

Zbigniew Pawełek  
Marek Hetmańczyk  
Sylwester Wojdyła

Instytut Inżynierii Materiałowej

## OCENA WIELKOŚCI BŁOKÓW I ZNIEKSZTAŁCENÍ SIECIOWYCH WYBRANYCH GATUNKÓW STALI NARZĘDZIOWYCH

**Streszczenie.** W pracy przeprowadzono metodą aproksymacyjną pomiar wielkości bloków osnowy oraz naprężeń wewnętrznych II rodzaju wybranych gatunków stali narzędziowych, stopowych do pracy na zimno. Stwierdzono, że po hartowaniu wielkość bloków osnowy wynosiła od 28 nm. dla stali NZ2 do 38 nm. dla stali NC10. Względne zniekształcenia sieci krystalicznej wynosiły odpowiednio od 4,20% dla stali NZ2 do 3,50% dla stali NC10. Ze wzrostem temperatury odpuszczenia stwierdzono wzrost wielkości bloków osnowy i spadek naprężeń wewnętrznych II rodzaju.

### 1. Wstęp

Racjonalne wykorzystanie w procesach technologicznych mechanizmów umocnienia metalu wymaga szczególnej znajomości oddziaływania składu chemicznego i zabiegów obróbki cieplnej na strukturę. Wiele cennych informacji o strukturze osnowy oraz morfologii wydzielań dostarczają badania powierzchniowe na mikroskopie elektronowym techniką oienkich folii. W pełni doceniając ich znaczenie dla rozwoju metaloznawstwa, należy stwierdzić, że w wielu przypadkach wyjaśnienie zmian własności metali możliwe jest dopiero po uzupełnieniu badań mikroskopowych, wynikami badań rentgenograficznych, głównie oceną wielkości bloków osnowy oraz względnych zniekształceń sieciowych charakteryzujących naprężenia wewnętrzne II rodzaju.

Prowadzą badania nad strukturą i własnościami stali narzędziowych stopowych autorzy stwierdzili korelację pomiędzy zachodzącymi w czasie odpuszczania zmianami udarności i wielkości bloków osnowy. Badania strukturalne na mikroskopie elektronowym techniką oienkich folii, w tym przypadku, nie pozwalały na jednoznaczną interpretację zjawiska. Ustalono, że zardkowanie mikropęknięć w oznaczonych stalach następowało na granicy faz; węgiel-osnowa, natomiast dalszy ich rozwój warunkowany był wielkością bloków osnowy.

Materiał badań

W niniejszej pracy zastosowano metodę aproksymacji do pomiaru wielkości bloków osnowy oraz zniekształceń sieciowych wybranych gatunków stali narzędziowych stopowych do pracy na zimno. Skład chemiczny badanych stali oraz temperaturę austenityzowania podano w tablicy 1. Wszystkie próbki podczas hartowania ochłodzono w oleju, a następnie część odpuszczono w temperaturach 200, 320 i 450°C, w czasie 2 godz. Po obróbce cieplnej powierzchnię próbek szlifowano mechanicznie, a następnie polerowano elektrolitycznie celem usunięcia zniekształconej warstwy powierzchniowej. Stale NC10 i NWC po hartowaniu posiadały strukturę składającą się z martenzytu, węglików oraz austenitu szcążkowego, natomiast w strukturze stali NZ2 zaobserwowano efekty samoodpuszczania martenzytu. Po odpuszczeniu uzyskano strukturę martenzytu odpuszczonego z wydzieleniami węglików.

Tablica 1

Gatunek stali	Skład chemiczny w %							Temperatura austenit.
	C	Mn	Si	P	S	Cr	W	
NC10	1,70	0,42	0,39	0,023	0,027	11,51	-	980°C
NWC	1,00	0,94	0,24	0,012	0,015	1,14	1,36	830°C
NZ2	0,49	0,31	0,98	0,020	0,020	1,05	1,92	900°C

Aparatura i metodyka badań

Wszystkie pomiary związane z badaniem linii dyfrakcyjnych wykonywano na dyfraktometrze rentgenowskim JDX-75 firmy JEOL, posiadającym pionowy układ ogniskowania oraz podwójny układ szczelin Sollera. W pomiarach przyjęto stałe jednakowy układ szczelin ograniczających wiązkę promieni rentgenowskich: szczelina wejściowa  $0,2^{\circ}$  szczelina odbiorcza 0,4 mm oraz szczelina przeciwwzakłócająca  $(\frac{1}{2})$ . Źródłem promieniowania rentgenowskiego była anoda kobaltowa wraz z filtrem żelaznym pracująca na napięciu 40 kV przy prądzie 20 mA.

Detektorem promieniowania był licznik scyntylacyjny zasilany napięciem 1050 V.

Większość pomiarów wykonywano używając ciągłej rejestracji intensywności na taśmie rejestratora, przy szybkości licznika  $(\frac{1}{16})$ /min. i stałej czasu integratora równej 1 sec. (8 cm taśmy odpowiadało  $1^{\circ}$  (2 $\theta$ )). Tak uzyskane zapisy pików dyfrakcyjnych planimetrowano, dla wyznaczenia ich szerokości całkowitych.

