

Daniela DUDEK, Krystyna KOBYLAŃSKA-SZKARADEK
Jan BIAŁOŃ, Andrzej ZASTAWNY

BADANIE METODĄ POMIARU OPORU ELEKTRYCZNEGO
ZMIAN ZACHODZĄCYCH W STALI FERMANAL
POD WPŁYWEM OBRÓBKI CIEPLNEJ

Streszczenie. Metoda pomiaru oporu elektrycznego została zastosowana w badaniach przemian fazowych i strukturalnych zachodzących w stali typu fermanal pod wpływem obróbki cieplnej. Dla porównania wyznaczono również tzw. krzywe izochroniczne i izotermiczne dla próbek stali 0H18N9 oraz stali niskowęglowej. Otrzymane wyniki badań wskazują na istnienie zależności między zmianami oporu elektrycznego próbek stali a przebiegiem zmian fazowych oraz strukturalnych wymuszonych określoną obróbką cieplną. Praca ma charakter wstępnych badań, których ostatecznym celem jest opracowanie sposobu jednoznacznej interpretacji wyników pomiarów uzyskanych metodą pomiaru oporu elektrycznego dla stali o różnych składach.

1. Wstęp

Przewodność elektryczna stali jest złożonym zjawiskiem fizycznym. Wynika to z mnogości czynników, które w przypadku stali wpływają na wartość oporu elektrycznego. Mimo to czynione są próby wykorzystania metody pomiaru oporu elektrycznego w badaniach przemian strukturalnych, fazowych i wewnątrzfazowych zachodzących w stopach wieloskładnikowych, jakimi jest większość stali [1-9]. Powodem tego jest wyjątkowa czułość oporu elektrycznego na dokonujące się w próbce wymienione wyżej przemiany. Nie bez znaczenia jest również prostota, jaką charakteryzuje się metoda pomiaru oporu elektrycznego. W pracach [7-9] zwraca się głównie uwagę na możliwość badania kinetyki uporządkowania w pracach [5-6] zaś na sposób określania przejść fazowych w oparciu o metodę pomiaru oporu elektrycznego. W pracy [4] stwierdzono między innymi, że metoda pomiaru zmian oporu elektrycznego umożliwia śledzenie prawie wszystkich procesów wydzieleniowych (co jest praktycznie niemożliwe przy zastosowaniu innych metod fizycznych), dzięki czemu pozwala określić ilościowo zubożenie roztworu stałego przy nawet bardzo małych udziałach objętościowych tych wydzieleni. Badając jednak wydzielania o małym udziale objętościowym w stali zgniecionej, należy wprowadzić poprawki na wpływ zrodzienia i rekrytalizacji na opór elektryczny, aby móc bardzo dokładnie opisać samą kinetykę reakcji. Poważna wada metody pomiaru oporu elektrycznego (w zastosowaniu jej do badań stali) polega na tym, że nie można na podstawie wyników otrzymanych z szeregu przeprowadzonych badań sformułować ogólnych

nych wniosków słusznych dla różnych stali. Zwraca na to uwagę wiele publikowanych prac dotyczących przewodnictwa elektrycznego stali [10-13]. Próby dokonania takich uogólnień dla stali o różnym składzie prowadzą do rozbieżnych stwierdzeń [11].

W pracy niniejszej przedstawione są wyniki badań oporu elektrycznego stali fermanal poddanej określonej obróbce cieplnej. Badania te mają charakter uzupełniający do wykonanych wcześniej badań wpływu promieniowania jądrowego na stal fermanal [14], a równocześnie charakter wstępny przed podjęciem tego rodzaju badań na szerszą skalę w odniesieniu do różnych typów stali.

2. Próbki

Badaniom poddana została stal fermanal 60 G 30 J 9. Niektóre pomiary wykonano porównawczo również dla stali austenitycznej OH18N9 oraz stali niskowęglowej. Skład chemiczny powyższych stali, określony metodą absorpcji atomowej na aparacie Perkin-Elmer typ 503, zawiera tablica 1.

Tablica 1

Skład chemiczny badanych stali

Skład chemiczny Stal	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Ti
60G30J9	0,64	27,5	0,27	0,017	0,006	0,16	1,32	0,11	0,05	8,75	0,01
Niskowęglowa	0,08	0,03		0,02	0,02	0,03	0,1		0,15		
OH18N9	0,21		0,09	0,03	0,02	18,2	8,9				0,01

Próbki wszystkich badanych stali miały kształt pasków o długości 40 mm i szerokości 5 mm, grubość zaś wynosiła: dla stali fermanal - 0,42 mm, dla stali OH18N9 - 0,19 mm, a dla stali niskowęglowej - 0,46 mm. Próbki stali fermanal były, po przesyleniu w temperaturze 950°C przez 15 min i schłodzeniu w wodzie, walcowane na zimno od grubości pierwotnej 1,45 mm do grubości 0,42 mm. Stal niskowęglowa w gatunku 1a - SSB głęboko tłoczona po obróbce standardowej, tzn. po walcowaniu na gorąco i zimno oraz wyżarzaniu rekryształizacyjnym (w przedziale temperatur 680-720°C z prędkością nagrzewania 75°C/h) poddana została walcowaniu na zimno od grubości pierwotnej 0,87 mm do grubości 0,46 mm. Stal OH18N9 po standardowej obróbce walcowano na zimno od grubości 0,41 mm do grubości 0,19 mm. Elektryczna oporność właściwa próbek przed poddaniem ich obróbce cieplnej wynosiła:

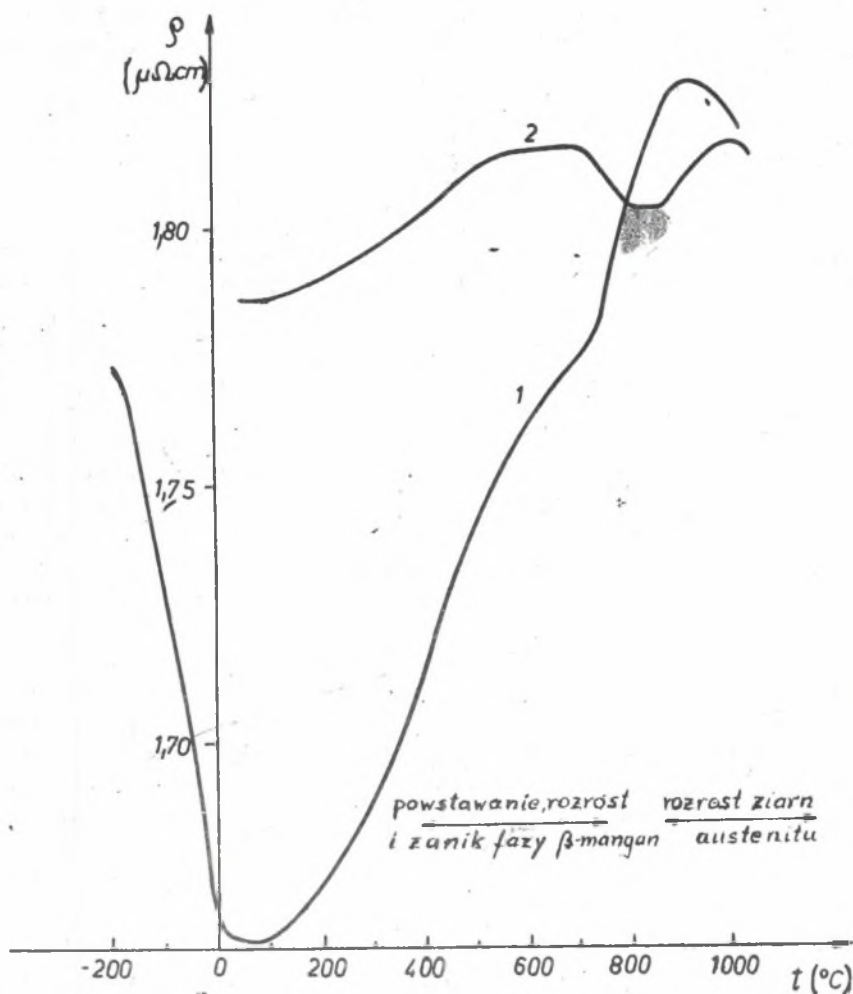
stal fermanal	- 1,6625 $\mu \Omega$ m
stal OH18N9	- 0,6862 $\mu \Omega$ m
stal niskowęglowa	- 0,1130 $\mu \Omega$ m

Pomiary oporu elektrycznego przeprowadzono metodą potencjometryczną z zastosowaniem sondy dwupunktowej. Dokładność pomiaru oporu właściwego wynosiła $1,5 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$, co odpowiada względnemu błędowi 1%, natomiast błąd pomiaru względnych zmian oporu był równy $3 \cdot 10^{-2}\%$.

