

Krzysztof SZAROWICZ, Marcin STĄNCZYK

WPLYW PROCESU WALCOWANIA NA WŁASNOŚCI PRĘTÓW ULEPSZANYCH CIEPLNIE

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono technologię przeróbki plastycznej prętów okrągłych gorąco walcowanych i jej wpływ na własności mechaniczne. Badania przeprowadzono na prętach w czterech gatunkach: C45, C60, 41Cr4, 42CrMo4 i rozmiarach od 140 do 180 mm. W celu zbadania własności mechanicznych przeprowadzono próbę statycznego rozciągania oraz określono twardość na przekroju poprzecznym prętów.

THE EFFECTS OF MECHANICAL METALLURGY ON MECHANICAL PROPERTIES OF ROD AFTER HEAT TREATMENT

Summary. The paper presents mechanical metallurgy of rod and its influences on mechanical properties. Researches made on round rods in four grade of steel: C45, C60, 41Cr4, 42CrMo4 and sizes 140 – 180 mm. For definition mechanical properties made tension and Brinell hardness test.

1. WSTĘP

Wsad we współczesnych metodach obróbki plastycznej dostarczany jest w postaci:

- wlewka tradycyjnego o odpowiedniej masie i cechach geometrycznych,
- wlewka kwadratowego lub płaskiego odlanego metodą ciągłą.

Każdy z tych wsadów dostarczany jest z żadaną minimalną zawartością domieszek i wielkością pierwotnego ziarna austenitu. Warunki nagrzewania muszą być dobrane do przetwarzanego gatunku stali i jego cech chemiczno - fizycznych, a także dopasowane do rodzaju wsadu. Przy takich założeniach można rozważać dopiero kształtowanie struktury, a więc własności wyrobu. Kształtowanie struktury sprowadza się do kontrolowanego wprowadzania defektów sieciowych i sterowania przemianami zachodzącymi podczas chłodzenia po obróbce plastycznej [1].

Poprawnie prowadzony proces technologiczny polega na umiejętnym dobieraniu wartości prędkości odkształcania w odpowiednich temperaturach i przy sterowanej prędkości przepływu ciepła w logicznie ustawionej sekwencji czasowej. W sensie fizycznym daje to w efekcie:

- zmiany wielkości ziarna lub podziarna,
- wydzielanie drobnych cząstek faz międzymetalicznych,
- kontrolowany rodzaj i stopień dyspersji faz powstałych podczas przemiany.

Dla stopów zakres temperatur obróbki plastycznej na gorąco winien być tak ustalony, aby cały proces kształtowania przebiegał w zakresie jednej fazy. Obecność obok siebie ziaren

dwóch faz wskutek ich różnej zdolności do odkształceń plastycznych może wywołać znaczne naprężenia własne, a nawet lokalne pęknięcia.

Półwyroby kształtowane na gorąco mają na ogół strukturę o stosunkowo drobnym ziarnie w porównaniu ze strukturą wlewków. Rozdrobnienie ziaren jest wynikiem procesów odkształcania i rekrytalizacji.

2. PROCES GRZANIA WSADU

Główny cel nagrzewania to zmniejszenie oporu plastycznego przed samą operacją obróbki plastycznej. Ze względu na wysokie koszty energii nagrzewanie jest operacją na równi ważną co operacja walcowania [2]. Dlatego obróbka plastyczna na gorąco określonego materiału musi być przeprowadzona w odpowiednio dobranym zakresie temperatur. Górna temperatura tego zakresu powinna być możliwie wysoka ze względu na małe wartości naprężeń uplastyczniających i dużą zdolność do odkształceń plastycznych materiału. Ograniczenie górnej temperatury wynika z przyczyn takich, jak: utlenianie, odwęglanie i tworzenie się gruboziarnistej struktury. Silne utlenianie powierzchni, prowadzące do dużych strat materiałowych, odwęglanie zmieniające własności materiału, jak również gwałtowny rozrost ziaren wywołany rekrytalizacją wtórną, jako zjawiska zależne od czasu grzania, występują szczególnie intensywnie przy nagrzewaniu przedmiotów o dużej masie.

Wlewki ze stali w gatunkach C45, C60, 41Cr4, 42CrMo4, które objęte zostały badaniami, grzane były w piecu pokrocznym w walcowni Huty Bankowa wg tabl. 1.

