ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2007
Seria: TRANSPORT z. 61 Nr kol. 1704

Damian HADRYŚ

ODKSZTAŁCENIE POWYPADKOWE JAKO PRZYCZYNA ZMIAN STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI STALI UŻYWANYCH DO PRODUKCJI WSPÓŁCZESNYCH NADWOZI SAMOCHODOWYCH

Streszczenie. W artykule przestawiono wyniki badań struktury i twardości stali stosowanych w budowie współczesnych nadwozi samochodów, poddanych odkształceniu plastycznemu, oraz próby przeginania blach wykonanych z tych materiałów. Stwierdzono, że odkształceniu plastycznemu badanych materiałów towarzyszą zmiany ich struktury. Są one tym większe, im większe jest odkształcenie próbki. Poza zmianami struktury mają miejsce także zmiany twardości w miejscu zgięcia próbki.

POST-ACCIDENT DEFORMATION AS A REASON OF STRUCTURE AND PROPERTY CHANGES OF STEEL USED IN CONTEMPORARY VEHICLE BODIES

Summary. The investigations of structure and hardness of steel used in contemporary vehicle body after plastic deformation and test of bending of the metal sheet have been carried out. It has been found that changes in structure become larger with increase angle of bend. Hardness in place of bend become larger with increase angle of bend too.

1. WPROWADZENIE

W historii samochodu miał miejsce nieustanny postęp, którego wynikiem są obecnie produkowane pojazdy. Osiągnęły one bardzo wysoki poziom zarówno pod względem osiągów, niezawodności, jak i bezpieczeństwa. Nie inaczej jest również w przypadku materiałów konstrukcyjnych używanych do budowy nadwozi samochodów osobowych. Najczęściej stosowanym materiałem pozostaje stal, jednak i ona jest przedmiotem nieustannych badań. Od pewnego czasu prowadzone są intensywne prace, mające na celu opracowanie nowych stali o właściwościach nowych lub lepszych w stosunku do poprzednich. Przykładem może być projekt ULSAB lub ULSAB-AVC [1].

W związku z wprowadzeniem na rynek pojazdów, których nadwozia wykonane są z nowoczesnych stali należy przeprowadzić dyskusję na temat ich napraw powypadkowych. Nowe materiały użyte do budowy nadwozi mogą wymuszać wprowadzenie nowych technologii napraw, które zapewnią wysoką jakość naprawy i odpowiednie parametry nadwozia naprawianego. Aby to osiągnąć, należy poznać zjawiska zachodzące podczas odkształcania plastycznego materiałów nadwozia i wybrać określoną technologię naprawy powypadkowej.

Celem przeprowadzonych badań było ustalenie możliwości przeprowadzenia naprawy powypadkowej pojazdu przez prostowanie elementów odkształconych plastycznie. W związku z tym wykonano próbę przeginania blach z materiałów, które używane są do budowy nadwozi pojazdów osobowych. Badano również wpływ odkształcenia plastycznego

stali stosowanych w budowie nadwozi pojazdów na zmianę ich struktury oraz twardości, w celu określenia intensywności tych zjawisk.

2. MATERIAŁY STOSOWANE W BADANIACH

Do badań zostały wybrane materiały, które służą do wykonania takich elementów nadwozia pojazdu jak: podłużnica, panel dachowy, słupek A lub C, próg. Zestawienie stali, które zostały wykorzystane w badaniach przedstawiono w tablicy 1. W tablicach 2 i 3 przedstawiono skład chemiczny stali oraz ich własności mechaniczne.

