

FRYDERYK STAUB

Katedra Metaloznawstwa

ZBIGNIEW KRÓLIKOWSKI

WSI - Opole

DYFUZJA SKŁADNIKÓW PRZY ODWĘGLANIU STALI CHROMOWEJ ŁH15

Streszczenie. Na podstawie rozważań teoretycznych wyprowadzono wzór do obliczenia pewnej wielkości, która umożliwia określenie rozkładu węgla w strefie odwęglonej stali ŁH15. Sprawdzono zgodność teoretycznego rozkładu węgla, określonego przy pomocy tej wielkości i całki prawdopodobieństwa Gaussa, z rozkładem rzeczywistym. Obliczono współczynnik dyfuzji węgla dla austenitu stopowego o zawartości 1,5%Cr. Opracowano metodę określania głębokości szkodliwego odwęglania dla stali ŁH15.

1. Wstęp

Plany rozwojowe polskiej gospodarki narodowej zwracają wiele uwagi na przemysł elektromaszynowy, który pod względem znaczenia ma stać się drugim polskim przemysłem narodowym - po przemyśle chemicznym.

Kluczowymi zakładami przemysłu maszynowego są fabryki łożysk tocznych, gdyż od wielkości i jakości ich produkcji zależą możliwości wzrostu ilości oraz jakości wytwarzanych maszyn. Według planów długofalowych, w roku 1980 fabryki krajowe mają wytworzyć 100 milionów łożysk tocznych różnych typów, co - wobec niespełna 20 milionów produkowanych obecnie - jest bardzo poważnym wzrostem. Plany te wymagają znacznego zwiększenia krajowej produkcji stali łożyskowych, a więc wszelkie problemy badania ich jakości nabierają znaczenia.

Bardzo dotkliwą wadą stali łożyskowych jest odwęglenie powierzchniowe, które powstaje jako wynik oddziaływania środowiska utleniającego pieca, przy wygrzewaniu materiału do prze-

róbki plastycznej oraz obróbki cieplnej. Jeśli warstwa ta, przy dalszej produkcji, nie zostanie usunięta przez obróbkę skrawaniem, wartość użytkowa wytworzonych łożysk tocznych może być poważnie obniżona.

Obecnie stosowane kryteria oceny głębokości odwęglania, podane w normie przedmiotowej stali łożyskowej (PN-56/H-04506), jak wykazały badania Haczewskiego i Lubuśki [2, 3], nie są miarodajne. Autorzy ci zaproponowali określenie głębokości szkodliwego odwęglania stali ŁH15 w oparciu o prawa dyfuzji Ficka i stąd wyniknął temat pracy.

Celem wykonanej pracy było przeprowadzenie badań nad dyfuzją węgla i chromu, przy odwęglaniu stali chromowej ŁH15 na łożyska toczne, a w szczególności:

- 1) rozpatrzenie teoretyczne zjawisk dyfuzyjnych, zachodzących przy odwęglaniu stali;
- 2) uogólnienie metody określania głębokości odwęglania stali ŁH15 - zaproponowanej przez Haczewskiego i Lubuśkę;
- 3) określenie rzeczywistego rozkładu węgla i chromu w strefie odwęglonej stali ŁH15;
- 4) porównanie obliczonego teoretycznego rozkładu węgla z rzeczywistym;
- 5) wyznaczenie współczynników dyfuzji węgla w austenicie stopowym, zawierającym 1,5% Cr.

2. Przegląd literatury

2.1. Rozkład składnika dyfundującego w strefie dyfuzyjnej

Na podstawie rozważań teoretycznych [4, 5], rozkład pierwiastka dyfundującego w podłożu, z którym tworzy roztwór stały, określa "krzywa rozkładu normalnego" którą wyraża się następująco:

- a) przy nasycaniu pierwiastkiem, tj. przy jego dyfuzji w głąb materiału:

$$\frac{c(x, \tau)}{c_0} = 1 - 2\Phi(p); \quad (1)$$

b) przy usuwaniu pierwiastka, tj. dyfuzji jego z wnętrza materiału

$$\frac{c(x, \tau)}{c_0} = 2\Phi(p), \quad (2)$$

gdzie:

- $c(x, \tau)$ - koncentracja składnika dyfundującego, w punkcie odległym o "x" od brzegu, po upływie czasu τ od rozpoczęcia dyfuzji;
- c_0 - przy nasycaniu: maksymalna rozpuszczalność pierwiastka dyfundującego w podłożu;
przy usuwaniu: początkowe stężenie pierwiastka dyfundującego (zawartość nominalna);

$$2\Phi(p) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^p e^{-\frac{y^2}{2}} dy - \text{całka prawdopodobieństwa Gaussa.}$$

Wielkość "p" wyraża się równaniem:

$$p = \frac{x}{\sqrt{2D\tau}}, \quad (3)$$

gdzie:

D - współczynnik dyfuzji pierwiastka dyfundującego w podłożu.