Tablica 1

Parametry nagrzewania prętów okrągłych o średnicach 140 – 180 mm

Nagrzewanie		
Gatunek stali	C45, C60, 41Cr4	42CrMo4
Temp. pieca - strefa wyrównawcza [$^{\circ}\text{C}$]	1280	1260
Czas nagrzewania [h]	4,5	5,25
Temp. wsadu po wyjściu z pieca [$^{\circ}\text{C}$]	1180	1148

W pewnych przypadkach górna granica temperatur obróbki plastycznej może być ograniczona zjawiskiem tzw. kruchości na gorąco. Występuje ona przede wszystkim wtedy, gdy skład chemiczny materiału sprzyja powstawaniu podczas krzepnięcia stali cienkich błonek na granicach ziaren pierwotnych, utworzonych z siarczku żelaza FeS. Kruchość na gorąco spowodowana jest topieniem się tego związku w temperaturze 1200°C . Dodatek manganu przeciwdziała temu zjawisku, ponieważ tworzy on siarczek o znacznie wyższej temperaturze topnienia oraz występuje pod postacią wtrąceń kulistych [3].

Określenie dolnej temperatury obróbki plastycznej na gorąco jest związane z największymi oporami plastycznymi, dopuszczalnymi ze względu na stosowane urządzenia i plastycznością materiału, zapewniającą poprawny przebieg kształtowania. Dolna temperatura ma również wpływ na uzyskane własności półwyrobów po zakończeniu procesu kształtowania. Zastosowanie odpowiednio dużych odkształceń w pobliżu dolnej temperatury obróbki plastycznej sprzyja uzyskaniu drobnoziarnistej struktury materiału. Odkształcenia te nie mogą być zbliżone do odkształceń odpowiadających gniotowi krytycznemu, gdyż prowadziłyby to do uzyskania gruboziarnistej struktury.

3. TECHNOLOGIA WALCOWANIA

Obróbkę plastyczną na gorąco, a więc w temperaturze przekraczającej temperaturę rekryształizacji, stosuje się w celu:

- zmniejszenia nacisków niezbędnych do kształtowania,
- zwiększenia wartości odkształcenia pęknięcia materiału.

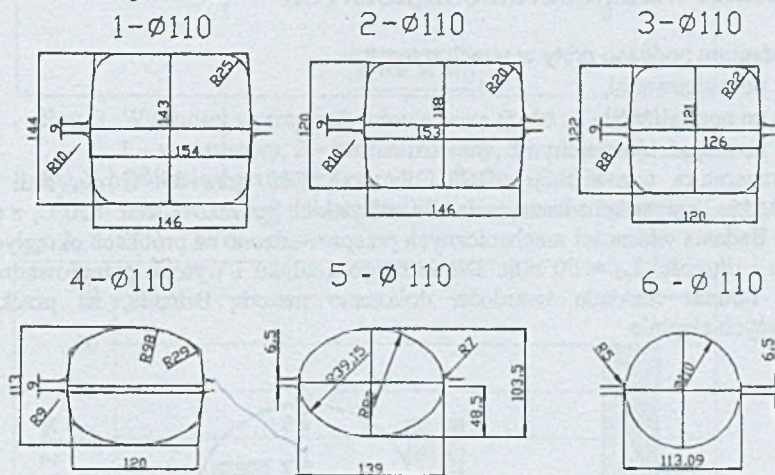
Dzięki nagrzanemu materiałowi jego opór kształtowania może się zmniejszyć kilka do nawet kilkunastu razy.

Proces walcowania prętów odbywa się na dwóch zespołach:

- walcarki wstępnej,
- walcarki liniowej dwuklatkowej.

Nagrzane do odpowiedniej temperatury wlewki o wymiarach 280x400 za pomocą samotoku podawane są w pierwszej kolejności na walcarkę wstępną, a następnie na układ liniowy dwuklatkowy. Produkcja prętów polega na kolejnym walcowaniu w układzie wykrojów o stopniowo zmniejszających się powierzchniach przekroju i różnych kształtach. Na rysunku 1 przedstawiono przykład kalibrowania dla prętów o średnicy 110 mm.