3. Wyniki pomiarów wraz z dyskusją

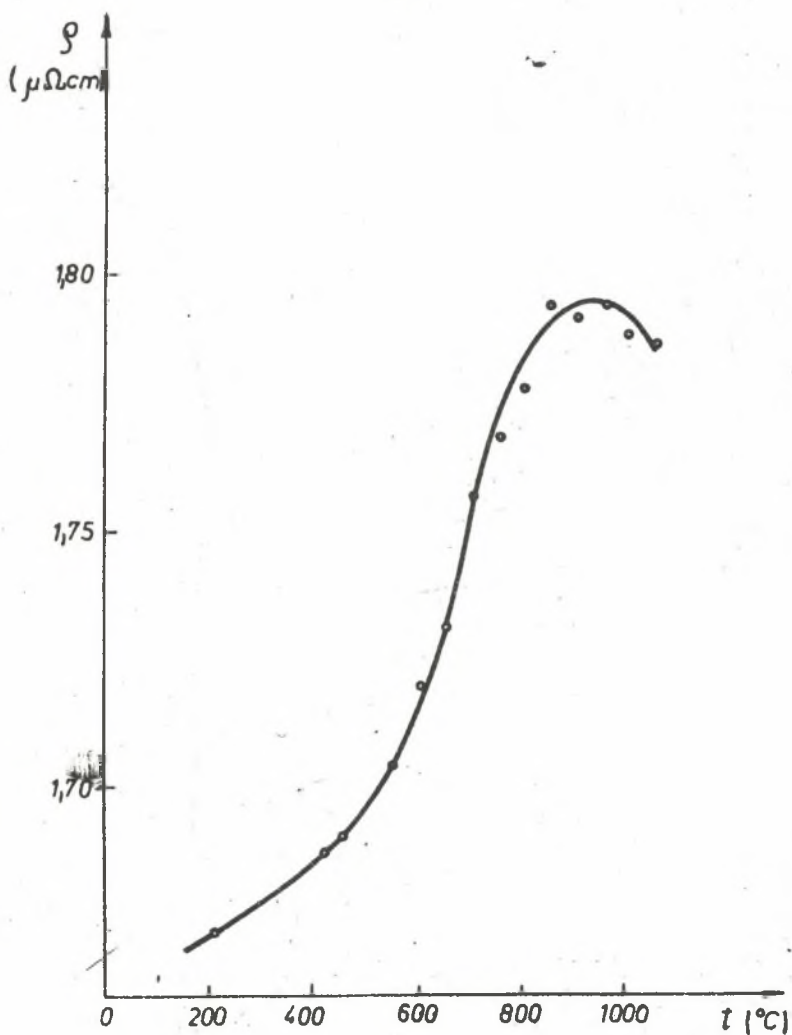
Ogólną zależność oporu elektrycznego stali fermanal od temperatury przedstawia krzywa 1 na rys. 1. Jest to krzywa izochroniczna zmian elektrycznych oporu właściwego przy szybkości zmian temperatury $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ K/s}$. Przebieg tej krzywej jest nietypowy w porównaniu ze znanymi i przebadanymi pod tym względem stalami. Uwagę zwraca występowanie minimum oporu elektrycznego w pobliżu temperatury pokojowej (nieco powyżej tej temperatury) oraz wzrost oporu przy obniżaniu temperatury od pokojowej do temperatury ciekłego azotu. W tym ostatnim zakresie temperatur nie obserwuje się zjawiska histerezy. Oznacza to, że procesy, które odpowiadają za nietypowy wzrost oporu przy obniżaniu temperatury, mają charakter odwracalny. Jeśli przyjąć, że przyczyną takich zmian oporu są mikronaprężenia termiczne wynikające z różnej rozszerzalności poszczególnych faz, wówczas porównując osiągnięte wartości oporu w temperaturze azotowej ze zmianami oporu w materiale pod wpływem naprężeń statycznych (badania takie były prowadzone w temperaturze pokojowej) otrzymuje się, że naprężenia w temperaturze azotowej są prawie o rząd wyższe od tych, które powodują zerwanie próbki. Niestety, nie istnieją żadne dane na temat własności mechanicznych stali fermanal w niskich temperaturach, jako że dotychczas badania takie nie były przeprowadzone. Inny możliwy mechanizm tego efektu polegać może na pułapowaniu elektronów przewodnictwa. Trudno jednak określić rodzaj tych pułapek. Być może są to kompleksy atomów, których wiązania mają w części naturę chemiczną lub jakieś wydzielenia w obszarach zdeformowanych. Wzrost oporu elektrycznego w zakresie temperatur dodatnich należy przypisać: (a) - typowej własności metali, (b) - zmianom rekrystalizacyjnym, (c) - wydzieleniu się fazy typu β -mangan (fazy FeMn_4) i węglików $(\text{Fe,Mn})_3\text{AlC}_x$. Wynika to między innymi z badań zawartych w pracy [15]. W szczególności charakterystyczny "garb" wyróżniający się na wykresie w przedziale temperatur od 400° do 700°C wywołany jest przez wydzielenie, rozrost, a potem rozpuszczanie fazy typu β -mangan; (uwaga ta dotyczy też krzywej nr 2 na rys. 1 opisującej zmiany oporu w funkcji temperatury próbki poddanej długotrwałemu wygrzewaniu w temperaturze około 1000°C). Spadek oporu poczynając od temperatury 900°C jest spowodowany przypuszczalnie rozpuszczaniem się węglików lub rozrostem ziarn osnowy - austenitu.

Na rys. 1 (krzywa 2) przedstawiono dodatkowo krzywą izochroniczną dla próbki, która uprzednio poddana była kilkukrotnym cyklom wygrzewania w zakresie temperatur od 450° do 1050°C . Jak widać, próbka ta po uzyskaniu