Wartości całki prawdopodobieństwa dla różnych wartości "p" podane są w tablicach lub na wykresach; niektóre z nich zestawiono w tabelicy 1.

Dla każdej stali odwęglonej rozkład węgla określa równanie (2). Ponieważ jednak w praktyce efekt odwęglania bada się po

Tablica 1

Niektóre wartości całki prawdopodobieństwa						
p	0	0,5	1	1,5	2	3
$2\Phi(p)$	0	0,38	0,68	0,87	0,95	0,997

jego zakończeniu, więc dla badanej próbki czas $\tau = \text{const}$, czyli równanie (2) przybierze postać:

$$\frac{c_x}{c_0} = 2 \Phi(p) \quad (2a)$$

2.2. Rozkład węgla w warstwie odwęglonej stali ŁH15

Dla stali ŁH15, o zawartości nominalnej $c_0 = 1\%C$, zmiany koncentracji węgla w strefie odwęglonej podaje równanie:

$$c_x = 2 \Phi(p) \quad (2b)$$

W warstwie odwęglonej stali ŁH15 wyróżniają się dwa charakterystyczne stężenia:

- 1) $c_1 = 0,68\%C$ (w przybliżeniu $0,7\%C$), które jest eutektoidalną koncentracją węgla w stali stopowej o zawartości $1,5\%Cr$ [7] oraz
- 2) $c_2 = 0,95\%C$, będące najmniejszą dopuszczalną zawartością węgla w stali ŁH15, które należy wobec tego traktować jako granicę szkodliwego odwęglania.

Z równania (2b) i wartości całki prawdopodobieństwa - podanych w tablicy 1, wynika, że:

- 1) koncentracji eutektoidalnej c_1 , odpowiada parametr $p=1$;
- 2) koncentracji granicznej szkodliwego odwęglania c_2 , odpowiada $p = 2$;

Zależność tę wykorzystali Haczewski i Lubuska [2, 3] proponując, aby odległość warstwy eutektoidalnej od brzegu (x_e) przyjąć za wielkość parametru "p". Sposób ten można wykorzystać tylko dla próbek ze stali ŁH15, zawierającej 1% C, odwęglonych na powierzchni całkowicie, tj. do $c_p = 0\%C$. Dla tych przypadków niech parametrowi "p" odpowiada wielkość "a", będąca odległością " x_e " warstwy eutektoidalnej od brzegu, a więc:

$$x_e = a \quad (\text{dla } p = 1) \quad (4)$$

Zakładając, że przy zmianie koncentracji węgla w odwęglonej stali ŁH15 współczynnik dyfuzji nie zmienia się w sposób wybitny ($D \approx \text{const}$), głębokość szkodliwego odwęglania wyraża się zależnością:

$$x_2 \cong 2a \quad (\text{dla } p = 2)$$

Wielkość "a" można także obliczyć ze wzoru (3), gdy są dane: współczynnik dyfuzji $D|_{0,7}^0$ - dla spadku koncentracji węgla od $c_1 = 0,7\%C$ do $c_p = 0\%C$ - oraz czas odwęglania τ , przyjmując $p = 1$. Po przedstawieniu:

$$1 = \frac{a}{\sqrt{2\tau D|_{0,7}^0}}, \quad (6)$$

skąd:

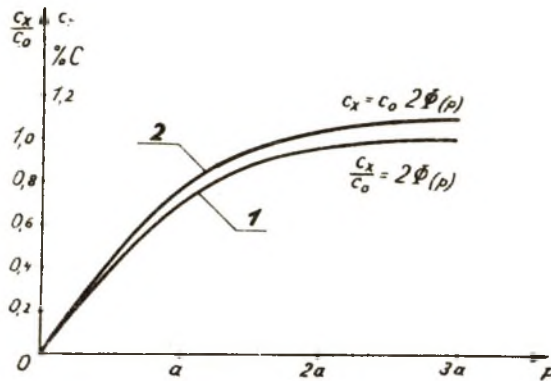
$$a = \sqrt{2\tau D|_{0,7}^0} \quad (7)$$