Kalibry dla $\varnothing 110$ Walc. Nawrotna



Rys. 1. Kalibrowanie dla prętów walcowanych w walcarki liniowej dwuklatkowej w Hucie Bankowa

Fig. 1. Roll passes design for round rods in Huta Bankowa

Jak wspomniano, proces przeróbki plastycznej powinien przebiegać w zakresie jednej fazy. Obecność obok siebie ziaren dwóch faz, wskutek ich różnej zdolności do odkształceń plastycznych, może wywołać znaczne naprężenia własne, a nawet lokalne pęknięcia. Dlatego też podczas badań określono temperatury początku i końca walcowania, co przedstawiono w tabl. 2.

Tablica 2
Temperatury początku i końca walcowania

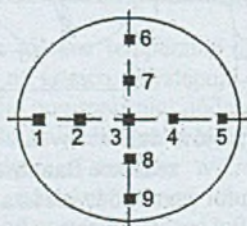
Gatunki	C45, C60, 41Cr4			42CrMo4		
Walcarka zgniatacz						
Zakres średnic [mm]	105-145	150-175	180-200	105-145	150-175	180-200
Temp. początku walcowania [°C]	1140	1140	1140	1130	1130	1130
Temp. końca walcowania [°C]	1050	1064	1080	1009	1038	1070
Walcarka nawrotna						
Temp. początku walcowania [°C]	997	1016	1024	965	995	1005
Temp. końca walcowania [°C]	915	960	980	912	930	970

4. BADANIA WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH

Badaniom poddano pręty w trzech stanach:

- po walcowaniu,
- po normalizacji,
- po ulepszaniu cieplnym.

Temperatura normalizacji: 830°C dla stali C60 oraz 850°C dla stali C45, 41Cr4 i 42CrMo4. Temperatura hartowania dla wszystkich gatunków stali: 850°C, a odpuszczania 550°C. Badania własności mechanicznych przeprowadzono na próbkach okrągłych o średnicy 10 mm i długości $L_0 = 50$ mm. Dla każdego gatunku i wytopu przeprowadzono po dwie próby. Pomiar rozkładu twardości dokonano metodą Brinella, na przekroju prętów ulepszanych cieplnie.

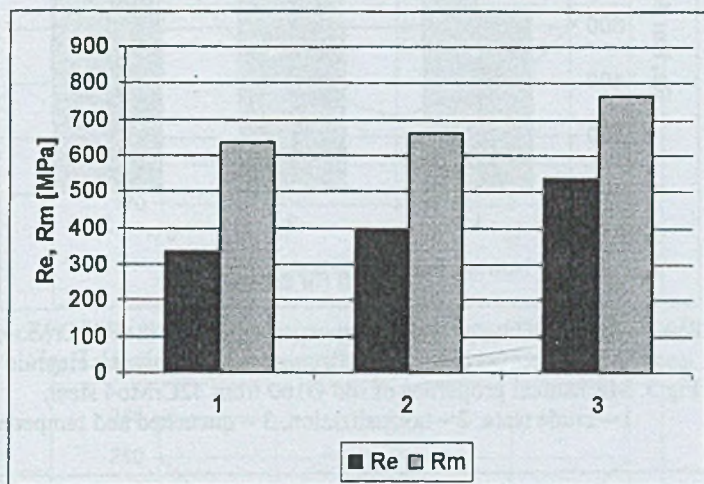


Rys. 2. Schemat pomiaru twardości na przekroju pręta
Fig. 2. Scheme of hardness definition

Badania własności mechanicznych prętów przeprowadzono w Laboratorium Centralnym Huty Bankowa. Próbę statycznego rozciągania wykonano wg PN-EN 10002-1/2002 r. na maszynie wytrzymałościowej AMSLER 60ZD 1368 ze zmodernizowanym układem sterowania i pomiaru w systemie DUPS I firmy Zwick.