Dla celów metodycznych w niektórych przypadkach zastosowano dodatkowo pomiar intensywności za pomocą przelicznika oraz skokowego przesuwu detektora: wielkość skoku wynosiła 0,04 $^{\circ}$  (2 $\theta$ ), czas zaliczania impulsów 80 sec.

Z uzyskanych tą drogą danych obliczono intensywność całkową (pole powierzchni) stosując dwie najbardziej powszechne metody całkowania numerycznego - trapezów, oraz metodę parabol Simpsona.

Pierwszą linię dyfrakcyjną (110) mierzono w zakresie kątowym ( $2\theta$ ) =  $48,5^\circ - 55,5^\circ$ , następną (220) w zakresie  $119,5^\circ - 127,5^\circ$  co zapewniało prawidłowe wyznaczenie poziomu tła.

Goniometr justowano metodą Tournariego, która pozwoliła na ustawianie pozycji zerowej z dokładnością  $0,003^\circ$  ( $2\theta$ ). Pomiaru każdej próbki dokonywano trzykrotnie (przy rejestracji ciągłej), z każdorazowym wyjmowaniem próbki z uchwytu dyfraktometru i ponownym jej zakładaniem - podane wyniki wartości  $D$  i  $\frac{\Delta a}{a}$  są średnimi z trzech pomiarów. Użyta w niniejszej pracy metoda aproksymacji wyznaczania wielkości bloków  $D$  i zniekształceń sieciowych  $\frac{\Delta a}{a}$  omawiana jest szeroko w podręcznikach rentgenografii stosowanej [1] oraz w pracach oryginalnych [2] - dlatego też w artykule przedstawiono tylko te momenty, które z uwagi na stosowanie nietypowego dla badań stali promieniowania ( $\text{CoK}\alpha$ ), musiały ulec modyfikacji.

Wyboru funkcji aproksymujących profile badanych linii dyfrakcyjnych dokonano spośród trzech najczęściej stosowanych rozkładów:

$$I(x) = H e^{-\phi x^2} ; \quad I(x) = \frac{H}{1+\phi x^2} ; \quad I(x) = \frac{H}{(1+\phi x^2)^2} \quad (1)$$

dla których zachodzą następujące relacje:

$$\begin{aligned} I(x) = H e^{-\phi x^2} : & \quad \sqrt{\phi} = \frac{\sqrt{x}}{B_{\text{całk}}} = \frac{2\sqrt{\ln 2}}{B_{1/2}} \\ I(x) = H(1+\phi x^2)^{-1} : & \quad \sqrt{\phi} = \frac{x}{B_{\text{całk}}} = \frac{2}{B_{1/2}} \\ I(x) = H(1+\phi x^2)^{-2} : & \quad \sqrt{\phi} = \frac{x}{2B_{\text{całk}}} = \frac{2\sqrt{\sqrt{2}-1}}{B_{1/2}} \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie  $B_{\text{całk}} = \frac{S}{H}$ , oznacza szerokość całkową linii, zaś  $B_{1/2}$  jest szerokością połówkową (szerokość linii mierzona w połowie wysokości  $H$ ).

Ze związków (2) otrzymano następujące relacje między szerokościami połówkowymi a całkowymi:

$$\frac{B_{1/2}}{B_{\text{całk}}} = \begin{cases} \frac{2\sqrt{\ln 2}}{\sqrt{x}} = 0,7821 & \text{dla } I(x) = H e^{-\phi x^2} \\ \frac{2}{x} = 0,6366 & \text{dla } I(x) = H(1 + \phi x^2)^{-1} \\ \frac{4\sqrt{\sqrt{2}-1}}{x} = 0,8194 & \text{dla } I(x) = H(1 + \phi x^2)^{-2} \end{cases} \quad (3)$$

Relacje (3) wykorzystano jako test dla określenia kształtu funkcji aproksymującej linii (110) i (220) wzorca, próbek hartowanych oraz próbek hartowanych i odpuszczonych. W oparciu o zmierzone wartości  $B_{1/2}$  i  $B_{0a\lambda k}$  linii (110) oraz linii (220)  $\alpha_1$  uzyskanej z danych eksperymentalnych metodą Rachingera, zestawiono wartości  $B_{1/2}/B_{0a\lambda k}$  tak z pomiarów o ciągłej rejestracji jak i dla porównania z pomiarów skokowych.

Dane zestawione w tablicy II dla trzech gatunków badanych stali, zarówno w stanie hartowanym jak i wysoko odpuszczonym wskazują, że wartości eksperymentalne  $B_{1/2}/B_{0a\lambda k}$  oscylują wokół wartości teoretycznej 0,8194 charakterystycznej dla funkcji aproksymacyjnej  $I(x) = H(1+\delta x^2)^{-2}$  (wzór 3). Drugą z kolei funkcją aproksymującą byłaby funkcja  $I(x) = He^{-\delta x^2}$ . Wniosek ten pokrywa się z wynikami badań Bojarskiego i Bołda [2], dla stali bainitycznych, gdzie autorzy dla dokonania wyboru funkcji aproksymującej korzystali z innego testu opartego na pomiarze powierzchni pod krzywą doświadczalną i teoretyczną. Test przedstawiony w niniejszej pracy jest mniej pracochłonny i zdaniem autorów wystarczająco dokładny dla celów metody aproksymacji [Tablica II].