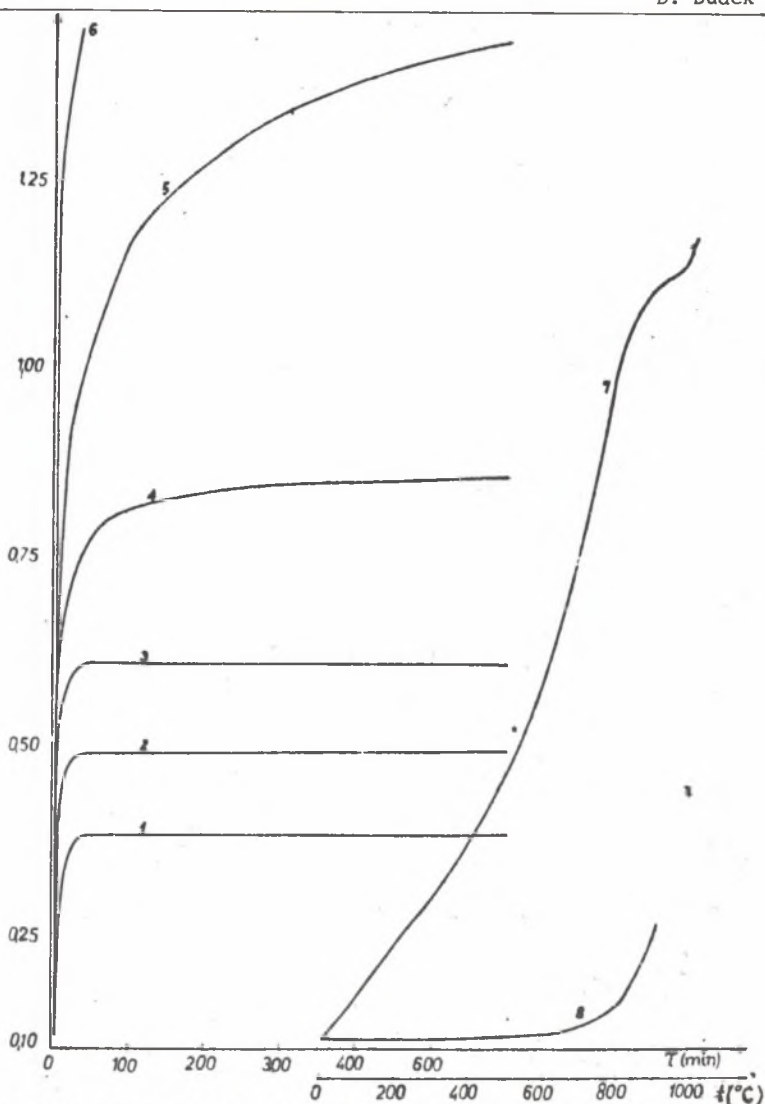
Rys. 1. Krzywe izochroniczne elektrycznego oporu właściwego. Krzywa 1 dotyczy próbki nie poddanej obróbce cieplnej, krzywa 2 odnosi się do próbki uprzednio wygrzanej izotermicznie w trzynastu cyklach w przedziale temperatur od 400°C do 1050°C . Zaznaczono zakresy temperatur niektórych przemian zachodzących w stali ferromagnetycznej wg [15]

Fig. 1. Isochronic curves of resistivity. Curve 1 - of a sample not subjected to heat treatment, curve 2 - of a sample preliminarily subjected to isothermal heat treatment in 13 cycles within the temperature range from 400 to 1050°C



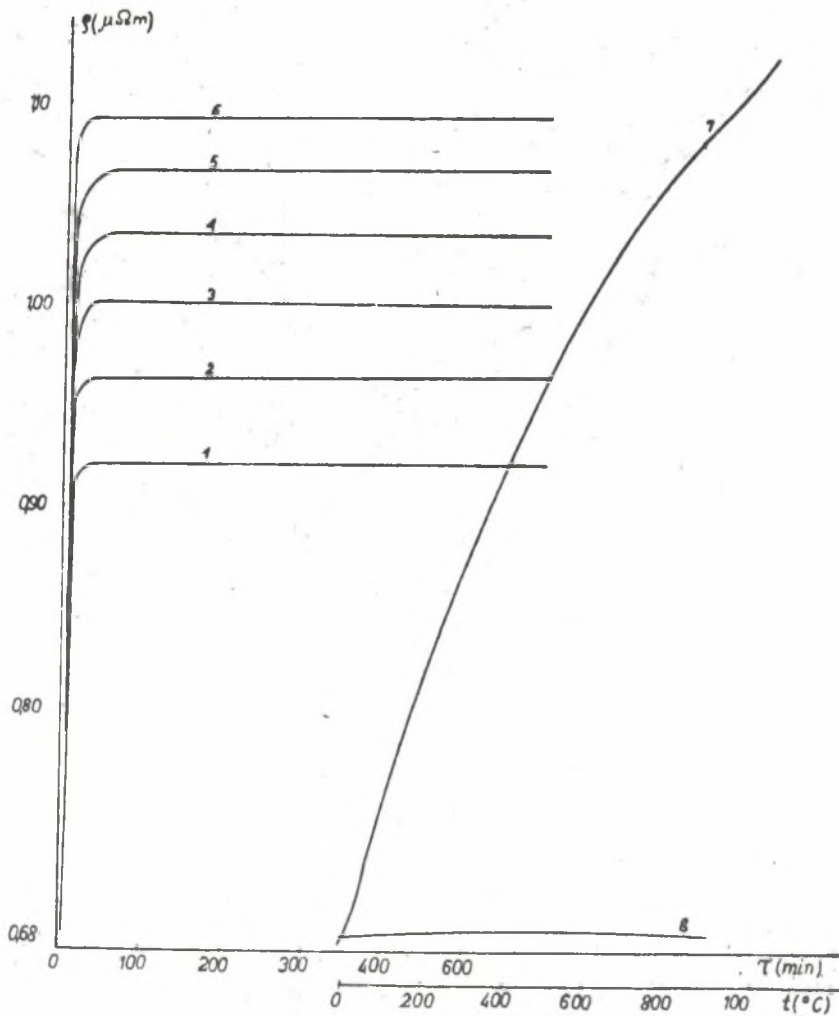
Rys. 2. Zależność wartości elektrycznego oporu właściwego stali ferromagnetycznej od temperatury wygrzewania izotermicznego (opór mierzony był w temperaturze pokojowej po każdym izotermicznym wygrzaniu próbki)

