conference METAL 2014*, Brno (Czech Republic), 21–23 May 2013.
- Rydz D., Garstka T., Koczurkiewicz B., Kwapisz M. „Walcowanie blach grubych ze stopu magnezu AZ31”. *Hutnik – Wiadomości Hutnicze*. 81, 5 (2014): s. 279–282.