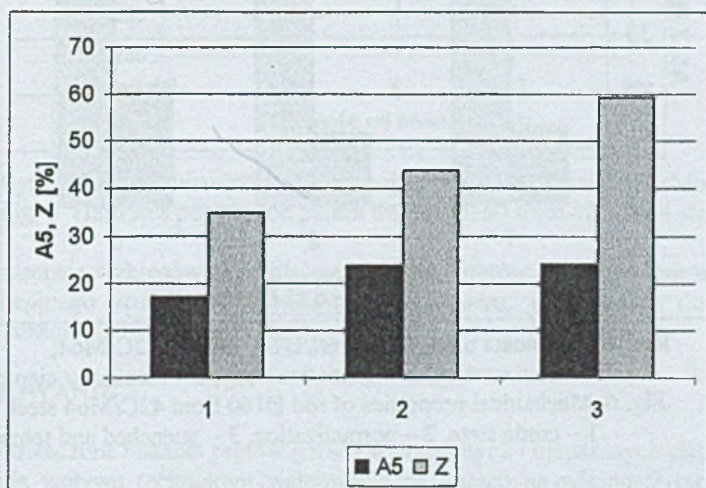
4.1. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie wyników badań sporządzono wykresy zmian własności mechanicznych prętów po walcowaniu, normalizacji i ulepszaniu cieplnym. Do analizy wytypowano stal C45 i 42CrMo4 i średnice prętów odpowiednio 150 i 160 mm.



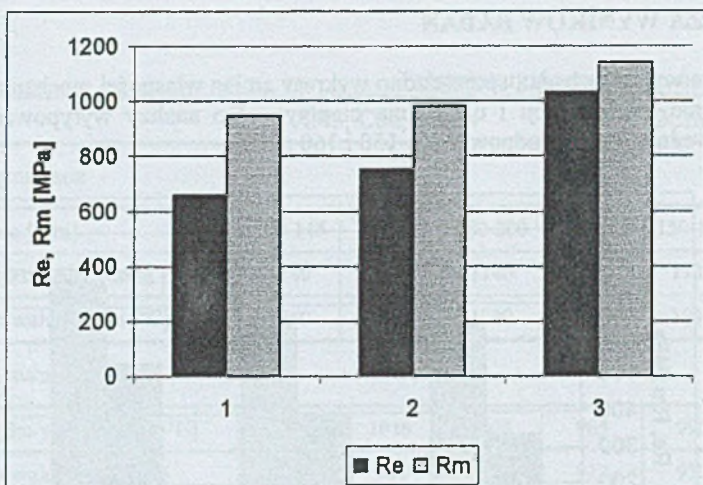
Rys. 3. Własności wytrzymałościowe pręta Ø150 ze stali C45;
1 – stan surowy, 2 – normalizowany, 3 – ulepszany cieplnie

Fig.3. Mechanical properties of rod Ø150 from C45 steel;
1 – crude state, 2 – normalization, 3 – quenched and tempered



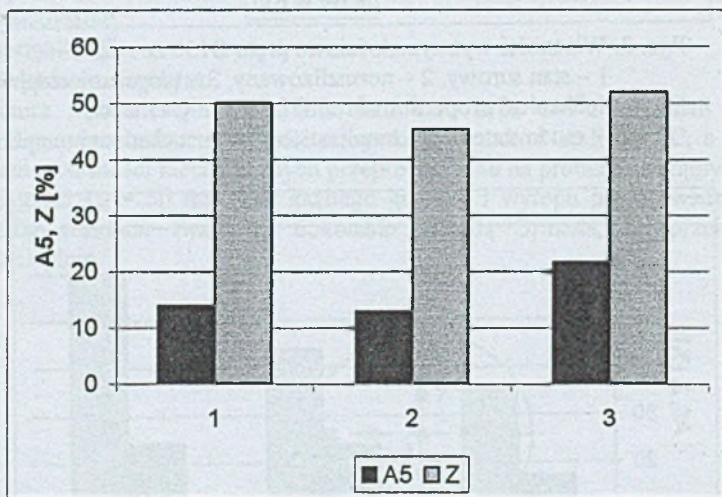
Rys. 4. Własności plastyczne pręta Ø150 ze stali C45;
1 – stan surowy, 2 – normalizowany, 3 – ulepszany cieplnie

Fig. 4. Mechanical properties of rod Ø150 from C45 steel;
1 – crude state, 2 – normalization, 3 – quenched and tempered



Rys. 5. Własności wytrzymałościowe pręta Ø160 ze stali 42CrMo4;
1 – stan surowy, 2 – normalizowany, 3 – ulepsznany cieplnie

Fig.5. Mechanical properties of rod Ø160 from 42CrMo4 steel;
1 – crude state, 2 – normalization, 3 – quenched and tempered