Obliczywszy dla danych warunków odwęglania wielkość parametru (wyrażoną przez "a"), można wykreślić krzywą rozkładu normalnego, wyznaczając na osi odciętych prostokątnego układu współrzędnych wielkości: a, 2a i 3a, zaś na osi rzędnych - odpowiednie wartości całki prawdopodobieństwa, które podane są w tabelicy 1. Wykreślona w ten sposób krzywa "1" na rys. 1, przedstawia dla stali o zawartości $c_0 = 1\%C$ - zgodnie z rów-

naniem (2b) - teoretyczny rozkład węgla c_x , zaś przy $c_0 \neq 1\%C$, według równania (2a) - stosunek $\frac{c_x}{c_0}$. Choćby wykreślić krzywą teoretycznego rozkładu węgla dla stali o zawartości węgla $c_0 \neq 1\%C$ stosuje się równanie (2a), mnożąc wartości rzędnych dla odpowiednich "a" przez c_0 :

$$c_x = c_0 \cdot 2\Phi(p), \quad (8)$$

co podaje nam krzywa "2" na rys. 1.

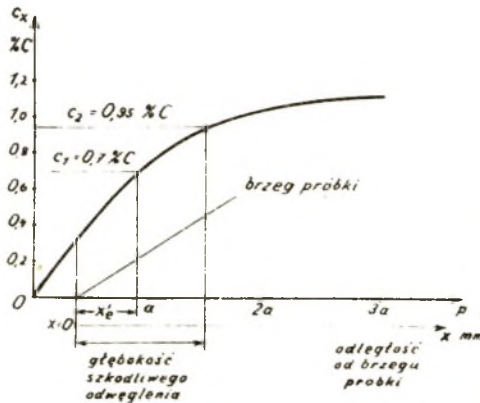


Rys. 1. Krzywe rozkładu normalnego, które określają zmiany stężeń węgla w strefach odwęglonych:

1 - stali o koncentracji nominalnej $c_0 = 1\%C$, lub krzywa "zredukowanego" rozkładu węgla $\frac{c_x}{c_0}$; 2 - stali o koncentracji nominalnej $c_0 > 1\%C$

Do wyznaczenia na krzywej rozkładu teoretycznego węgla brzegu próbki - gdy nie nastąpiło tam całkowite odwęglanie, (tzn. na powierzchni występuje stężenie $c_p > 0\%C$), posłużyć się można badaniem metalograficznym. W strukturze, szczególnie dla stanu zmiękzonego, występuje charakterystyczna warstwa perlitu płytkowego [2, 3], której odległość od brzegu " x_0 " wyznacza się przez pomiar na mikroskopie. Po naniesieniu wyznaczonej wielkości " x_0 ", na oś odciętych wykresu teoretycznego rozkładu węgla, od punktu - o rzędnej $c_1 = 0,7\%C$ - w kierunku ma-

lejącej koncentracji węgla, określa się położenie brzegu (powierzchni) próbki $x_p = 0$ (rys. 2). Rzędna tego punktu jest stężeniem węgla na powierzchni próbki c_p .



Rys. 2. Określenie brzegu próbki na krzywej teoretycznego rozkładu węgla (krzywej rozkładu normalnego) warstwy odwęglonej

Głębokością szkodliwego odwęglania jest odległość od brzegu próbki $x_p = 0$ do punktu " x_2 " o rzędnej $c_2 = 0,95\%C$.

Dla stali LH15 o zawartości węgla $c_0 = 1\%C$ głębokość szkodliwego odwęglania określić można wprost z zależności:

$$x_2 = x'_0 + a \quad (9)$$

Przy innych stężeniach trzeba stosować opisaną metodę wykreślną.