Tablica 1

Zestawienie stali użytych w badaniach

Lp.	Gatunek stali	Grubość blachy [mm]	Stal wykorzystywana na
1	BH220	0,7	drzwi
2	FEP04	0,75	poszycie zewnętrzne dachu
3	FEE355	1,2	próg, słupki A i C
4	FEE355	1,8	podłużnicę przednią

Tablica 2

Skład chemiczny stali użytych w badaniach

Lp.	Gatunek stali	C [%]	Mn [%]	Si [%] max	P [%]	S [%] max.	Al [%]	Nb [%]
1	BH220	0,007 ÷ 0,060	0,150 ÷ 0,700	0,5	0,050 ÷ 0,090	0,03	0,020 ÷ 0,070	-
2	FEP04	0,08	0,4	-	0,03	0,03	-	-
3	FEE355	max. 0,1	max. 1,3	0,5	≤0,025	0,025	0,02	0,02

Tablica 3

Własności mechaniczne stali użytych w badaniach

Lp.	Gatunek stali	Granica plastyczności [Mpa]	Granica wytrzymałości [Mpa]	Wydłużenie min. A_{80} [%]
1	BH220	200 ÷ 270 [1)]	325 ÷ 400	34
2	FEP04 [2)]	140 ÷ 210	270 ÷ 350	38
3	FEE355	355	420 ÷540	20

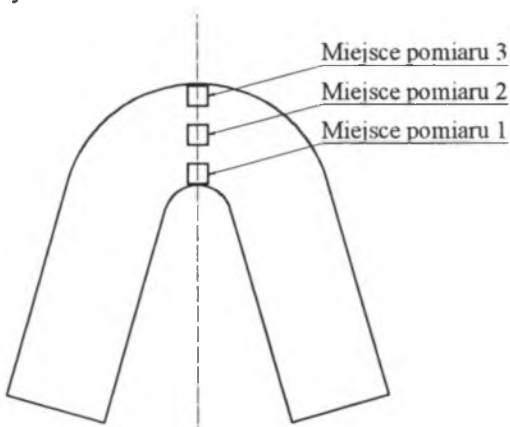
1) - wartość R_e po obróbce (gniot = 2% i wyżarzenie w piecu w temperaturze 170 - 180° C przez 30 minut) powinna osiągnąć wzrost o co najmniej 80 MPa,

2) - stal uspokojona aluminium, której charakterystyki mechaniczne pozostają niezmienione przez okres co najmniej 6 miesięcy.

Próbki przeznaczone do badań struktury i twardości zostały zgięte o ustalone kąty 0, 45, 90, 135 i 180 [°], zgodnie z normą PN-EN ISO 7438:2002 [2]. Badania struktury przeprowadzono za pomocą programu MET-ILO, przeznaczonego do ilościowej oceny obrazów [3]. Badania twardości HV5 przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 6507-1:1999 [4]. Próbki przeznaczone do próby przeginania wykonano zgodnie z wytycznymi normy PN-EN ISO 7799:2002 [5].

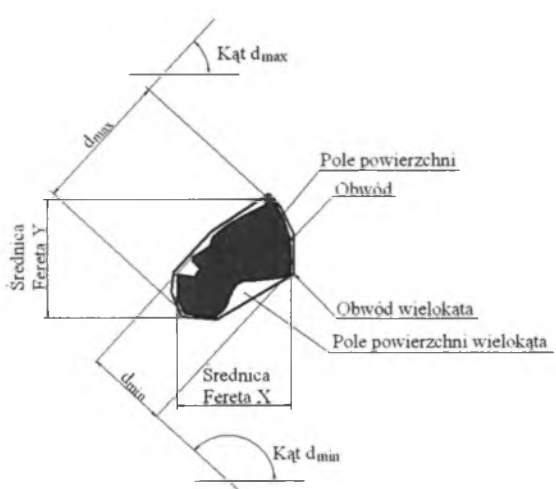
3. PRZEBIEG I WYNIKI BADAŃ

Rozmieszczenie miejsc pomiarowych podczas badań metalograficznych i badań twardości HV5 przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Rozmieszczenie miejsc pomiarowych
Fig. 1. Distribution of measuring places

W badaniach metalograficznych jako parametr opisujący zmiany struktury wybrano dwie wielkości, mianowicie średnicę Fereta w kierunku X i średnicę Fereta w kierunku Y. Poniżej przedstawiono podstawowe wielkości, które są możliwe do określenia za pomocą programu MET-ILO.