Fig. 2. Dependence of the value of resistivity of ferromagnetic steel on the isothermal soaking heat (the resistivity was measured at room temperature after each isothermic heating of the sample)



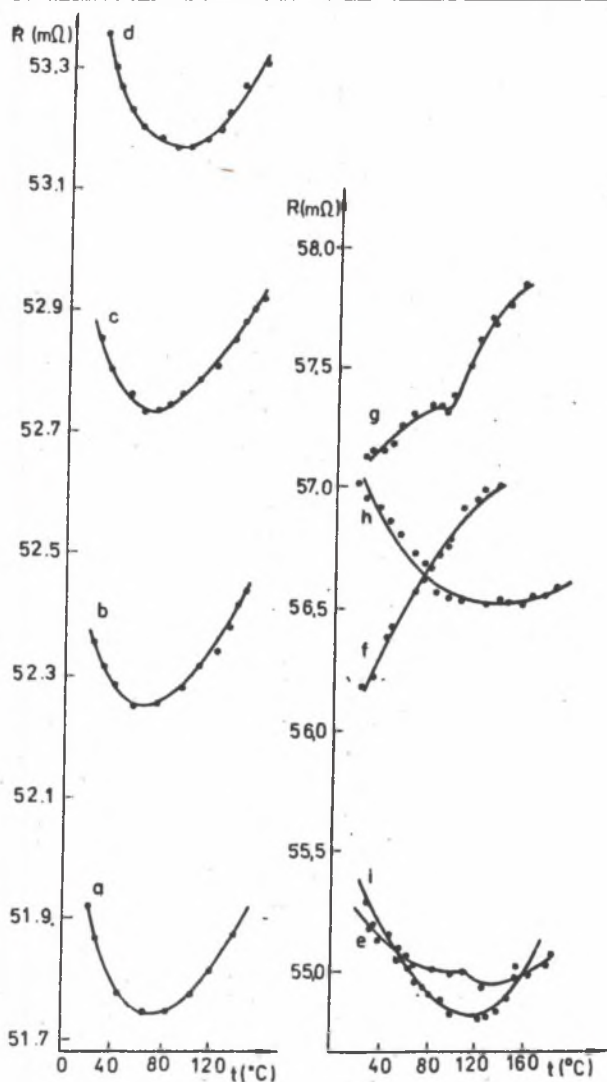
Rys. 3. Krzywe izotermiczne (od 1 do 6) i izochroniczne (7, 8) elektrycznego oporu właściwego próbek stali niskowęglowej. Numery krzywych od 1 do 6 odpowiadają kolejno temperaturom grzania: 400, 500, 600, 700, 800 i 900°C. Krzywa 7 jest krzywą izochroniczną, krzywa 8 zaś przedstawia zależność wartości elektrycznego oporu właściwego (mierzonego w temperaturze pokojowej) od temperatury wygrzewania izotermicznego

Fig. 3. Isothermal curves (1 to 6) and isochronic curves (7, 8) of the resistivity of low-carbon steel samples. The numbers of the curves (from 1 to 6) correspond to the heating temperatures 400, 500, 600, 700, 800 and 900°C, respectively. Curve 7 is an isochronic curve, whereas curve 8 represents the dependence of the values of resistivity (measured at room temperature) on the isothermal soaking heat



Rys. 4. Krzywe izotermiczne (od 1 do 6) i izochroniczne elektrycznego oporu właściwego próbek stali OH18N9. Numery krzywych od 1 do 6 odpowiadają kolejno temperaturom grzania: 400, 500, 600, 700, 800 i 900°C. Krzywa 7 jest krzywą izochroniczną, a krzywa 8 przedstawia zależności wartości elektrycznego oporu właściwego (mierzonego w temperaturze pokojowej) od temperatury wygrzewania izotermicznego

Fig. 4. Isothermal curves (1-6) and isochronic curves of the resistivity of OH18N9 steel samples. The numbers of the curves (1-6) correspond to the heating temperatures 400, 500, 600, 700, 800 and 900°C, respectively. Curve 7 is an isochronic curve, whereas curve 8 shows the dependence of the value of resistivity (measured at room temperature) on the isothermal soaking heat



Rys. 5. Zależność oporu elektrycznego od temperatury dla próbek stali ferromagnetycznej wygrzewanych w temperaturach

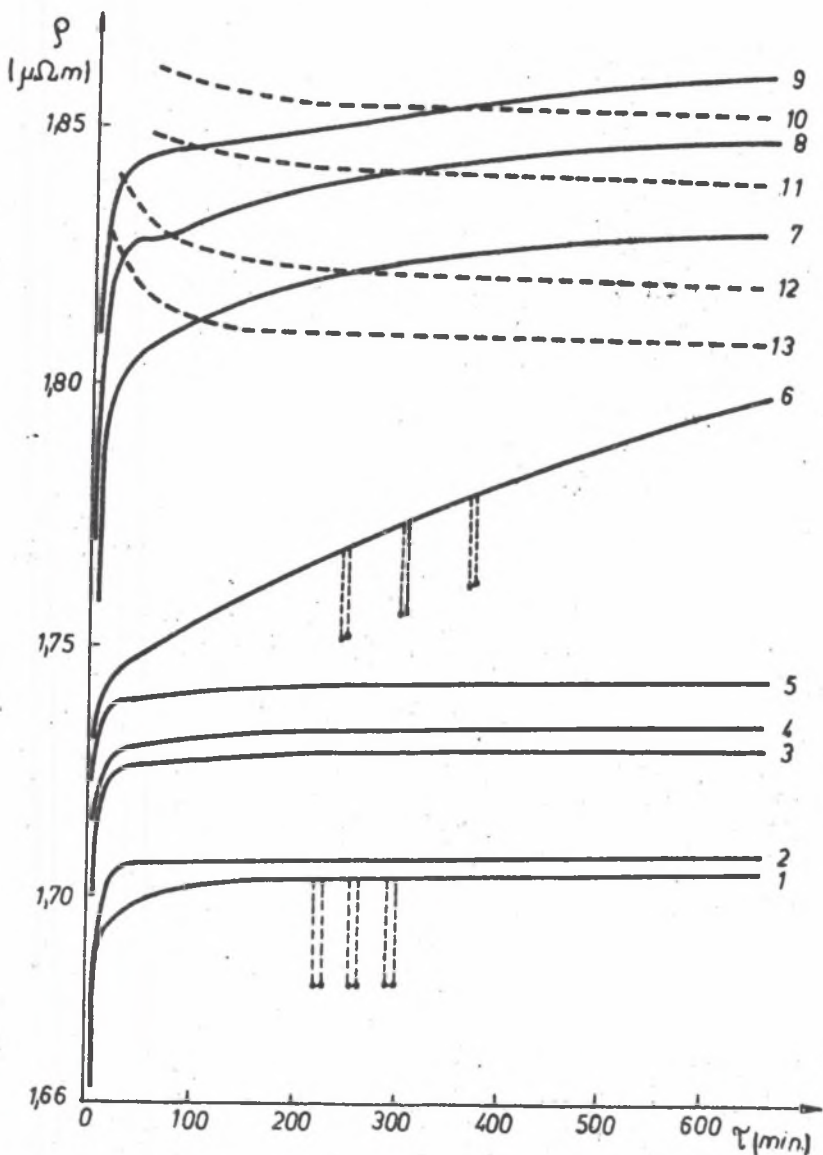
a) bez wygrzewania, b) 200°C przez 1 h, c) 300°C przez 1 h, d) 400°C przez 1 h, e) 500°C przez 1 h, f) 600°C przez 15 min, g) 700°C przez 15 min, h) 800°C przez 15 min, i) 900°C przez 15 min

Fig. 5. Dependence of resistivity on temperature in the case of ferromagnetic steel samples heated at the following temperatures

a) without heating, b) 200°C for one hour, c) 300°C for one hour, d) 400°C for one hour, e) 500°C for one hour, f) 600°C for 15 minutes, g) 700°C for 15 minutes, h) 800°C for 15 minutes, i) 900°C for 15 minutes

trwałego przyrostu oporu elektrycznego w wyniku pierwszego grzania wykazuje małe zmiany wartości oporu w trakcie kolejnych wygrzewań w całym przedziale temperatur. Niewielkie bo 1,5% zmiany oporu korelują ze zmianami oporu dyskutowanymi przy omawianiu krzywej 1 z tego samego rysunku.

Kolejnym wyróżniającym się zjawiskiem obserwowanym dla stali fermanal jest fakt, że w materiale tym podczas wygrzewania zachodzą nieodwracalne zmiany począwszy od temperatury wygrzewania 200°C. Na rys. 2 przedstawiono wartości elektrycznego oporu właściwego dla tej samej próbki mierzone w temperaturze pokojowej po każdym procesie izotermicznego wygrzewania. Opór elektryczny próbki wygrzanej w danej temperaturze, a następnie po jej schłodzeniu mierzony w temperaturze pokojowej wykazuje trwały przyrost. Takie zachowanie się fermanalu dobrze obrazują analogiczne krzywe zależności oporu elektrycznego mierzonego w temperaturze pokojowej od temperatury wygrzewania dla stali niskowęglowej (krzywa 8 na rys. 3) oraz dla stali OH18N9 (krzywa 8 na rys. 4). Jak widać, dla stali OH18N9 w całym zakresie temperatur wygrzewania zachodzące procesy mają charakter odwracalny, a dla stali niskowęglowej dopiero od temperatury 700°C występuje trwały przyrost oporu, co świadczy o nieodwracalnym charakterze przemian, jakie zachodzą w tej stali powyżej temperatury 700°C. Na rys. 3 i 4 wykreślone zostały również krzywe izotermiczne (krzywe 1-6) oraz krzywa izochroniczna (krzywa 7). Porównując wartości oporów z obu tych krzywych, można stwierdzić ich zgodność oraz odwracalność zmian oporu elektrycznego w zakresie temperatur do 600°C dla stali niskowęglowej i do 900°C dla stali OH18N9. W celu wyjaśnienia przyczyn tak odmiennego zachowania się stali fermanal poddanej obróbce cieplnej przeprowadzono dalsze badania. Dokonano pomiarów oporu elektrycznego próbki fermanalu w zakresie temperatur od pokojowej do około 150°C zarówno podczas ogrzewania, jak i chłodzenia próbki. Badana próbka stali była ogrzewana jednorodnie na całej długości, a jej temperaturę wyznaczano za pomocą sondy temperaturowej V - 40,33. Gradient temperatury na badanej długości próbki nie przekraczał $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Otrzymane wyniki przedstawia krzywa (a) na rys. 5. Interesujący jest fakt, że występujące w badanym zakresie temperatur zmiany oporu są odwracalne. Następnie próbkę tę poddano izotermicznemu wygrzewaniu w próżni 10^{-4} mm Hg kolejno w temperaturach: 200, 300, 400 i 500°C przez okres 1 godziny, w temperaturach zaś 600, 700, 800 i 900°C przez 15 minut. Po każdym kolejnym procesie wygrzewania mierzono opór elektryczny próbki we wspomnianym zakresie temperatur od pokojowej do ok. 150°C. Otrzymane krzywe zależności oporu elektrycznego w funkcji temperatury dla różnych temperatur wygrzewania przedstawiono na rys. 5. Kształt krzywych oporu obrazuje zmiany zachodzące w próbce w wyniku stosowanej obróbki cieplnej. Jak wynika z przebiegu otrzymanych krzywych dla wszystkich stosowanych temperatur wygrzewania, zmiany oporu w przedziale temperatur od pokojowej do 140°C są odwracalne. Trwałe zmiany oporu powodowane wygrzewaniem (uwidacznia to na rys. 5 piętrowe ułożenie kolejnych krzywych) charakteryzują się zależnością od temperatury, jak przedstawiono to już wcześniej



Rys. 6. Krzywe izotermiczne elektrycznego oporu właściwego próbki stali fermanal. Numery krzywych od 1 do 13 odpowiadają temperaturom wygrzewania: 420, 450, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000 i 1050°C

Fig. 6. Isothermal curves of the resistivity of a fermanal steel sample. The numbers of the curves (1-13) correspond to the soaking heat of 420, 450, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000 and 1050°C, respectively

na rys. 2. Dla próbki wygrzewanej w temperaturach 600 i 700°C ma miejsce wyraźna zmiana w charakterze przebiegu krzywej oporu elektrycznego. Za efekt ten przypuszczalnie odpowiedzialna jest obecność w materiale fazy typu β -mangan. Jest to bez wątpienia interesujący efekt, wymagający jednak dokładniejszego zbadania. Począwszy od temperatur wygrzewania 800°C krzywa oporu elektrycznego przyjmuje pierwotny paraboliczny kształt. Najlepiej widoczne jest to dla temperatury wygrzewania 900°C. Prawdopodobnie związane to jest z rozpuszczeniem fazy β -mangan.

Trwałe zmiany oporu w procesie grzania badano w funkcji czasu w warunkach izotermicznego grzania w zakresie temperatur od 420 do 1050°C przy zmianach temperatury co 500°C. Otrzymane wyniki przedstawiono na rys. 6.

Wśród trzynastu charakterystyk można wyróżnić trzy grupy krzywych o podobnym kształcie:

- I grupa krzywych występujących w przedziale temperatur od 420 do 650°C,
- II grupa krzywych - w przedziale temp. od 700 do 850°C,
- III grupa krzywych - w przedziale temp. od 900 do 1050°C.

Dla pierwszej grupy krzywych izotermicznych obserwuje się wzrost elektrycznego oporu właściwego do pewnej określonej wartości, która nie zmienia już się podczas dalszego długotrwałego wygrzewania (około 600 minut). W drugiej grupie krzywych po równie szybkim wzroście oporu (wzrost ten wynosi $6 \cdot 10^{-3} \frac{\mu\Omega\text{m}}{\text{min}}$) następuje w miarę dalszego wygrzewania wolny, ale wyraźny przyrost oporu ($11 \cdot 10^{-5} \frac{\mu\Omega\text{m}}{\text{min}}$). Na krzywych dla temperatur 420 i 700°C zaznaczony jest dodatkowo przebieg zmian oporu, gdy próbka poddana jest cyklowi możliwie szybkiego schłodzenia do zadanej temperatury. Jak widać, zaistniała trwała zmiana oporu przy pierwszym podgrzaniu nie ulega zmianom w kolejnych cyklach schłodzenia i podgrzania. Te trwałe zmiany oporu są tymi samymi, które przedstawia rys. 2. W trzeciej grupie krzywych w pierwszej fazie grzania następuje szybki wzrost oporu, po czym opór maleje wolniej wraz z czasem wygrzewania. Przebieg krzywych należących do ostatniej grupy jest odbiciem zmian zachodzących w próbce powyżej temperatury 900°C (pokazuje to również krzywa 1 na rys. 1), które przypisuje się rozrostowi ziarn i rozpuszczaniu węglików. Otrzymane wyniki pomiarów zmian oporu elektrycznego związane z dyskutowanym powyżej zagadnieniem, chociaż są szybkimi w czasie, sugerują, że owe zmiany mają charakter relaksacyjny o stałych czasowych rzędu minut.