Uwalnianie mierzonych linii dyfrakcyjnych od wpływu składowej  $K\alpha_2$  przeprowadzano w większości wypadków metodą analityczną w oparciu o wykresy zamieszczone np. w pracy [1] dla funkcji aproksymującej  $I(x) = H(1+\delta x^2)^{-2}$  która wg danych tablicy II najlepiej opisuje zarówno linię (110) jak i (220). Fizyczne szerokości linii  $\beta$ , wolne od czynników instrumentalnych uzyskano stosując wykresy opublikowane w pracy [2] dla funkcji aproksymujących:

$$g(x) = h(x) = H(1+\delta x^2)^{-2}$$

Wzorec, używany dla uzyskania szerokości fizycznych  $\beta$  obu linii dyfrakcyjnych, wykazywał wyraźnie rozdzielenie dubletu (220). Wykonano go ze stali NWC, o składzie chemicznym podanych w tablicy I.

Dla uzyskania ziarna o średnicy powyżej 1000 nm oraz zredukowania naprężeń wewnętrznych II rodzaju wzorec wyżarzano w temperaturze 900°C w czasie 2 h, a następnie chłodzono z piecem stosując izotermiczne wytrzymanie w czasie 1/2 h przy temperaturach: 820°C, 750°C, 650°C, 550°C i 450°C.

Rozdziału fizycznej szerokości linii  $\beta$  na poszerzenie spowodowane wielkością bloków (m) oraz zniekształceniami (n) dokonuje się wg Łysaka [1] na podstawie wzoru:

$$\beta = \frac{m + n}{\int N(x) M(x) dx} \quad (4)$$

Wartości stosunków  $B_{1/2}/B_{\text{oałk.}}$  dla badanych stali w stanie hartowanym i wysoko odpuszczanym

Próbka	Linia	Pomiar ciągły			Pomiar skokowy			U w a g i
		$10^3 B_{1/2}$	$10^3 B_{\text{oałk.}}$	$B_{1/2}/B_{\text{oałk.}}$	$10^3 B_{1/2}$	$10^3 B_{\text{oałk.}}$	$B_{1/2}/B_{\text{oałk.}}$	
NWC hartow.	(110)	11.784	14.197	0.83	-	-	-	Linie (220) uzyskiwano met. Rachingera Próbki hartowane z uwagi na znaczne ilości austenitu szcążkowego i konieczność graficznego rozdzielania linii austenitu od linii (110) martenzytu nie były poddane badaniom skokowym
	(220)	32,172	39,720	0.81	-	-	-	
NWC Odp. 450°	(110)	6.920	8.386	0.82	7.014	8.450	0.83	
	(220)	18.788	23.485	0.80	19.049	23.430	0.81	
NZ2 hartow.	(110)	13.080	15.451	0.84	-	-	-	
	(220)	36.244	44.200	0.82	-	-	-	
NZ2 Odp. 450°	(110)	6.976	8.649	0.81	7.112	8.652	0.82	
	(220)	18.177	21.900	0.83	19.498	24.071	0.81	
NC10 hartow.	(110)	10.330	12.915	0.80	-	-	-	
	(220)	28.208	34.400	0.82	-	-	-	
NC10 Odp. 450°	(110)	8.000	10.026	0.80	8.068	10.190	0.82	
	(220)	23.600	28.100	0.84	22.719	27.306	0.83	
WZORZEC	(110)	3.646	4.430	0.82	37.000	4.453	0.83	
	(220)	5.732	7.050	0.81	5.236	6.422	0.81	

gdzie funkcje  $M(x)$  i  $N(x)$  opisują odpowiednio rozkłady wielkości bloków i zniekształceń sieciowych.

W niniejszej pracy obliczenia wg wzoru (4) przeprowadzono w dwu wariantach. W pierwszej wersji przyjęto jako funkcje aproksymujące  $M$  i  $N$ :

$$M(x) = (1+\mu x^2)^{-1} \quad N(x) = (1+\nu x^2)^{-2} \quad (5)$$

co wg wzoru (4) prowadzi do zależności:

$$\beta = \frac{(m+2n)^2}{m+4n} \quad (6)$$

W drugim wariantcie założono:

$$M(x) = (1+\mu x^2)^{-2} \quad N(x) = (1+\nu x^2)^{-2} \quad (7)$$

i w rezultacie:

$$\beta = \frac{(n+m)^3}{(n+m)^2 + nm} \quad (8)$$

Praktycznie dla oznaczania wielkości  $m$  i  $n$  korzysta się z pary linii, będących odbiciami różnych rzędów od tej samej rodziny płaszczyzn sieciowych, w naszym przypadku linii (110) i (220) – przy czym linia (110) jest bardziej podatna na rozdrobnienie bloków, zaś linia (220) na zniekształcenia sieciowe.