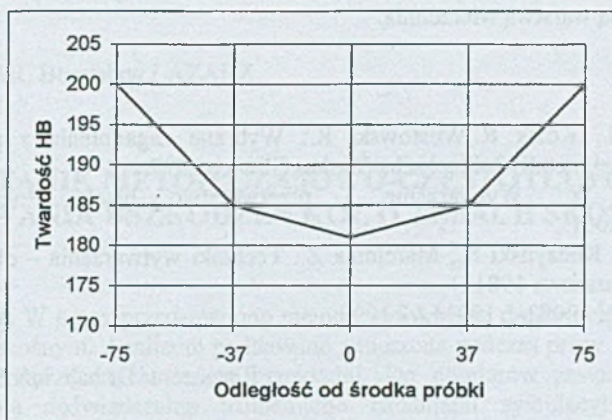


Rys. 6. Własności plastyczne pręta Ø160 ze stali 42CrMo4;
1 – stan surowy, 2 – normalizowany, 3 – ulepsznany cieplnie

Fig. 6. Mechanical properties of rod Ø160 from 42CrMo4 steel;
1 – crude state, 2 – normalization, 3 – quenched and tempered

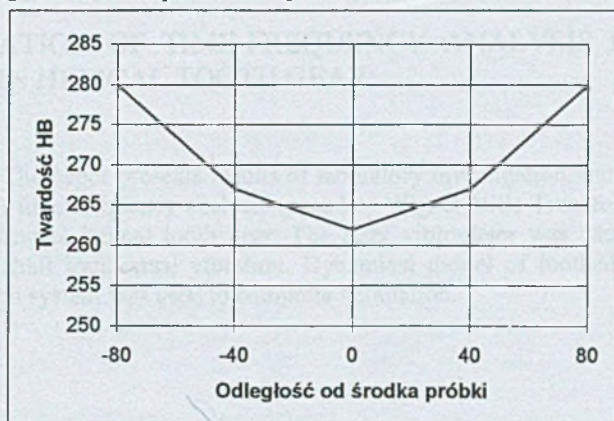
Z wykresów sporządzonych dla prętów o średnicy 150 mm ze stali C45 wynika, iż wprowadzenie po procesie walcowni obróbki cieplnej w postaci normalizowania i ulepszenia cieplnego prowadzi do wzrostu zarówno własności wytrzymałościowych, jak i plastycznych. Natomiast w przypadku stali 42CrMo4 wprowadzenie obróbki cieplnej powoduje tylko wzrost własności wytrzymałościowych, a własności plastyczne pozostają na podobnym poziomie.

Badanie twardości przeprowadzono tylko dla prętów ulepszanych cieplnie, a wyniki prezentują rys. 7 i 8.



Rys. 7. Rozkład twardości na przekroju pręta Ø150 ze stali C45

Fig. 7. Hardness penetration pattern for rod Ø150 from C45 steel



Rys. 8. Rozkład twardości na przekroju pręta Ø160 ze stali 42CrMo4

Fig. 8. Hardness penetration pattern for rod Ø160 from 42CrMo4 steel

Na podstawie wykresów twardości na przekroju prętów można wnioskować, iż proces ulepszania cieplnego został przeprowadzony prawidłowo, gdyż mamy do czynienia z plastycznym rdzeniem i twardą warstwą wierzchnią.

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania prętów gorąco walcowanych i ulepszanych cieplnie miały na celu określenie wpływu technologii walcowania na gorąco na własności mechaniczne po ulepszaniu cieplnym.

Zbadane własności mechaniczne prętów po przeróbce plastycznej, normalizacji i ulepszaniu cieplnym wykazują, że dobrana technologia przeróbki plastycznej jak i cieplnej jest prawidłowa.

Zbadane twardości prętów mieszczą się w granicach normowych [4], a z analizy rozkładu twardości na przekroju można wnioskować, że mamy do czynienia z plastycznym rdzeniem i twardą warstwą wierzchnią.

LITERATURA

1. Kajzer S., Kozik R., Wustowski R.: Wybrane zagadnienia z procesów obróbki plastycznej metali. Politechnika Śląska, Gliwice 1997.
2. Gorecki W.: Wytwarzanie i przetwórstwo blach. Politechnika Śląska, Gliwice 2001.
3. Erbel. S., Kuczyński K., Marciniak Z.: Techniki wytwarzania – obróbka plastyczna. PWN, Warszawa 1981.
4. Norma EN 10083-1:1991+A1:1996.

Recenzent: Dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik

Sprawozdanie wykonano w ramach BW nr 441/RT2/2004.