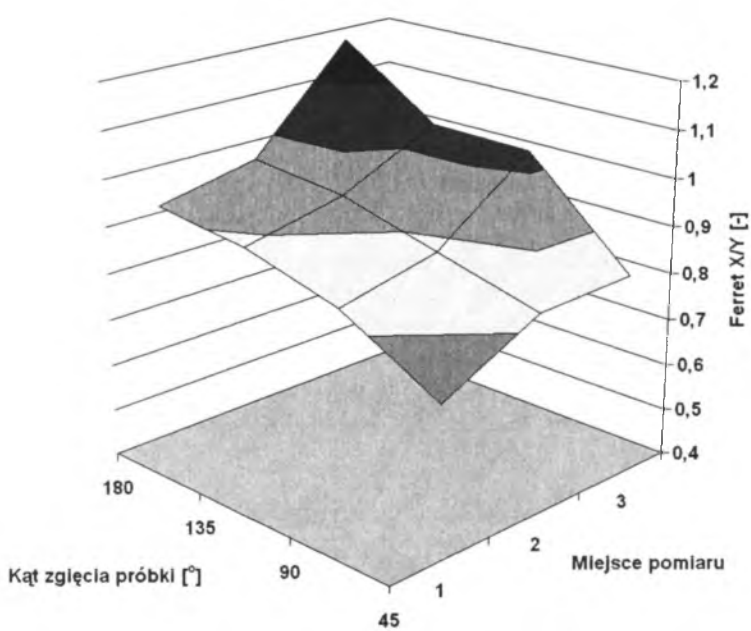
Rys. 2. Podstawowe wielkości mierzone przez program MET-ILO
Fig. 2. Basic sizes measured by programme MET-ILO

Aby opisać zmiany kształtu ziaren za pomocą jednej wielkości, zdecydowano się na wprowadzenie wielkości pozwalającej na określenie zmian średnicy Fereta X, w zależności od zmian średnicy Fereta Y. Wprowadzono nową wielkość - średnicę Fereta X/Y, która wyraża się wzorem (1). Dzięki temu uzyskano wielkość względną, a zarazem bezwymiarową.

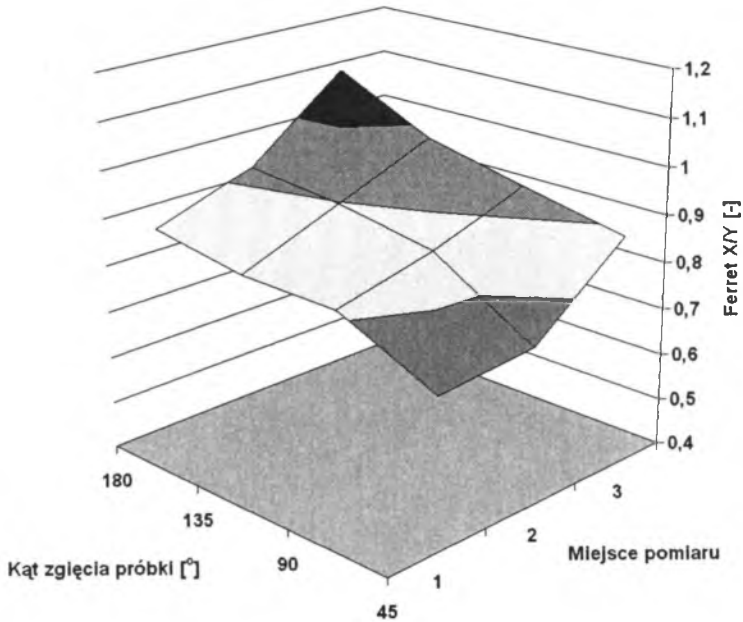
$$\textit{średnica Fereta } X/Y = \frac{\textit{średnica Fereta } X}{\textit{średnica Fereta } Y} \quad [-] \tag{1}$$

gdzie:
średnica Fereta X - średnia arytmetyczna z pomiarów dla poszczególnych ziaren w danym miejscu pomiaru,
średnica Fereta Y - średnia arytmetyczna z pomiarów dla poszczególnych ziaren w danym miejscu pomiaru,
średnica Fereta X/Y - bezwymiarowa względna miara kształtu ziaren struktury w danym miejscu pomiaru.

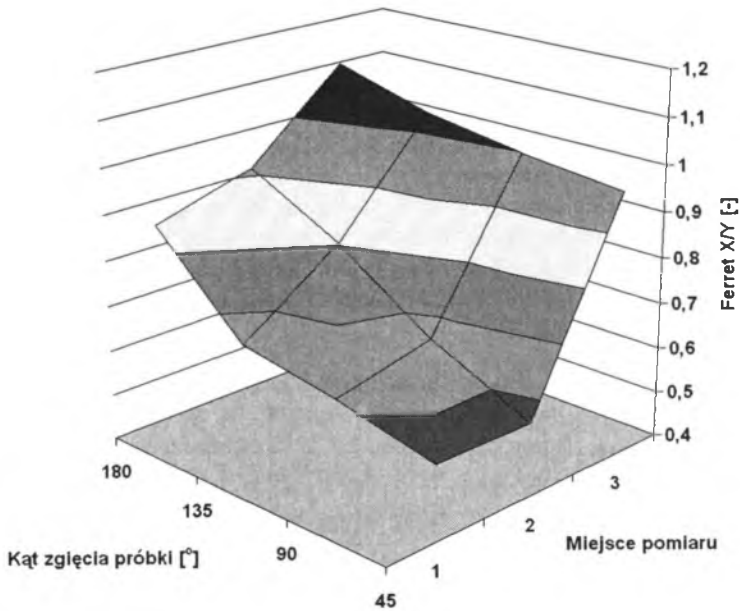
Na rysunkach od 3 do 6 przedstawiono wyniki badania zmian struktury stali po odkształceniu plastycznym.



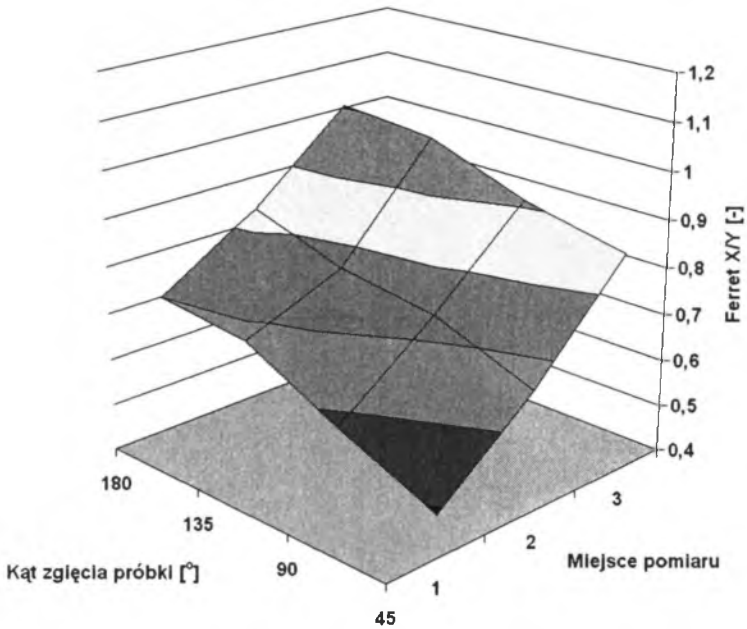
Rys. 3. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y dla stali BH220 (grubość 0,7 [mm])
Fig. 3. Changes of Feret X/Y for steel BH220 (thickness 0.7 [mm])



Rys. 4. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y dla stali FEP04 (grubość 0,75 [mm])
Fig. 4. Changes of Feret X/Y for steel FEP04 (thickness 0.75 [mm])



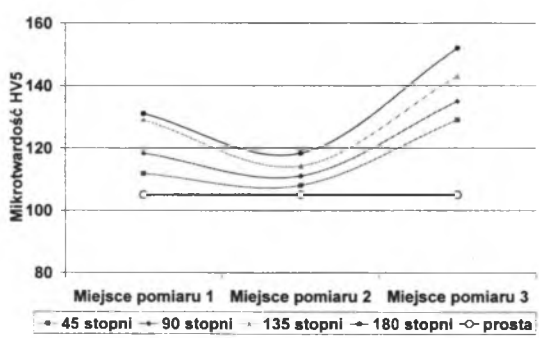
Rys. 5. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y dla stali FEE355 (grubość 1,2 [mm])
Fig. 5. Changes of Feret X/Y for steel FEE355 (thickness 1.2 [mm])



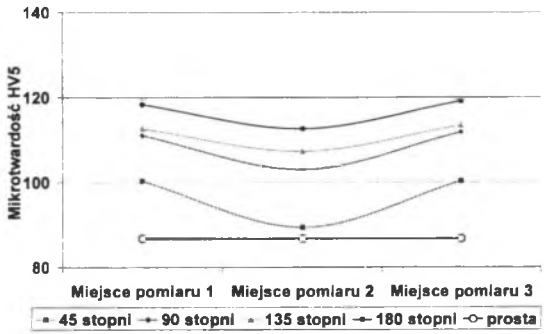
Rys. 6. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y dla stali FEE355 (grubość 1,8 [mm])
Fig. 6. Changes of Feret X/Y for steel FEE355 (thickness 1.8 [mm])

Na powyższych wykresach można zauważyć, że istnieje tendencja zwiększania się wartości wielkości Fereta X/Y w poszczególnych miejscach pomiarowych. Po wewnętrznej stronie próbki ziarna ulegają wydłużeniu w kierunku y (są ściskane), a po stronie zewnętrznej próbki w kierunku x (są rozciągane). Można również dostrzec zależność pomiędzy kątem zgięcia próbek a wartością średnicy Fereta X/Y. Zasadniczo, im większy jest kąt zgięcia próbek, tym większe wartości ona osiąga.

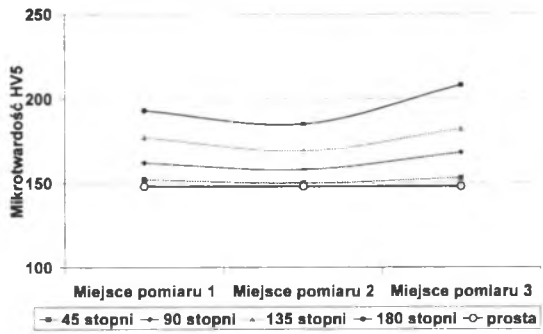
Z uwagi na niewielką grubość blach stosowanych w budowie pojazdów, badania twardości przeprowadzono sposobem Vickersa, na mikrotwardościomierzu. W metodzie tej uzyskuje się nieznaczny odcisk [6]. Wynik siły docisku wgłębnika podczas prób był zgodny z normą 49 [N]. Na rys. 7 ÷ 10 przedstawiono wyniki badania twardości HV5 stali po odkształceniu plastycznym.



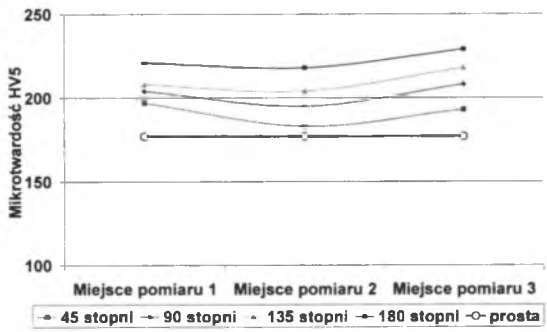
Rys. 7. Zmiany twardości HV5 dla stali BH220 (grubość 0,7 [mm])
Fig. 7. Changes of hardness HV5 for steel BH220 (thickness 0.7 [mm])



Rys. 8. Zmiany twardości HV5 dla stali FEP04 (grubość 0,75 [mm])
Fig. 8. Changes of hardness HV5 for steel FEP04 (thickness 0.75 [mm])



Rys. 9. Zmiany twardości HV5 dla stali FEE355 (grubość 1,2 [mm])
Fig. 9. Changes of hardness HV5 for steel FEE355 (thickness 1.2 [mm])



Rys. 10. Zmiany twardości HV5 dla stali FEE355 (grubość 1,8 [mm])
Fig. 10. Changes of hardness HV5 for steel FEE355 (thickness 1.8 [mm])

Na podstawie przeprowadzonych badań twardości HV5 można stwierdzić, że twardość materiału zwiększa się najbardziej w miejscu zgięcia, po stronach wewnętrznej i zewnętrznej. Ponadto, istnieje zależność pomiędzy kątem zgięcia próbek a twardością materiału. Zasadniczo, im większy kąt zgięcia próbek, tym większa twardość materiału.

Próba przeginania polega na wielokrotnym zginaniu o kąt 90 [°] w przeciwnych kierunkach, prostokątnej próbki zamocowanej na jednym końcu. Próbę kontynuowano do momentu pojawienia się pierwszych nieciągłości materiału, widocznych bez użycia przyrządów powiększających i dalej do całkowitego pęknięcia próbki. Przegięcie, podczas którego nastąpiło pęknięcie próbki, nie zalicza się do liczby przegięć. W tablicy 4 przedstawiono wyniki uzyskane podczas próby przeginania blach.

Tablica 4

Wyniki uzyskane podczas przeginania blach

Lp.	Gatunek stali	Grubość blachy [mm]	Liczba przegięć do pojawienia się pierwszych nieciągłości materiału	Liczba przegięć do pęknięcia próbki
1	BH220	0,7	5	8
2	FEP04	0,75	5	8
3	FEE355	1,2	3	5
4	FEE355	1,8	2	3

Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że próbki pobrane z blach przeznaczonych na podłużnice charakteryzują się najmniejszą liczbą przegięć do pojawienia się pierwszych nieciągłości materiału. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku liczby przegięć wykonanych do pęknięcia próbek. Wynika z tego, że istnieją ograniczenia w przeprowadzaniu naprawy powypadkowej podłużnicy polegającej na jej odkształceniu plastycznemu do kształtu sprzed wypadku. Możliwe jest pojawienie się nieciągłości materiału, które powodują zmniejszenie się wytrzymałości elementu. Odmienna sytuacja ma miejsce w przypadku próbek pobranych z blach przeznaczonych na progi lub poszycie dachu. Istnieje możliwość wielokrotnego przeginania próbek bez pojawienia się jakichkolwiek nieciągłości materiału.

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- podczas odkształcenia plastycznego stali następuje ściskanie ziaren po wewnętrznej stronie próbki i rozciąganie po zewnętrznej stronie próbki, przy czym im większy kąt zgięcia, tym zmiana struktury jest wyraźniejsza,
- w miejscu zginania stali następuje wzrost twardości,
- istnieją ograniczenia w przeprowadzaniu naprawy powypadkowej podłużnicy, polegającej na jej odkształceniu plastycznemu do kształtu sprzed wypadku,

Literatura

1. Hadasik E.: Przetwórstwo metali. Plastyczność a struktura, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
2. PN-EN ISO 7438:2006. Metale. Próba zginania.
3. Szala J.: Instrukcja obsługi programu MET-ILO, Katowice 1999.
4. PN-EN ISO 6507-1:2006. Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Metoda badań.
5. PN-EN ISO 7799:2002. Metale. Blachy i taśmy grubości do 3 [mm]. Próba przeginania.
6. Staub F.: Metaloznawstwo. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1979.

Recenzent: Dr hab. inż. Ryszard Walentyński
Prof. w Politechnice Śląskiej

Praca wykonana w ramach BW-488/RT1/2007