

Damian HADRYŚ

ZMIANY STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI STALI STOSOWANYCH W BUDOWIE POJAZDÓW W EFEKCIE ODKSZTAŁCENIA POWYPADKOWEGO

Streszczenie. W ramach pracy przeprowadzono badania struktury i twardości stali stosowanych w budowie pojazdów samochodowych poddanych odkształceniu plastycznemu oraz próbę przeginania blach wykonanych z tych materiałów. Stwierdzono, że podczas odkształcania plastycznego badanych materiałów wraz ze zwiększaniem kąta zgięcia blach mają miejsce coraz większe zmiany w strukturze materiału. Twardość w miejscu zgięcia zwiększa się wraz ze zwiększaniem kąta zgięcia, a zmniejsza się wraz ze wzrostem odległości od miejsca zgięcia.

CHANGES OF STRUCTURE AND PROPERTY OF STEEL USED IN VEHICLE CONSTRUCTION IN EFFECT OF ACCIDENT DEFORMATION

Summary. The investigations of structure and hardness of steel used in vehicle construction after plastic deformation and test of bending the sheet metals have been carried out. It has been found changes in structure are larger with increase angle of bend. Hardness in place of bend are larger with increase angle of bend and are smaller with increase distance from place of bend.

1. WPROWADZENIE

Rosnąca liczba pojazdów uczestniczących w ruchu drogowym, ich stan techniczny oraz niejednokrotnie czynnik ludzki to tylko niektóre ze składników wpływających na bezpieczeństwo ruchu drogowego [1]. Zestawienie ich często kończy się kolizją lub wypadkiem drogowym. W 2005 roku w Polsce odnotowano 48 100 wypadków drogowych, a do jednostek policji zgłoszono 401 440 kolizji. W samym województwie śląskim odnotowano 6355 wypadków drogowych [2]. Powstaje pytanie, czy opłacalna jest naprawa pojazdu powypadkowego, a jeżeli tak, to jaką zastosować technologię naprawy. Odpowiedź wydaje się prosta: naprawa powinna być uzasadniona ekonomicznie, ale przede wszystkim powinna gwarantować parametry pojazdu przynajmniej na poziomie sprzed zderzenia. Dotyczy to również zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa biernego. Zasadniczo technologię naprawy powypadkowej pojazdu powinno się dobierać odpowiednio do stopnia jego uszkodzenia oraz materiału, z którego wykonane są uszkodzone elementy.

Celem badań było ustalenie możliwości napraw powypadkowych pojazdów przez prostowanie elementów odkształconych plastycznie. W związku z tym wykonano próbę przeginania blach wykonanych z tych materiałów. W pracy badano również wpływ odkształcania plastycznego stali stosowanych w budowie pojazdów na zmianę ich struktury oraz twardości, w celu określenia intensywności tych zjawisk.

2. MATERIAŁY STOSOWANE W BADANIACH

Obecnie średni wiek pojazdu w Polsce to 14,4 roku [3]. Z tego względu zdecydowano się na przebadanie materiałów pochodzących z pojazdów wyprodukowanych w latach 1982 ÷ 1997. Do badań zostały wybrane materiały pochodzące zasadniczo z dwóch miejsc, tzn. z podłużnic i paneli dachowych. Zestawienie pojazdów, z których pobrano próbki do badań, przedstawiono w tabelicy 1.

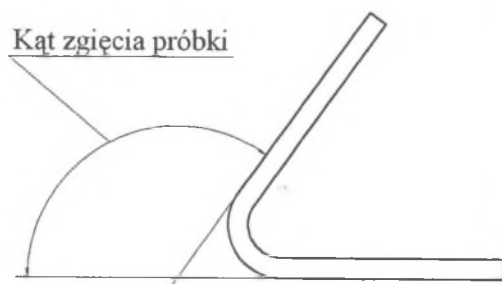
Tablica 1

Zestawienie pojazdów, z których zostały pobrane próbki

Lp.	Marka pojazdu	Model pojazdu	Rok Produkcji pojazdu	Miejsce Pobrania próbki
1	Opel	Ascona	1982	Podłużnica
2	Opel	Kadet	1986	Podłużnica
3	Fiat	126p	1989	Podłużnica
4	Skoda	Favorit	1991	Podłużnica
5	FSO	Polonez	1992	Podłużnica
6	Fiat	Cinquecento	1994	Podłużnica
7	Skoda	130	1988	Przegroda przednia
8	Fiat	126p	1983	Panel dachu
9	Fiat	126p	1984	Panel dachu
10	Ford	Escort	1986	Panel dachu
11	Fiat	126p	1988	Panel dachu
12	Skoda	130	1988	Panel dachu
13	Fiat	126p	1989	Panel dachu
14	Skoda	130	1989	Panel dachu
15	Fiat	126p	1991	Panel dachu
16	Skoda	Favorit	1991	Panel dachu
17	AvtoZAZ	Zaz 1102 Tavria	1992	Panel dachu
18	Fiat	126p	1993	Panel dachu
19	Fiat	Cinquecento	1994	Panel dachu
20	Fiat	Uno	1997	Panel dachu

Badania metalograficzne oraz badania twardości zostały przeprowadzone na próbkach, które pobrano z pojazdów oznaczonych w tabelicy 1 numerami 1÷7. Próba przeginania blach została przeprowadzona na próbkach, które pobrano z pojazdów oznaczonych w tabelicy 1 numerami 1÷20.

Przy pobieraniu elementów nadwozia zwrócono uwagę na to, aby wykorzystywane w badaniach próbki pochodziły z miejsc nieprzerobionych plastycznie podczas procesu tłoczenia przy produkcji pojazdu.

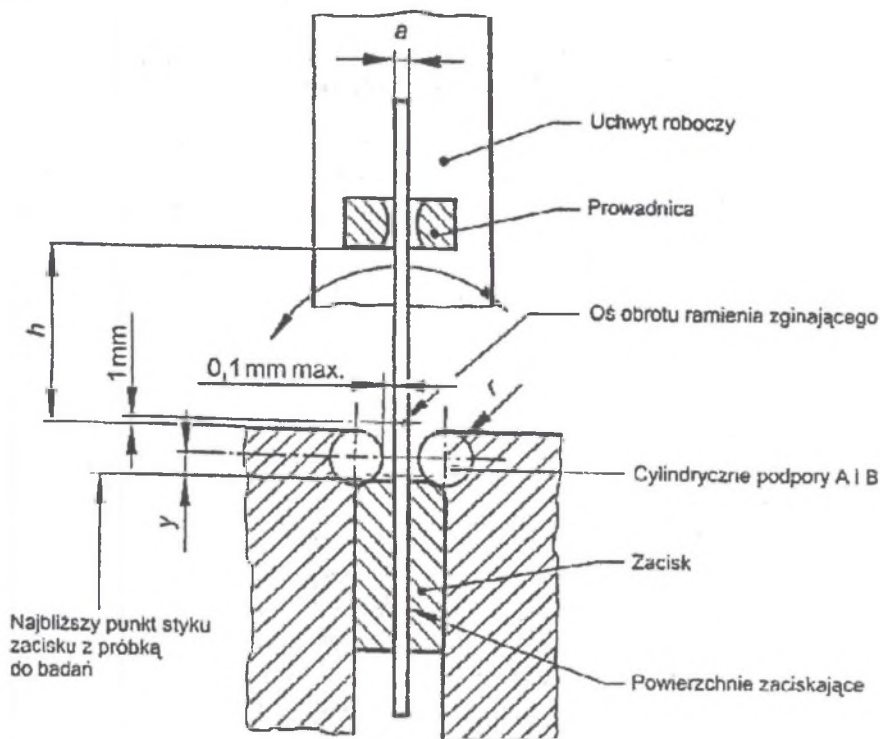


Rys. 1. Sposób pomiaru kąta zgięcia próbki
Fig. 1. Way the measurement of angle of bend

W celu wykonania zaplanowanych badań przygotowano próbki dwojakiego rodzaju. Próbki przeznaczone do badań metalograficznych zostały zgięte o ustalone kąty 0, 30, 45, 60, 90, 135 i 180 [°] (rys. 1) zgodnie z normą PN-EN ISO 7438:2002 oraz zainkludowane, a następnie przygotowano zglądy metalograficzne trawione Nitałem [4][5]. Po badaniach metalograficznych próbki te wykorzystano do badań twardości HV10 zgodnie z normą PN-EN ISO 6507-1:1999 [6]. Próbki przeznaczone do próby przeginania wykonano zgodnie z wytycznymi normy PN-EN ISO 7799:2002 [7].

3. URZĄDZENIA WYKORZYSTYWANE DO BADAŃ

Zmiany struktury zostały zbadane za pomocą mikroskopu świetlnego OLYMPUS CK40M, kamery cyfrowej oraz programu MET-ILO, przeznaczonego do ilościowej oceny obrazów [8]. Badanie twardości przeprowadzono na mikrotwardościomierzu HPO 10. Próba przeginania blach została przeprowadzona na urządzeniu, którego konstrukcję przedstawiono na rys. 2.

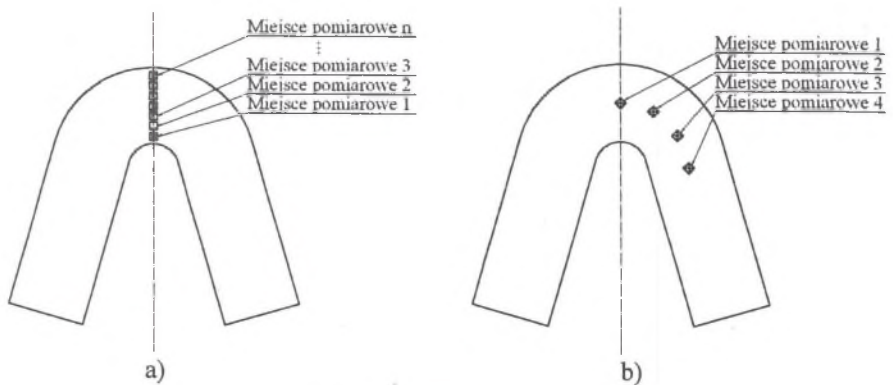


Rys. 2. Schemat urządzenia do przeprowadzania prób przeginania [7]

Fig. 2. Pattern of device to carrying out the tests of bending [7]

4. PRZEBIEG I WYNIKI BADAŃ

Rozmieszczenie miejsc pomiarowych podczas badań metalograficznych przedstawiono na rys. 3a. Po uzyskaniu cyfrowych obrazów przeprowadzono ich obróbkę w celu dostosowania do wymagań programu MET-ILO, za pomocą którego dokonano obliczeń pozwalających na określenie zmian struktury materiału.



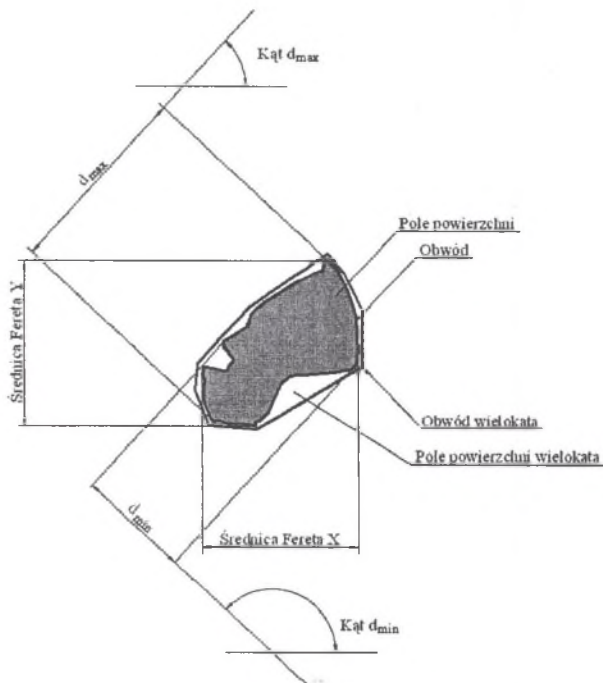
Rys. 3. Rozmieszczenie miejsc pomiarowych:

- a) podczas badania zmian struktury,
 b) podczas badania twardości

Fig. 3. Distribution of measuring places:

- a) during investigation of changes of structure,
 b) during investigation of hardness

Jako parametr opisujący zmiany struktury wybrano dwie wielkości, mianowicie średnicę Fereta w kierunku X i średnicę Fereta w kierunku Y. Podstawowe wielkości, które są możliwe do określenia za pomocą programu MET-ILO, zostały przedstawione na rys. 4.



Rys. 4. Podstawowe wielkości mierzone przez program MET-ILO

Fig. 4. Basic sizes measured by programme MET-ILO

Aby skupić się wyłącznie na zmianach kształtu w strukturze materiału, a nie na zmianie wielkości ziaren, 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) przedstawionym poniżej. Dzięki temu uzyskano wielkość względną, a zarazem bezwymiarową,

$$\text{średnica Fereta } X/Y = \frac{\text{średnica Fereta } X}{\text{średnica Fereta } Y} \quad [-] \quad (1)$$

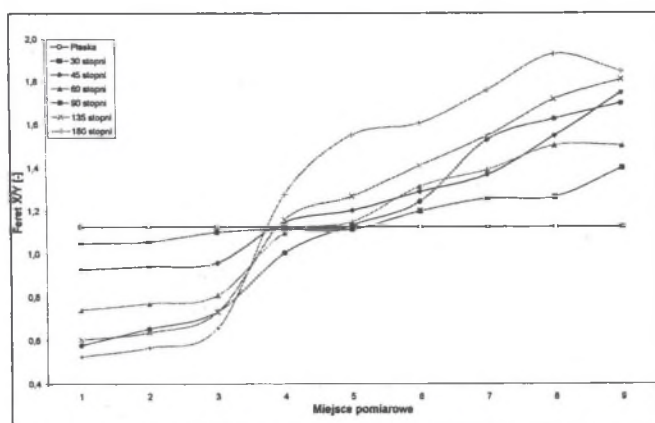
gdzie:

średnica Fereta X - średnia arytmetyczna z pomiarów dla poszczególnych ziaren,

średnica Fereta Y - średnia arytmetyczna z pomiarów dla poszczególnych ziaren,

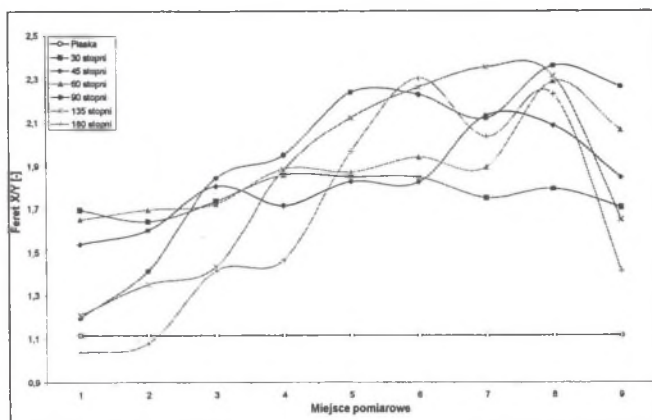
średnica Fereta X/Y - bezwymiarowa względna miara kształtu ziaren struktury.

Na rys. 5÷11 przedstawiono wyniki badania zmian struktury stali po odkształceniu plastycznym. Różna liczba miejsc pomiarowych wynika z faktu, że badane próbki pochodzą z blach o różnych grubościach.



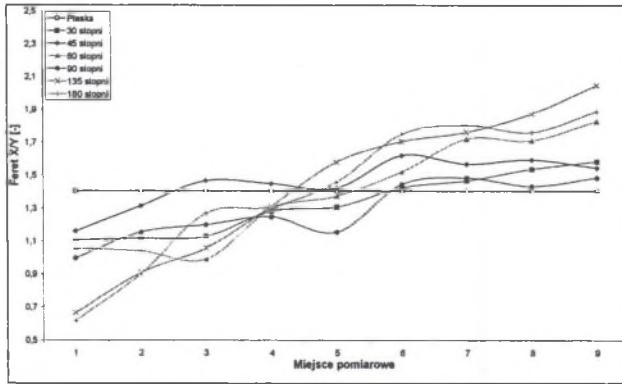
Rys. 5. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y w zależności od miejsca pomiarowego
Pojazd: OPEL Ascona; Rok produkcji: 1982

Fig. 5. Changes of Feret X/Y in dependence on measuring place
Vehicle: OPEL Ascona; Year of production: 1982



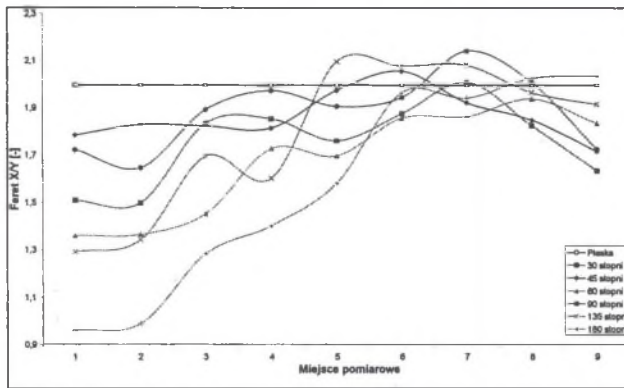
Rys. 6. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y w zależności od miejsca pomiarowego
Pojazd: OPEL Kadet; Rok produkcji: 1986

Fig. 6. Changes of Feret X/Y in dependence on measuring place
Vehicle: OPEL Kadet; Year of production: 1986



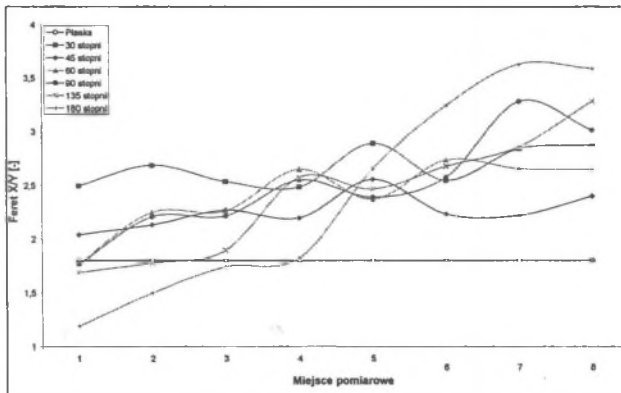
Rys. 7. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y w zależności od miejsca pomiarowego
Pojazd: FIAT 126p; Rok produkcji: 1989

Fig. 7. Changes of Feret X/Y in dependence on measuring place
Vehicle: FIAT 126p; Year of production: 1989



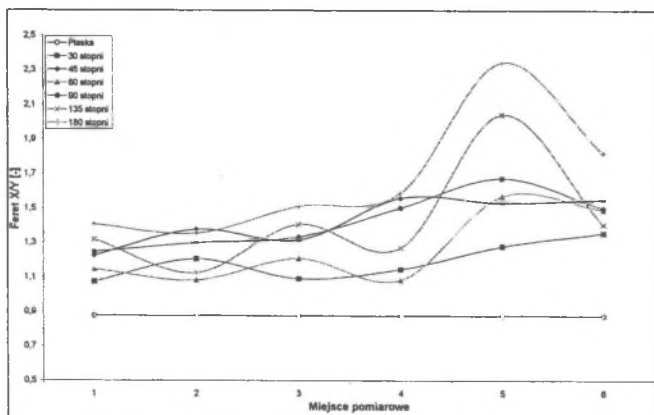
Rys. 8. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y w zależności od miejsca pomiarowego
Pojazd: SKODA Favorit; Rok produkcji: 1991

Fig. 8. Changes of Feret X/Y in dependence on measuring place
Vehicle: SKODA Favorit; Year of production: 1991



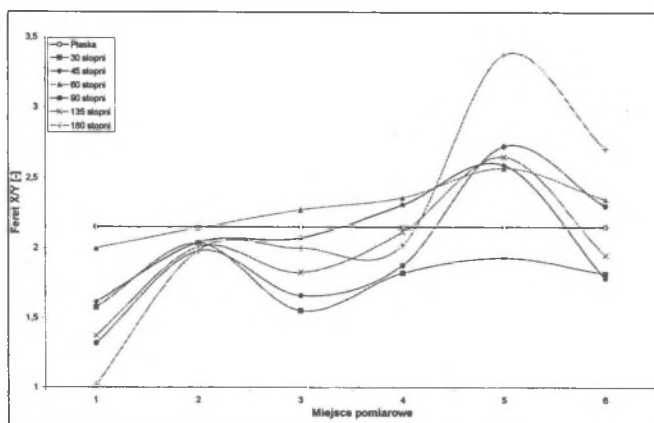
Rys. 9. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y w zależności od miejsca pomiarowego
Pojazd: FSO Polonez; Rok produkcji: 1992

Fig. 9. Changes of Feret X/Y in dependence on measuring place
Vehicle: FSO Polonez; Year of production: 1992



Rys. 10. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y w zależności od miejsca pomiarowego
Pojazd: FIAT Cinquecento; Rok produkcji: 1994

Fig. 10. Changes of Feret X/Y in dependence on measuring place
Vehicle: FIAT Cinquecento; Year of production: 1994



Rys. 11. Zmiany wartości wielkości Feret X/Y w zależności od miejsca pomiarowego
Pojazd: SKODA 130; Rok produkcji: 1988

Fig. 11. Changes of Feret X/Y in dependence on measuring place
Vehicle: SKODA 130; Year of production: 1988

Na powyższych wykresach można zauważyć, że istnieje wyraźna tendencja zwiększania się wartości średnicy Fereta X/Y. 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. Zmniejszenie się wartości średnicy Fereta X/Y w ostatnich punktach pomiarowych można tłumaczyć pojawieniem się nieciągłości materiału. Fakt, iż próbki nie poddane zginaniu – proste wykazują różne wartości średnicy Fereta X/Y, można tłumaczyć gniotem powstałym podczas ich walcowania.

Roźmieszczenie miejsc pomiarowych podczas badań twardości HV10 przedstawiono na rys. 3b. Z uwagi na niewielką grubość blach stosowanych w budowie pojazdów, przeprowadzono je sposobem Vickersa na mikrotwardościomierzu, ponieważ w metodzie tej uzyskuje się nieznaczny odcisk [9]. Siła docisku węgelnika podczas prób wynosiła zgodnie z normą 98 [N].

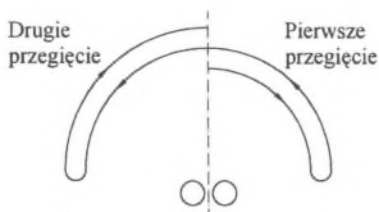
W tablicy 2 przedstawiono wyniki badania twardości HV10 stali po odkształceniu plastycznym. Na ich podstawie można powiedzieć, że istnieje tendencja do zmniejszania się twardości wraz z oddalaniem się od miejsca zginania próbek. Materiał osiąga największą twardość w miejscu jego zgięcia. Można również dostrzec zależność pomiędzy kątem zgięcia próbek a twardością materiału. