

UTWARDZANIE DYSPEKSYJNE WALCOWANEGO ŻELIWA SFEROIDALNEGO

T. SZYKOWNY¹, J. SADOWSKI²
Katedra Inżynierii Materiałowej, Akademia Techniczno-
Rolnicza ul. Kaliskiego 7, 85-791 Bydgoszcz

STRESZCZENIE

Żeliwo sferoidalne o strukturze ferrytu przesyconego miedzią poddano walcowaniu ze zgniotem 20,4 lub 60%. Żeliwo walcowane poddano wyżarzaniu w temperaturze 450 lub 500°C w czasie do 72 godzin. Prześledzono i zinterpretowano zmiany twardości zachodzące podczas tego wyżarzania.

Key words: Dustilet iron, structural hardening, rolling

1. WSTĘP

Podwyższenie własności żeliwa w postaci odlewu lub danego półwyrobu może zachodzić na drodze obróbki cieplnej lub plastycznej. Jakkolwiek obróbka plastyczna, szczególnie na zimno, nie należy jak dotychczas do rutynowych operacji wykonywanych na tym tworzywie, to istnieją przesłanki świadczące o możliwości zastosowania jej w celu kształtowania własności wyrobów żeliwnych.

Wzrost plastyczności żeliwa sferoidalnego występuje powyżej temperatury 500°C, a w zakresie temperatury 840-1050°C może być prowadzona obróbka plastyczna tego żeliwa. Wynika to niewątpliwie z korzystnej postaci grafitu i jego równomiernego rozłożenia w osnowie żeliwa. Próby kucia swobodnego żeliwa sferoidalnego perlitycznego i ferrytycznego przy użyciu kowadeł płaskich wykazały pęknięcia żeliwa

¹ dr inż. Tadeusz Szykowny

² dr inż. Jan Sadowski -, e-mail: sadjan@atr.bydgoszcz.pl

dopiero po przekroczeniu stopnia przekucia równego 4,5. Zadawalające wyniki uzyskano podczas prób kucia w matrycach, wyciskania, prasowania i walcowania żeliwa sferoidalnego, jeśli temperatura obróbki nie przekraczała 1100°C [1].

Autorzy rosyjscy odkształcali na zimno ściskaniem wysokomiedziowe żeliwo sferoidalne o zawartości 6,25 lub 8,53% Cu uzyskując wzrost granicy plastyczności od około 360 do 760 MPa przy zgniotcie 70% [2]. Mierzono mikrotwardość ferrytu żeliwa wysokomiedziowego w zależności od stopnia zgniotu otrzymując odpowiednio: 280μHV dla zgniotu 0%, 283μHV dla zgniotu 20%, 310μHV dla zgniotu 40% i 440μHV dla żeliwa poddanego zgniotowi 60%. We wnioskach autorzy [2] stwierdzają, iż badane żeliwo można zastosować do wytwarzania metodą prasowania elementów pracujących w warunkach tarcia.

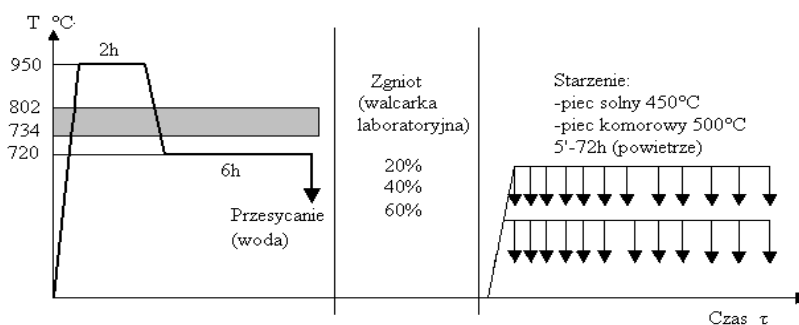
Autorzy pracy [3] wywoływali ściskaniem zgniot 15 lub 30% w niskomiedziowym żelwie sferoidalnym o osnowie ferrytu przesyconego miedzią. Zgniot 15% wywołał 40% wzrost twardości względem stanu przesyconego (z 167 do 235HV), natomiast zgniot 30% o 52% (z 167 do 254HV).

W literaturze zauważa się brak obszerniejszych danych dotyczących zmian własności żeliwa pod wpływem zgniotu, a szczególnie na temat zmian w strukturze i własnościach wywołanych wyżarzaniem po tym zgniotcie.

Bezpośrednim celem pracy jest określenie wpływu obróbki plastycznej (walcowanie) żeliwa sferoidalnego przesyconego i obróbki cieplnej (starzenie) na kinetykę i efekty otrzymane w trakcie tego procesu.

2. MATERIAŁ, PROGRAM I METODYKA BADAŃ

Do badań przyjęto żeliwo niskomiedziowe o następującym składzie chemicznym: C-3,76; Si-3,07; Mn-0,35; P-0,07; S-0,04; Cr-0,04; Cu-0,48; Ti-0,024; Mg-0,06% wagowo.



Rys.1. Schemat obróbki cieplnej i plastycznej żeliwa.

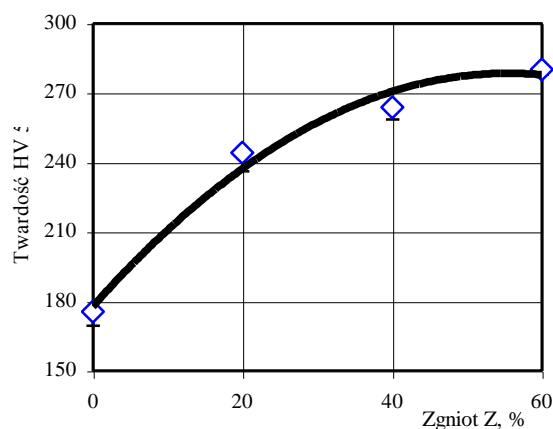
Fig.1. Scheme of heat treatment and plastic working of the ductile iron.

Z żeliwa odlano próbki YII. Z prostopadłościenną częśći próbki YII pobrano krążki o średnicy 20mm i grubości 3mm. Krążki poddano obróbce cieplnej i plastycznej wg schematu na rys.1.

Na wszystkich próbkach krążkowych wykonano po 5 pomiarów twardości metodą Vickers'a HV5. Na wybranych próbkach wykonano badania mikroskopowe metalograficzne oraz dyfrakcyjne badania rentgenowskie. Analizowano intensywność i położenie linii (110) ferrytu.

3. WYNIKI BADAŃ WRAZ Z ANALIZĄ

Twardość żeliwa jako funkcję stopnia zgniotu przedstawia rysunek 2.

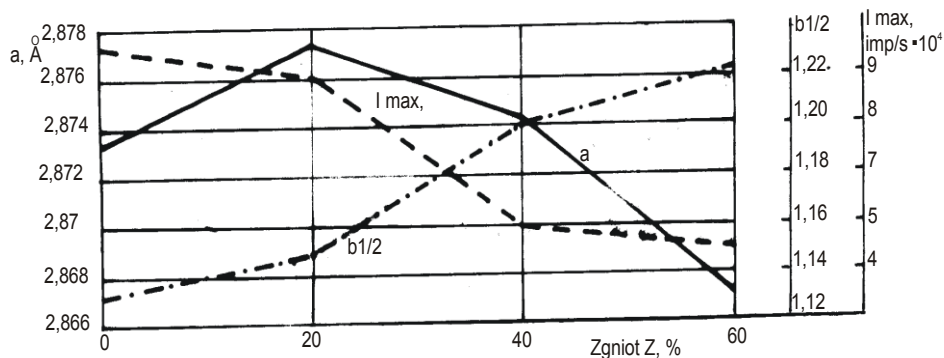


Rys.2. Twardość HV5 żeliwa sferoidalnego przesyconego w zależności od stopnia zgniotu Z.

Fig.2. Hardness HV5 of spheroidal supersaturated cast iron in dependence on the degree of cold work Z.

Twardość wykazuje ciągły wzrost od 175,4 dla Z=0% do 280,1 HV dla Z=60% czyli o 59,7%.

Wyniki dyfrakcyjnych badań rentgenowskich żeliwa przesyconego poddanego zgniotowi przedstawia rysunek 3 i tabela 1.



Rys.3. Zależność parametru sieciowego ferrytu a , szerokości połówkowej linii (110) ferrytu $b \frac{1}{2}$, intensywności maksymalnej linii (110) ferrytu żeliwa od stopnia zgniotu Z .

Fig.3. Dependence of the parameter of reticular ferrite a , the breadth of half line (110) of the ferrite $b^{1/2}$, intensity of maximal line (110) of ferrite of the cast iron on the degree of cold work Z .

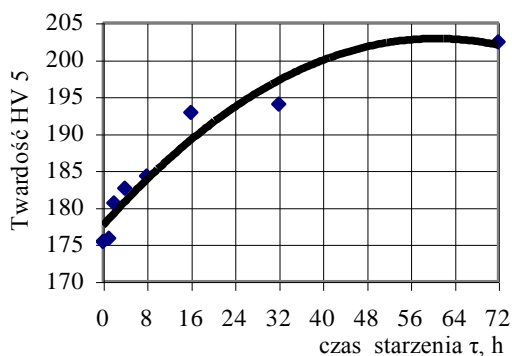
Tabela 1. Wyniki dyfrakcyjnych badań rentgenowskich żeliwa przesyconego
Table 1. Results of X-ray diffraction inspections of supersaturated cast iron

Z	J_{max} imp/s	$b \frac{1}{2}$, rad · 10 ⁻²	a , Å
0%	87 489	1,1299	2,8733
20%	80 635	1,1482	2,8773
40%	49 907	1,2034	2,8742
60%	44 828	1,2217	2,8671

Szerokość połówkowa $b \frac{1}{2}$ linii (110) ferrytu wykazuje tendencję rosnącą natomiast intensywność maksymalna linii, malejącą wraz ze wzrostem zgniotu. Należy zauważyć, iż najintensywniejsze zmiany omawianych wielkości następują przy wzroście zgniotu od 20 do 40%. Wzrost szerokości połówkowej należy przypisać obecności w żelwie zgniecionym naprężeń drugiego rodzaju oraz fragmentacji ziarn ferrytu. Spadek intensywności linii (110) spowodowany został wzrastającym wraz ze stopniem zgniotu zdefektowaniem sieci ferrytu [4].

Gdyby powiązać zmiany parametru sieciowego ferrytu z obecnością naprężeń pierwszego rodzaju, to mały zgniot (20%) wprowadza naprężenia rozciągające, natomiast silny zgniot wywołuje naprężenia ściskające. Jest to zjawisko trudne do interpretacji.

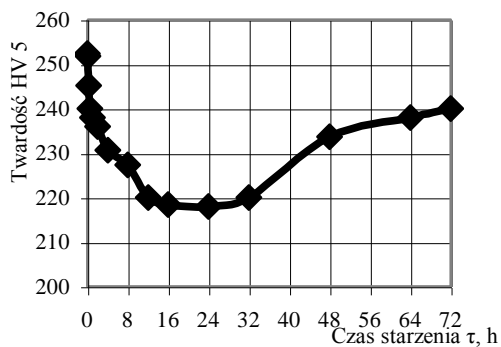
Twardość żeliwa przesyconego w funkcji czasu starzenia i nie poddanego zgniotowi, pokazuje rysunek 4 jest stale rosnącą funkcją czasu starzenia.



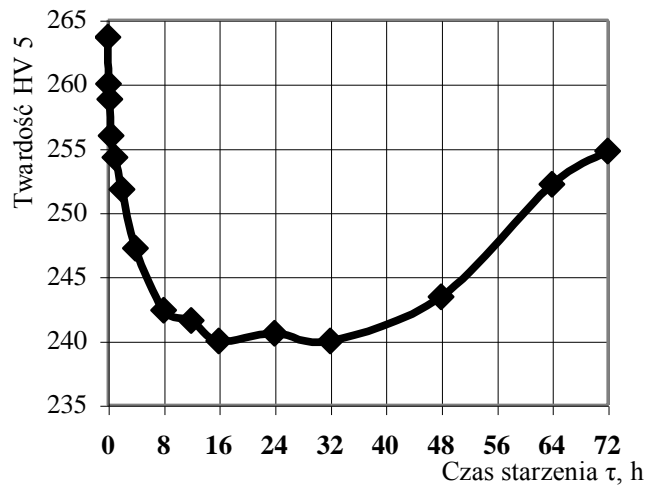
Rys. 4. Wykres twardości HV 5 żeliwa w funkcji czasu starzenia τ dla zgniotu $Z=0\%$.
 Fig. 4. Hardness HV5 diagram of the cast iron in dependence on the stabilizing time τ for the cold work $Z=0\%$.

Maksymalny przyrost twardości występujący po 72 godzinach starzenia wynosi 15% względem twardości żeliwa w stanie przesyconym.

Analiza zmian twardości żeliwa zgniecioneo w stopniu 20%, 40%, 60% starzonego w temperaturze 450°C (rys.5,6,7) pozwala wyodrębnić trzy przedziały czasowe, w których twardość przebiega w charakterystyczny sposób. W pierwszym przedziale obserwuje się spadek twardości wywołany procesem zdrowienia zgniecionej osnowy.

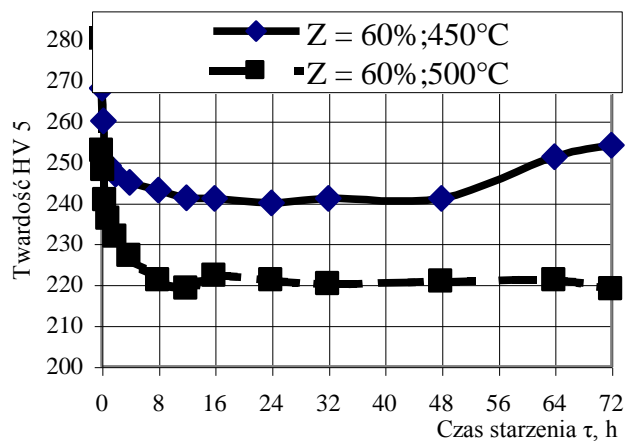


Rys. 5. Wykres twardości HV 5 żeliwa w funkcji czasu starzenia τ dla zgniotu $Z=20\%$.
 Fig. 5. Hardness HV 5 diagram of the cast iron in dependence on the stabilizing time τ for the cold work $Z=20\%$.