Wprowadzając dla obu wariantów obliczeń oznaczenia:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} = r ; \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{\operatorname{tg} \theta_2}{\operatorname{tg} \theta_1} = s ; \quad (9)$$

$$\frac{1}{n} = \frac{\beta_2}{\beta_1} \quad x = \frac{n_1}{\beta_1} \quad y = \frac{n_1}{\beta_1}$$

otrzymano zależności (10)

$$\frac{n_2}{\beta_2} = sx \frac{\beta_1}{\beta_2} = srx ; \quad \frac{n_2}{\beta_2} = ry \frac{\beta_1}{\beta_2} = ryz \quad (10)$$

W pierwszym wariancie obliczeń (wzór 6) dla obu linii dyfrakcyjnych otrzymano:

$$\beta_1 = \frac{(m_1 + 2n_1)^2}{m_1 + 4n_1} \quad \beta_2 = \frac{(m_2 + 2n_2)^2}{m_2 + 4n_2} \quad (11)$$

co prowadzi do równań:

$$y(x) = \frac{1}{2} (1 - 4x + \sqrt{8x + 1}) \quad (12)$$

$$\frac{1}{z} = \frac{\beta_2}{\beta_1} = ry + \frac{4s^2x^2}{ry + 4xs} \quad (13)$$

W drugim wariancie obliczeń (wzór 8) dla obu linii dyfrakcyjnej uzyskano:

$$\beta_1 = \frac{(m_1 + n_1)^3}{(m_1 + n_1)^2 + m_1n_1} \quad \beta_2 = \frac{(m_2 + n_2)^3}{(m_2 + n_2)^2 + m_2n_2} \quad (14)$$

z których otrzymuje się:

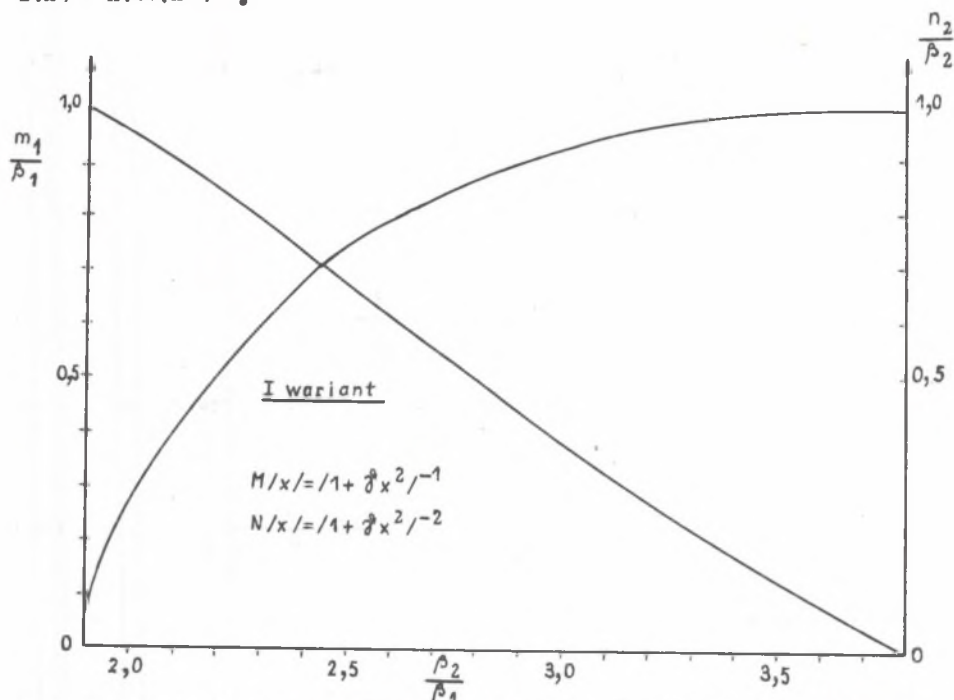
$$y(x) = \frac{-3x + 1 + \sqrt{-3x^2 + 6x + 1}}{2} \quad (15)$$

$$\frac{1}{z} = \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{s^3x^3 + 3s^2rx^2y + 3sr^2xy^2 + r^3y^3}{s^2x^2 + 3srxy + r^2y^2} \quad (16)$$

W przypadku badanych stali oraz promieniowania  $\text{CoK}_{\alpha}$  wartości  $r$  i  $s$  odpowiednio wynoszą: 1,9404 i 3,6496. W obu wariantach obliczenia prowadzono stosując krok  $\Delta x = 0,05$ ; dla tych wartości  $x$  wyliczono funkcje  $y(x)$  oraz  $\frac{1}{z} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$ . Z tak uzyskanych danych konstruowano wykresy:  $y = \frac{m_1}{\beta_1}$  w funkcji  $\frac{1}{z} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$ , a następnie  $\frac{n_2}{\beta_2} = sxz$  w zależności od zmiennej  $\frac{1}{z} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$ . Wykresy te oddzielnie dla obu wariantów przedstawiono na rysunku 1 i 2; były one podstawą dla wyznaczenia udziału wielkości bloków ( $m_1$ ) w szerokości linii (140) oraz udziału zniekształceń sieciowych ( $n_2$ ) w szerokości linii (220) [rys. 1, rys. 2].