Podsumowując wyniki z wykresów na rys. 2, 5 i 6 należy zwrócić uwagę na fakt nieodwracalnego wzrostu oporu elektrycznego proporcjonalnego do przyrostu temperatury począwszy już od 200°C. Dowodzi to pewnych nieodwracalnych procesów zachodzących w materiale stałym w tym zakresie temperatury. Zmiany własności mechanicznych próbek stali fermał wygrzewanych w temperaturze 250°C oraz 450°C przedstawiono w pracy [16]. Zmiany te obserwowane w temperaturze 250°C przypisuje się efektom związanym z określonym zachowaniem się dyslokacji, natomiast dla temperatury 450°C zmiany własności me-

chanicznych są skutkiem, jak tego dowodzi autor pracy, występujących w próbce takich wydzielań, jak: węglík (Fe,Mn)₃AlC, związek MnAl₆ oraz faza FeMn₄ typu β-mangan.

Mimo że od czasu opracowania nowego gatunku stali manganowo-aluminiowej typu fermanal upłynął dość długi okres czasu [17], nadal nie są w pełni zrozumiałe przyczyny bardzo nietypowego zachowania się tej stali po poddaniu jej określonej obróbce cieplnej.

Przedstawione w tej pracy wyniki pomiarów wskazują, że może istnieć związek między zmianami oporu elektrycznego a niektórymi procesami przemian fazowych lub strukturalnych materiału i w przypadku znalezienia tego związku badania oporu elektrycznego mogłyby stać się bardzo prostą technicznie metodą analizowania intensywności tych procesów, a w szczególności ich kinetyki.

LITERATURA

- [1] Zajcewa R.D., Perkas M.D.: F.M.M. 47, 5 (1979) 967.
- [2] Skarma B.D., Sonnenberg K., Autensberger G., Kesternich W.: Phil. Mag. A, 37, 6 (1978) 777.
- [3] Kostjukow N.S., Antonowa N.P.: Radiacionnoje elektromateriałowiedienije, Atomizdat, Moskwa, 1979.
- [4] Meyzand A., Parniere P.: Mem. Sci. Rev. Metall. 71, 7 (1974) 415.
- [5] Zambizickij B.N., Maksimowa O.P., Gruzin P.Ł., Rodionow J.Ł.: F.M.M. 49, 4 (1980) 777.
- [6] Łysak Ł.J., Storczał N.A., Draczirińskaja A.G.: F.M.M. 43, 3 (1977) 615.
- [7] Sachanskaja J.N., Tejtel E.J., Timofiejew N.J.: F.M.M. 49, 2 (1980) 363.
- [8] Leżenko J.W., Szawanow F.A.: F.M.M. 43, 5 (1977) 950.
- [9] Rtiščzew W.W., Wintajkin E.Z., Pigrowa G.D., Ubowienko W.A.: F.M.M. 43, 6 (1977) 785.
- [10] Brown P., Mack D.J.: Electrical Resistivity and Microstructural Changes Accompanying the Isothermal Decomposition of Austenite in Eutectoid Steel, Metallurgical Transactiong vol. 4, November 1973.
- [11] Benkisser G.: Einfluss martensitischer Phasen um Wandlungen auf die Temperatur abhangigkeit des elektrischen Widerstans von Eisen und Kobaltlegierungne, Neue Hütte, 24 Jahrgang - Heft 7, Juli 1979.
- [12] Nejmark B.E.: Wlijanije termiczeskoj obrabotki na tiełpłowodnost, elektroczeskoje sporotiwlenije i czislo Lorenca uglerodistych stalej. Tiełpłoeniergiatika 6, 9 (1959).
- [13] Wagenblast H., Arajš S.: Electrical Resistivity of Iron-Carbon Alloys, J. Appl. Phys. 39, 13 (1968).
- [14] Białoń J., Dudek D., Kobyłańska-Szkaradek K., Zastawny A.: Mater. Sci. Eng. 59, 2 (1983) 217.
- [15] Woźnica K.: Hutnictwo, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 17 (1978).

- [16] Piela A.: Praca doktorska, Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Śląska, Katowice 1981.
- [17] Patent 182 979P-1975, Austenityczna stal i austenityczno-ferrytyczna stal manganowo-aluminiowa.

Recenzent: Doc. dr hab. Jerzy Warczewski

Wpłynęło do Redakcji: 21.11.1983 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ,
ИЗМЕНЕНИЙ ПРОИСХОДЯЩИХ В СТАЛИ ФЕРМАНАЛЬ
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕРМООБРАБОТКИ

Р е з ю м е

Метод измерения электросопротивления применен в исследованиях фазовых и структурных изменений, происходящих в стали ферманаль под влиянием термообработки. Для сравнения намечены также т.н. изохронные и изотермические кривые для образцов стали OH18N9 а также низкоуглеродистой стали. Полученные результаты исследований показали существующие зависимости между изменениями электросопротивления образцов стали и протеканием, определенной термообработкой, фазовых и структурных изменений. Проводимый опыт имеет характер начальных исследований, которых последствием будет разработка способа однозначной интерпретации результатов, полученных методом измерения электросопротивления для стали разного состава.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRIC RESISTANCE OF THE FERMANAL
STEEL, FOR INVESTIGATION OF THE PROCESSES AFFECTED BY HEAT
TREATMENT

S u m m a r y

The electric resistance measurement method has been applied to investigate structural and phase changes in the fermental steel affected by heat treatment. For comparison some isochronous and isothermal measurements of the OH18N9 and low-carbon steel have also been made. The results have indicated a dependence between electric resistance changes of the steel samples and structural or phase changes forced by the definite heat treatment.

This work is introductory, aiming to univocal interpretation of the electric resistance measurements for steels with different composition.