Rys.6. Wykres twardości HV 5 żeliwa w funkcji czasu starzenia τ dla zgniotu, $Z=40\%$, temperatura starzenia 450°C .

Fig. 6. Hardness HV 5 diagram of the cast iron in dependence on the stabilizing time τ for the cold work $Z=40\%$, stabilizing temperature 450°C .



Rys.7. Twardość HV 5 żeliwa w zależności od czasu starzenia dla zgniotu $Z=60\%$, temperatura starzenia 450 lub 500°C .

Fig. 7. Hardness HV 5 diagram of the cast iron in dependence on the stabilizing time τ for the cold work $Z=60\%$, stabilizing temperature 450 or 500°C .

Należy przyjąć, że w tym przedziale czasu starzenia następuje również wzmacniający proces wydzieleniowy fazą ϵ , jednakże wypadkową procesu zdrowienia i wydzielenia jest obserwowany spadek twardości. Drugi przedział czasowy charakteryzuje się stabilizacją twardości. Skutki zdrowienia i wydzielenia kompensują się. Okres ten dla żeliwa zgnieczonego w stopniu 20% mieści się pomiędzy 16 a 24 godziną, zgnieczonego w stopniu 40% pomiędzy 16 a 32 godziną, a zgnieczonego w stopniu 60% pomiędzy 24 a 48 godziną. Trzeci okres czasowy charakteryzuje się wyraźnym wzrostem twardości. Należy przyjąć, że zdrowienie zostało zakończone, natomiast wydzielenie kontynuuje się. Czas, po upływie którego obserwuje się wzrost twardości żeliwa zgnieczonego w stopniu 20% wynosi 24 godziny, zgnieczonego w stopniu 40% wynosi 32 godziny, a zgnieczonego w stopniu 60% - 48 godzin.

Starzenie żeliwa zgnieczonego w stopniu 60% w temperaturze 500°C (rys.7) przyczynia się do szybkiego spadku twardości (do 8h), po której następuje jej stabilizacja. Nie obserwuje się w tym przypadku efektu umocnienia wydzieleniowego. Twardość w całym przebiegu wykazuje niższe wartości, aniżeli po starzeniu w temperaturze 450°C co świadczy o pełniejszej relaksacji naprężeń. Mikroskopowe badania nie wykazały zachodzenia rekrystalizacji.

4. WNIOSKI

- 4.1. Sferoidalne żeliwo o osnowie ferrytu przesyconego miedzią można odkształcać na zimno walcowaniem w stopniu do 60% bez obawy wystąpienia pęknięć.
- 4.2. Na skutek zgniotu wzrasta twardość żeliwa, maksymalnie o ok.60% względem stanu przesyconego. Należy przyjąć, iż w podobnej mierze wzrośnie również wytrzymałość na rozciąganie.
- 4.3. Starzenie zgnieczonego żeliwa w temperaturze 450°C powoduje charakterystyczne zmiany twardości objawiające się spadkiem w początkowym etapie, okresem stabilizacji a następnie jej wzrostem. Przebieg twardości w funkcji czasu starzenia jest wypadkową skutków zdrowienia i umocnienia wydzieleniowego.
- 4.4. Wzrost twardości w końcowym okresie starzenia w dużej mierze kompensuje jej spadek wywołany zdrowieniem.

LITERATURA

- [1] J. Piaskowski , A. Jankowski : *Żeliwo sferoidalne*, WNT, Warszawa, (1974)
- [2] J.G. Bobro i in.: *Deformacionnaja sposobnost rysokomedistych ferritnych čugunov s šaravidnom grafitom*. Kuzniečno-Štampovočnoe Proizv. nr 7, s.5 (1999)
- [3] T. Szykowny., K. Ciechacki.: *Podwyższenie własności żeliwa jako tworzywa narzędziowego poprzez obróbkę plastyczną i cieplną*. Konferencja „Problemy narzędziowe w obróbce plastycznej”. ATR-Bydgoszcz, Wenecja, s.145-151 (2001)

- [4] B.D. Cullity: *Podstawy dyfrakcji promieni rentgenowskich*. PWN, Warszawa, (1964)

THE STRUCTURAL HARDENING OF THE SPHEROIDAL ROLLED CAST IRON

SUMMARY

The spheroidal cast iron of structural with supersaturated ferrite by the copper and subjected to rolling with the cold work of 20,40 or 60%. The rolled ductile iron has been subjected to annealing at the temperature of 450° or 500° C in time to 72 hours. The proceeding changes of the hardnesses during these annealing were observed and analyzed.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Edward Guzik