W dalszych obliczeniach korzystano jedynie z drugiego wariantu wykresów (wzory 15 i 16, rysunek 2), gdyż jak uprzednio stwierdzono, zarówno linie (110) jak i (220) były najlepiej aproksymowane przez funkcje typu  $I(x) = H(1+\delta x^2)^{-2}$ .



Rys. 1. Wykres do wyznaczenia wielkości  $m_1$  i  $n_2$  w I wariantie obliczeń

Uzyskane wartości  $m_1$  i  $n_2$  służyły dla wyliczenia wielkości bloków D oraz zniekształceń sieciowych  $\frac{\Delta a}{a}$  [1]:

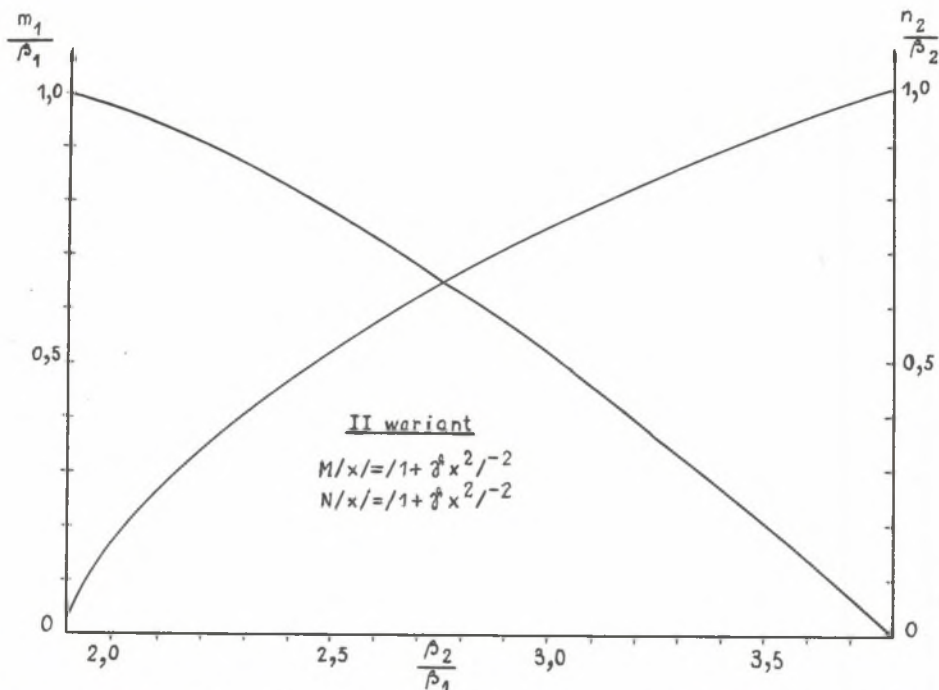
$$D = \frac{1,06 \lambda}{m_1 \cos \theta_1} ; \quad \frac{\Delta a}{a} = \frac{n_2}{4 \operatorname{tg} \theta_2} \quad (17)$$

gdzie  $\lambda$  oznacza długość fali stosowanego promieniowania, zaś  $\theta_1$  i  $\theta_2$  kąty braggowskie dla linii (110) i (220).

Wyniki obliczeń zestawiono w formie histogramów (rysunki 3, 4 i 5), podają dla porównania dane uzyskane zarówno z przeprowadzonych pomiarów ciągłych jak i skokowych (opracowywanych metodą parabol Simpsona).

W tablicy III zestawiono wyniki pomiarów ciągłych oraz skokowych (z użyciem metody trapezów oraz metody parabol) szerokości całkowych B obu linii dyfrakcyjnych dla odpuszczonej próbki stali N22 i NWC [Tablica III]





Rys. 2. Wykres do wyznaczania wielkości  $m_1$  i  $n_2$  w II wariantcie obliczeń

Obserwowane różnice w stosowanych metodach określania szerokości oalkowych odbijają się wyraźnie na wyznaczanych stąd wielkościach  $D$  i  $\frac{\Delta a}{a}$  - jako najdokładniejsze wartości  $D$  i  $\frac{\Delta a}{a}$  należy przyjąć wyniki uzyskane drogą pomiaru skokowego, opracowane metodą parabol Simpsona. Ten sposób opracowywania wyników, chociaż wolny od subiektywnych błędów popełnianych przy planimetryowaniu mechanicznym, jest bardzo pracochłonny, a przez to nieopłacalny przy dużej ilości badanych próbek.

Tablica III

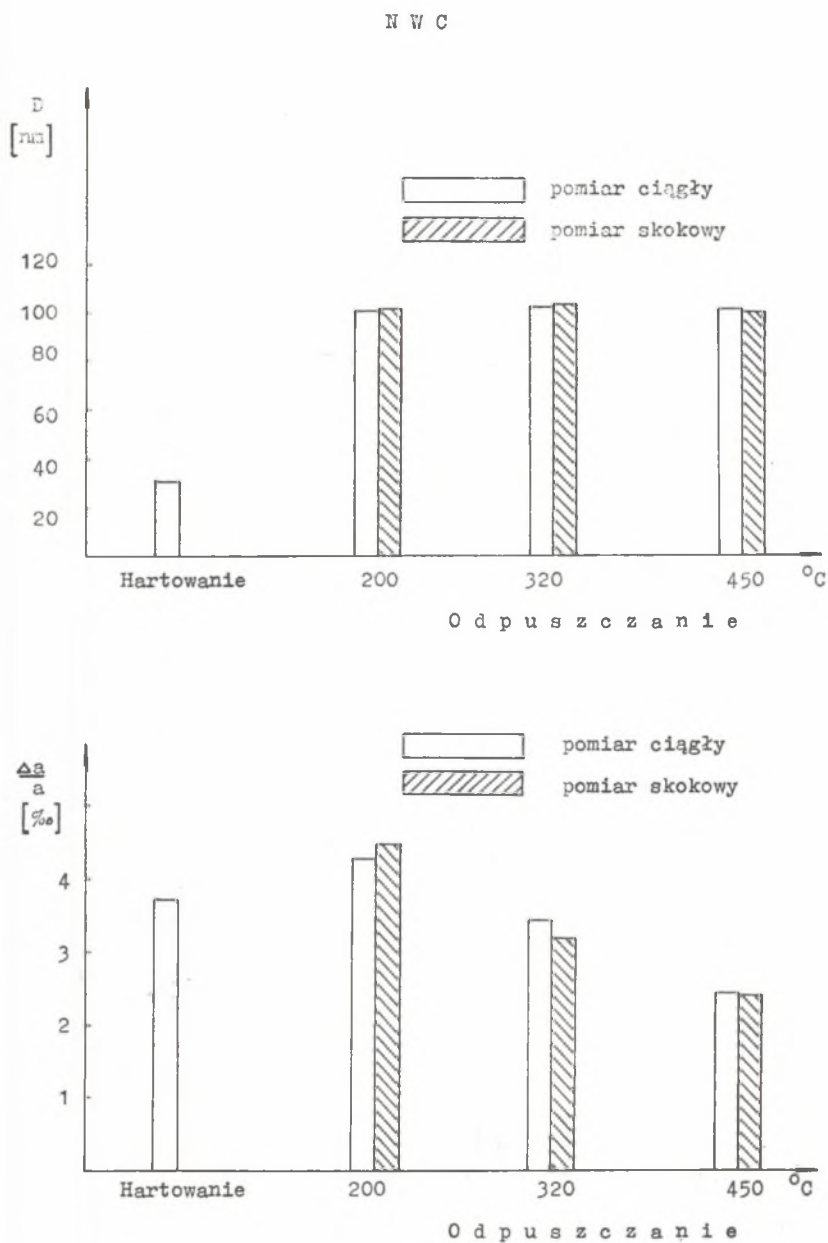
Wartości  $10^3 \times B_{\text{osak}}$  (w radianach) dla różnych metod pomiaru

Próbka	Linia	Pomiar skokowy		Pomiar ciągły	U w a g i	
		met. trapezów	met. parabol			
NZ2 Odp. 200°	(110)	13.043	12.966	13.222		
	(220)	43.640	42.619	41.000		
NZ2 Odp. 320°	(110)	11.465	11.419	11.548		
	(220)	38.206	37.371	36.350		
NZ2 Odp. 450°	(110)	8.689	8.652	8.649		
	(220)	27.526	26.955	25.098		
NWC- Odp. 200°	(110)	11.843	11.793	11.702		
	(220)	40.589	39.461	38.877		
NWC Odp. 320°	(110)	9.460	9.424	9.543		
	(220)	31.330	30.572	31.861		
NWC Odp. 450°	(110)	8.491	8.452	8.386		
	(220)	27.023	26.359	26.388		
WZORZEC	(110)	4.472	4.453	4.430		Linie (220) uzyskano metodą Rachingera
	(220)	6.422		7.050		

Zależność wielkości bloków D i zniekształceń sieciowych  $\frac{\Delta a}{a}$  od temperatury odpuszczenia

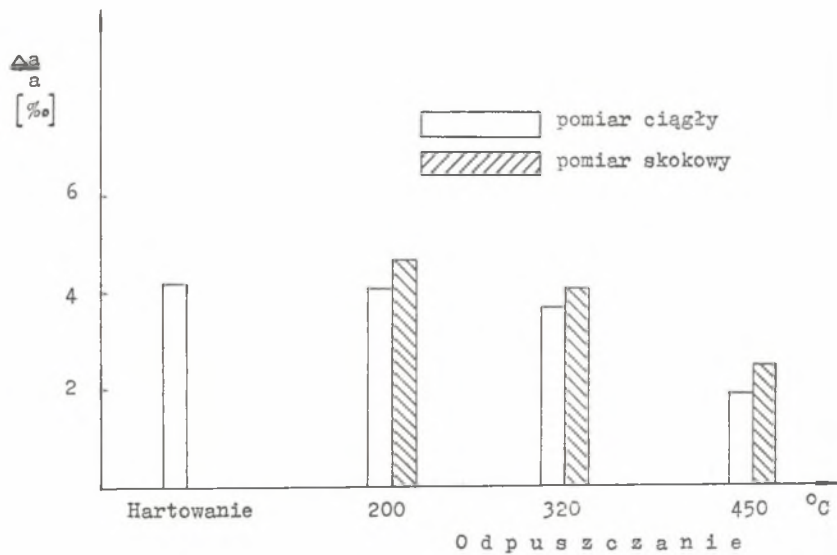
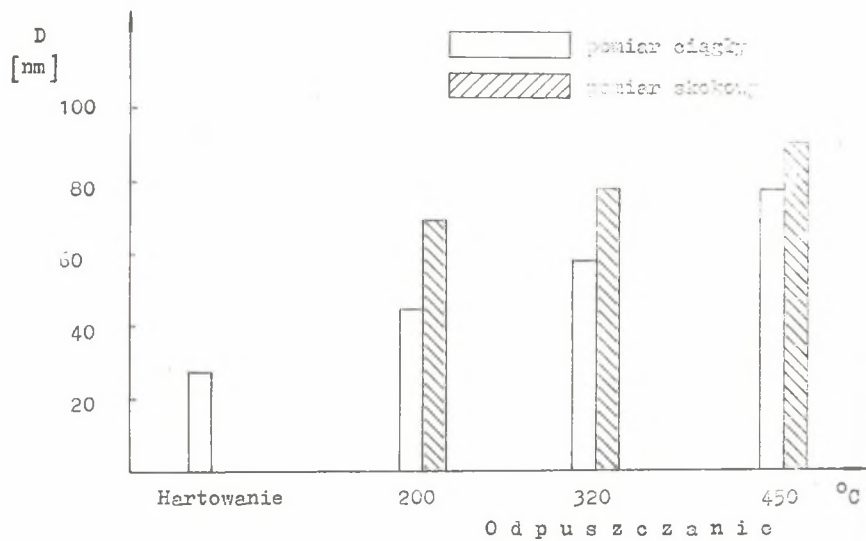
Gatunek stali	Rodzaj pomiaru	Obróbka cieplna							
		Hartowanie		Odpuszczenie 200°C		Odpuszczenie 320°C		Odpuszczenie 450°C	
		D [nm]	$\frac{\Delta a}{a}$ [%]	D [nm]	$\frac{\Delta a}{a}$ [%]	D [nm]	$\frac{\Delta a}{a}$ [%]	D [nm]	$\frac{\Delta a}{a}$ [%]
NWC	miar ciągły	31	3,72	101,6	4,27	117	3,40	113,1	2,44
	miar skokowy	-	-	105,4	4,43	121	3,16	101,6	2,40
NZ2	miar ciągły	28,5	4,20	44	4,07	58,7	3,57	78	1,85
	miar skokowy	-	-	69	4,70	78,1	4,00	90,8	2,44
NC10	miar ciągły	37,7	3,50	25,4	2,97	36,4	2,73	64	2,82
	miar skokowy	-	-	-	-	-	-	47,5	2,47

Osoba wielkośći bloków...



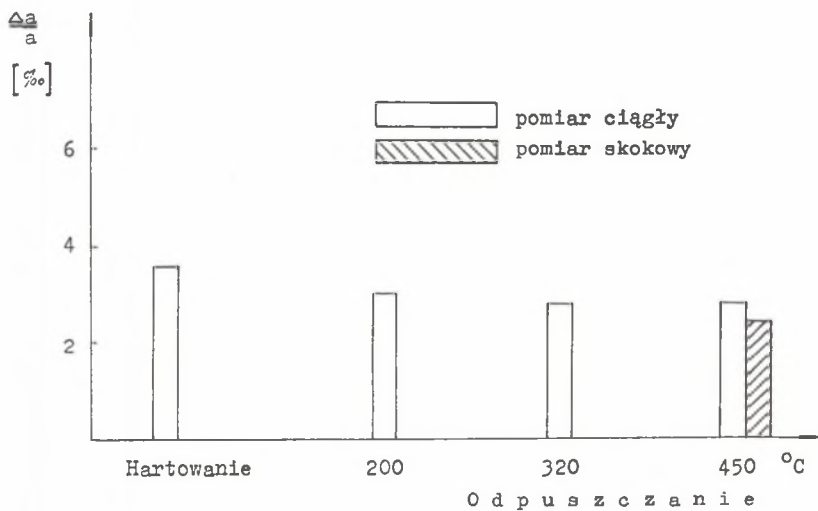
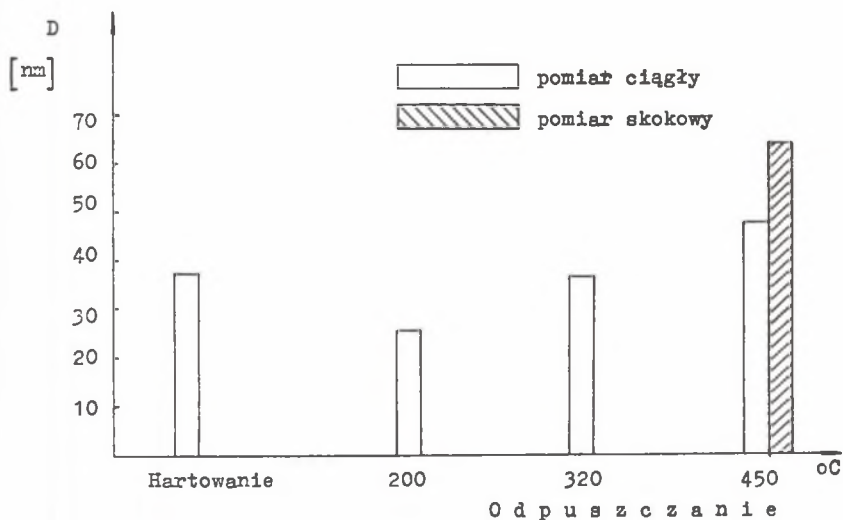
Rys. 3. Zależność wielkości bloków  $D$  i zmniejszeń sieciowych  $\frac{\Delta a}{a}$  od temperatury odpuszczenia dla stali NWC

N22



Rys. 4. Zależność wielkości bloków  $D$  i zniekształceń sieciowych  $\frac{\Delta a}{a}$  od temperatury odpuszczania dla stali N22

NC 10



Rys. 5. Zależność wielkości bloków  $D$  i zniekształceń sieciowych  $\frac{\Delta a}{a}$  od temperatury odpuszczania dla stali NC10

Wyniki badań i wnioski

Przebieg zmian wielkości bloków oraz zniekształceń sieciowych w zależności od temperatur odpuszczania badanych stali przedstawiono w tablicy IV oraz na rysunkach 3, 4, 5. Analiza uzyskanych wyników pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Badane stale narzędziowe po hartowaniu posiadały zbliżoną wielkość bloków osnowy - wahającą się od 38 nm w przypadku stali NC10 do około 28 nm w stali NZ2.

2. Stwierdzono duże zróżnicowanie przebiegu zmian wielkości bloków w zakresie temperatur odpuszczania:

- w stali NC10 po odpuszczaniu w temp. 200°C i 320°C wielkość bloków praktycznie nie zmienia się w stosunku do wartości uzyskanych po hartowaniu. Po odpuszczaniu w temp. 450°C rośnie do około 64 nm;
- szybki wzrost wielkości bloków do około 110 nm nastąpił w trakcie odpuszczania stali NWC w temp. 200°C. Odpuszczanie w pozostałych temperaturach nie wprowadzało istotnych zmian wielkości bloków;
- w stali NZ2 wielkość bloków osnowy rośnie z temp. odpuszczania od około 44 nm po wygrzaniu w temp. 200°C, do około 78 nm, po wytrzymaniu w temp. 450°C.

3. Odpuszczanie stali NC10 spowodowało wielki spadek zniekształceń sieciowych: od około 3,5% po hartowaniu do około 2,7% po odpuszczaniu w temp. 320°C. Dalszy wzrost temp. odpuszczania do 450°C nie wpłynął w sposób istotny na zmianę zniekształceń sieciowych.

4. W stalach NWC i NZ2 po odpuszczaniu w temp. 200°C wielkość zniekształceń sieciowych wynosi około 4% i praktycznie nie różni się od wartości uzyskanych po hartowaniu. Ze wzrostem temp. odpuszczania do około 450°C względne zniekształcenie sieci w stali NWC maleje do około 2,4%, a w stali NZ2 do około 1,8%.

5. Stwierdzone korelacje między wielkością bloków osnowy, zniekształceniami sieciowymi i własnościami mechanicznymi (udarnością) przedstawiono w pracy [3] dla wszystkich badanych typów stali.

## LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod redakcją Bagariackiego: Rentgenografia z fizykiem metaloznawstwa, Moskwa 1961 r.
- [2] Bojarski Z., Bożid T.: Prace IH, 1970 r., 22.
- [3] Hetmańczyk M.: Praca doktorska. Wydział Metalurgiczny Politechniki Śląskiej, 1973 r.



## ОЦЕНКА РАЗМЕРА БЛОКОВ И ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТБОРНЫХ СОРТОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

## Р е з ю м е

В настоящей работе проведено методом аппроксимации определение размера блоков основы, а также внутренних напряжений II рода отобранных сортов инструментальных, легированных сталей для работы в холодных условиях. Подтверждено, что после закалки размер блоков основы составлял от 28 нм. (сталь NZ2) до 38 нм. (сталь NC10). Относительные деформации  $\frac{\Delta a}{a}$  кристаллической решетки составляли от 4,20 (NZ2) до 3,50 (NC10). С повышением температуры отпуска подтверждено рост величины блоков основы и падение внутренних напряжений II рода.

## THE ESTIMATION OF DOMAIN SIZE AND DEFORMATION OF CRYSTALLINE STRUCTURE IN SOME TYPES OF ALLOYED TOOL STEELS

## S u m m a r y

The measurements of domain size and microstresses of the second kind by the approximation method are described—these parameters were measured on some alloyed tool steels for cold work. It was found, that after hardening the mean domain size was changed from 28 nm. (steel NZ2) to 38 nm. (steel NC10), and at the same time the deformation of crystalline structure  $\frac{\Delta a}{a}$  were given 4,20% (NZ2) and 3,50% (NC10) respectively. The increase of tempering temperature caused rise of the domain size and fall of the microstresses of the second kind.