3. Badania własne [1]

3.1. Zakres i warunki badań

W badaniach własnych zjawisk zachodzących przy odwęglaniu stali chromowej LH15 zajmowano się:

- 1) sprawdzeniem zgodności rozkładu rzeczywistego węgla z krzywą rozkładu normalnego;
- 2) ustaleniem zmian zawartości chromu w warstwie dyfuzyjnej węgla;

- 3) wyznaczeniem współczynników dyfuzji węgla w austenicie dla stali ŁH15, przy różnych temperaturach oraz
- 4) sprawdzeniem zgodności wielkości "a" obliczonej - z wyznaczoną doświadczalnie, dla różnego czasu i temperatury odwęglania.

Przeprowadzono następujące badania strefy odwęglonej:

- 1) analizy chemiczne cienkich warstw, co pozwoliło ustalić gradienty stężeń węgla i chromu, w zależności od czasu i temperatury odwęglania;
- 2) badanie metalograficzne, które wykazało zmiany struktury, w zależności od zmian składu chemicznego;
- 3) badanie rozkładu twardości, szczególnie po zahartowaniu próbek.

Jako uzupełnienie przeprowadzono na próbkach odwęglonych na wskroś badania:

- 4) metalograficzne i próby twardości;
- 5) metalograficzne w wysokich temperaturach, wykonane na Vacuothermie.

Do badań użyto próbek z wytopów przemysłowych stali ŁH15, o zawartościach: $1,03 \div 1,10\%C$ i $1,41 \div 1,46\%Cr$. Odwęglanie powierzchniowe przeprowadzono na próbkach walcowych: $\Phi 60 \times 120mm$, bez stosowania jakichkolwiek środków przeciwdziałających odwęglaniu, wygrzewając je w czasie 3, 6, 12 i 24 godziny, w temperaturze: 780° , 920° i $1020^{\circ}C$.

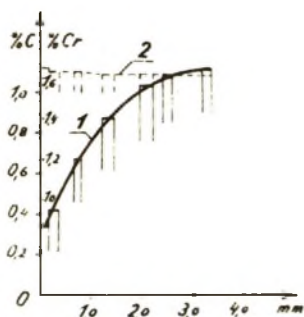
3.2. Rozkład węgla i chromu

Analizy chemiczne cienkich warstw - (o grubościach od $0,1 \div 0,5$ mm), pobranych za pomocą toczenia, z warstwy odwęglonej, pozwoliły wyznaczyć rozkłady stężeń:

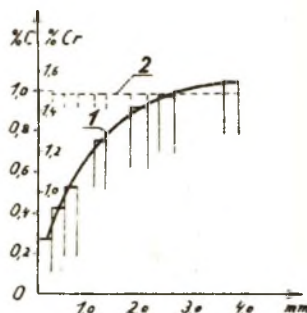
$$a) \text{ węgla} \quad F(x) = c_x \quad (10)$$

$$b) \text{ chromu} \quad G(x) = cr_x \quad (11)$$

Rozkłady te dla dwu próbek podano na rys. 3 i 4.



Rys. 3. Rzeczywisty rozkład węgla (1) i chromu (2) w strefie dyfuzyjnej próbki stali LH15, odwęglonej przez 24 godziny w temperaturze 920°C



Rys. 4. Rzeczywisty rozkład węgla (1) i chromu (2) w strefie dyfuzyjnej próbki stali LH15, odwęglonej przez 12 godzin w temperaturze 1020°C

Z wykresów wynika, że dla większości próbek, w warstwie stali bezpośrednio przyległej do zgorzeliny, nastąpiło niewielkie wzbogacenie w chrom, głębiej jego stężenie nie ulega zmianom.

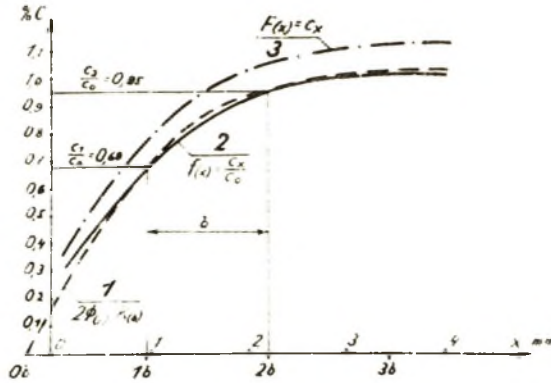
Aby umożliwić porównanie rozkładów węgla po odwęglaniu próbek o różnych zawartościach węgla, uzyskane krzywe (10) "zredukowano" przez podzielenie przez odpowiednie c_0 :

$$f(x) = \frac{c}{c_0} \quad (12)$$

Otrzymano w ten sposób rozkłady względne, odpowiadające rozkładom węgla, przy zawartościach nominalnych $c_0 = 1\%C$. Rozkłady względne dla niektórych próbek badanych przedstawiono na rys. 5 i 6.

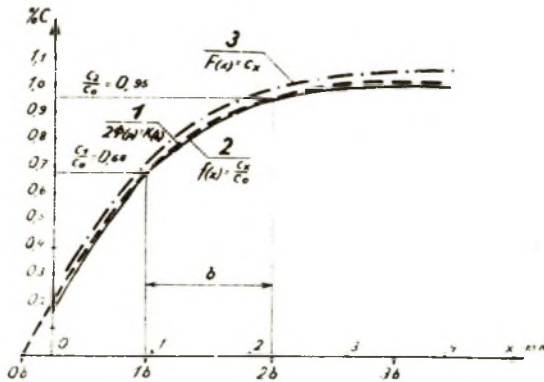
3.3. Wyznaczenie krzywych rozkładu normalnego

Chcąc zbadać zgodność zredukowanego rozkładu węgla (12) z krzywą rozkładu normalnego (2a), należałoby na podstawie krzywych otrzymanych (11) wyznaczyć wielkości "a".



Rys. 5. Porównanie; dla próbki stali LH15 - odwęglonej przez 24 godziny w temperaturze 920°C, krzywych rozkładu węgla:

- 1 - teoretycznego $2\Phi(p) = K(b)$; 2 - zredukowanego $f_x = \frac{c_x}{c_0}$,
3 - rzeczywistego $F_x = c_x$



Rys. 6. Porównanie, dla próbki stali LH15 - odwęglonej przez 12 godzin w temperaturze 1020°C, krzywych rozkładu węgla:

- 1 - teoretycznego $2\Phi(p) = K(b)$; 2 - zredukowanego $f_x = \frac{c_x}{c_0}$
3 - rzeczywistego $F_x = c_x$

Ponieważ dla żadnej z badanych próbek nie osiągnięto na powierzchni odwęglania zupełnego, wyznaczono wielkości "b", które są odległościami rzędnych $\frac{c_1}{c_0} = 0,68$ (tj. $p = 1$) do rzędnych $\frac{c_2}{c_0} = 0,95$ (tj. $p = 2$). Na podstawie uprzednio przyjętego założenia, że $D \approx \text{const}$, i wynikającej stąd zależności (5), wielkości "a" oraz "b" są równe lub zbliżone, a więc:

$$a \approx b$$

(13)

Wykreślono następnie, przyjmując za parametry wyznaczone wielkości "b", krzywe rozkładu normalnego, które przedstawiają teoretyczny rozkład węgla w strefie odwęglonej.

Porównanie krzywych rozkładu normalnego z krzywymi zredukowanego rozkładu węgla - (określonymi z analizy chemicznej cienkich warstw), wykazało wielkie ich podobieństwo. Świadczy to o zgodności przewidywanego i rzeczywistego rozkładu węgla w warstwie odwęglonej stali LH15.

3.4. Wyznaczenie wartości współczynników dyfuzji węgla D

Do obliczania wielkości "a" - na podstawie wzoru (17) - konieczna jest znajomość wartości współczynników dyfuzji D. W literaturze jedynie Błanter [8] podaje je dla stali chromowych, ale o zawartościach 1%Cr i 2,5%Cr. Dla stali o 1,5%Cr wartości D należało więc obliczyć, opierając się na wyznaczonych krzywych rozkładu węgla.

Posłużono się wzorem:

$$D \frac{\frac{c_p}{c_0}}{\frac{c_1}{c_0}} = \left(\frac{x_1}{p_1 - p_p} \right)^2 \cdot \frac{1}{2t}, \quad (14)$$

gdzie:

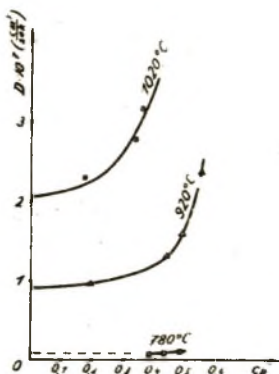
$\frac{c_1}{c_0}$ - stężenie względne dla punktu oddalonego od brzegu o x_1 [cm];

$\frac{c_p}{c_0}$ - stężenie względne na powierzchni próbki;

p_1 - parametr odpowiadający stężeniu względnemu $\frac{c_1}{c_0}$;

p_p - parametr odpowiadający stężeniu względnemu $\frac{c_p}{c_0}$;
 τ [sek] - czas odwęglania.

Celem określenia współczynników dyfuzji przy spadku koncentracji względnej od $\frac{c_1}{c_0} = 0,7$ do $\frac{c_p}{c_0} = 0$, dla obliczonych wartości przeprowadzono wykreślenie ekstrapolację wyników obliczonych wg równania (14) - rys. 7.



Rys. 7. Współczynniki dyfuzji węgla w austenicie stopowym (1,5%Cr) dla różnych temperatur, przy zmianach zawartości węgla od stężenia eutektoidalnego do koncentracji na powierzchni $c_p \geq 0$

Wielkości współczynników dyfuzji, wyznaczonych w ten sposób, zestawiono w tabelicy 2.

Tablica 2

Wartości współczynników dyfuzji węgla w austenicie chromowym o zawartości 1,5%Cr

Temperatura $t^{\circ}\text{C}$	Współczynnik dyfuzji $D \begin{matrix} 0 \\ 0,7 \end{matrix} \left[\text{cm}^2/\text{sek} \right]$
1020	$2,1 \cdot 10^{-7}$
920	$0,9 \cdot 10^{-7}$
780	$\text{ok.} 0,08 \cdot 10^{-7}$

3.5. Porównanie wielkości "a" i "b"

Aby stwierdzić, czy proponowana metoda wyznaczania krzywej teoretycznego rozkładu węgla za pomocą wielkości "a", obliczonej ze wzoru (7), jest dostatecznie dokładna, porównano wielkości "a" - obliczone, z "b" z wyznaczonymi z krzywych rzeczywistego rozkładu węgla, określonych eksperymentalnie przez analizę chemiczną cienkich warstw. Zestawienie do podano w tabelicy 3.

Tabela 3

Porównanie wielkości "a" - obliczonych oraz wartości "b" - wyznaczonych doświadczalnie				
Oznaczenie próbki	Warunki odwęglania		a [mm] (obliczone)	b [mm] (wyznaczone)
	temp. t °C	czas τ godz		
M3	780	6	0,18	0,255
M5		12	0,26	0,30
M7		24	0,36	0,40
N1	920	3	0,44	0,38
N3		6	0,62	0,85
N5		12	0,88	0,96
N7		24	1,25	1,24
K1	1020	3	0,67	0,83
K3		6	0,95	0,98
K5		12	1,34	1,45
K7		24	1,90	2,07

Porównanie zestawione w tabelicy 3, wskazuje na zgodność między obliczonymi wielkościami "a" oraz oznaczonymi doświadczalnie "b", które odpowiadają parametrom "p" krzywych rozkładu normalnego.

3.6. Badania metalograficzne

Badanie metalograficzne wykazało, że eutektoidalna zawartość węgla w warstwie odwęglonej może być wyróżniona, a to, że nie

zaobserwowano pasa perlitu płytkowego, który według [2, 3] występuje w odwęglonych i zmiękczonej próbkach stali ŁH15.

Jako głębokość " x'_e " warstwy eutektoidalnej w obszarze odwęglonym stali ŁH15 należy przyjąć odległości:

- 1) po znormalizowaniu stali - od strefy, w której pojawiają się pierwsze wydzielenia węglików w perlicie płytkowym, do brzegu próbki;
- 2) po zahartowaniu - od granicy między pasem gruboziarnistego martenzytu i martenzytu z węglnikami - do brzegu próbki;
- 3) po zmięczeniu - od warstwy perlitu płytkowego, do brzegu próbki (podano na podstawie literatury [2, 3]).

Badanie metalograficzne próbek odwęglonych na wskroś - do różnych zawartości węgla - nie dało nowych danych, lecz potwierdziło wyniki uzyskane na próbkach odwęglonych powierzchniowo.

Badania metalograficzne w wysokich temperaturach - przeprowadzono na Vacuthermie - wykazało, że nie nadają się one do bezpośredniego badania zjawisk dyfuzyjnych, które zachodzą przy odwęglaniu stali ŁH15.

3.7. Badanie rozkładu twardości

Badanie rozkładu twardości na próbkach odwęglonych wykazało, że po zahartowaniu próbek uzyskano minimalną twardość, wymaganą dla stali ŁH15, a wynoszącą $HRC_{\min} = 60$ (co odpowiada $HV = 700$) już przy koncentracjach $c = 0,6-0,8\%C$. Przy większych stężeniach węgla zmiany twardości są niewielkie. Wynika stąd, że pomiar twardości nie daje dostatecznie precyzyjnych wyników, aby można je zastosować - bądź to do określania zawartości eutektoidalnej, bądź głębokości szkodliwego odwęglania.

4. Wnioski

1. Rozkład węgla w warstwie odwęglonej stali ŁH15 z wystarczającym przybliżeniem określa całka prawdopodobieństwa GAUSSa; w miarę przedłużania czasu odwęglania przybliżenie zwiększa się.

2. Opracowano metodę określania głębokości szkodliwego odwęglania stali ŁH15, która wykorzystuje zgodność zmian koncentracji węgla z krzywą rozkładu normalnego. Wyniki pomiarów głębokości szkodliwego odwęglania, na podstawie analizy chemicznej cienkich warstw, są zbliżone do wyników uzyskanych na podstawie podanej metody. Zastosowanie jej jest jednak ograniczone do przypadków, gdy odwęglanie na powierzchni jest znaczne - tj jeśli $\sigma_p < 0,7\%C$.

3. Obliczone współczynniki dyfuzji węgla w austenicie chromowym zawierającym 1,5%Cr wykazują zgodność z wartościami, podanymi w literaturze dla austenitu zawierającego 1%C oraz 2,5%Cr.

4. Próby twardości nie mogą być podstawą do określania głębokości szkodliwego odwęglania.

5. W warstwie stali, przyległej bezpośrednio do zgorzeliny, następuje niewielkie wzbogacenie w chrom, co jednak nie wpływa na proces dyfuzji węgla w austenicie.

LITERATURA

- [1] Królikowski Z.: Dyfuzja składników przy odwęglaniu stali chromowej ŁH15 - praca doktorska. Politechnika Śląska 1965 - praca niepublikowana - Biblioteka Kat. Metaloznawstwa.
- [2] Haczewski W., Lubuska A.: Zagadnienie odwęglania stali łożyskowych. IMŻ - Gliwice 1961 - praca niepublikowana.
- [3] Haczewski W., Lubuska A.: Ocena stopnia powierzchniowego odwęglania stali łożyskowych na podstawie badania mikrostruktury. Zesz.Nauk.Łoż.Częstoch.nr 18, Metalurgia 7.

- [4] Geroriken S., I. Ja. Dechtjar: Diffuzija w twierdoj fazie; Moskwa 1960.
- [5] Seith W.: Diffusion in Metallen; Berlin 1955.
- [6] Bronstejn I., Siemiendajew K.: Matematyka - Poradnik encyklopedyczny; (tłum. z ros.) PWN Warszawa 1959.
- [7] Gulajew A.P.: Metaloznawstwo (tłum. z ros.) WGH - Katowice 1959.
- [8] Kriształ M.A.: Diffuzijonnyje processy w żelaznych spławaach; Moskwa 1963.

ДИФФУЗИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИИ ХРОМИСТОЙ
СТАЛИ 1Н15

Резюме

На основании теоретических рассуждений выведено уравнение для расчета величины "а", которая делает возможным определение размещения углерода в обезуглероженной зоне стали 1Н15. Было проведено совпадение теоретического распределения углерода - определенного при помощи "а" и интеграла вероятности ГАУССА - с истинным распределением. Расчитаны коэффициенты диффузии углерода для легированного аустенита содержащего 1,5% хрома. Был разработан метод определения глубины вредного обезуглероживания для стали 1Н15.

DIFFUSION OF ELEMENTS DURING DECARBURIZATION OF STEEL ŁH15

Summary

On the basis theoretical consideration it has been derivated a formula for calculation the magnitude "a", that makes possible the determination of carbon distribution in decarburized zone of steel ŁH15. It has been checked the accordance of theoretical carbon distribution determined on basis of magnitude "a" and Gauss integral with the real carbon distribution. Diffuzivity of carbon has been calculated for alloy austenite containing 1,5%Cr. The method of determination the depth of determinental decarburization in steel ŁH15 has been worked out.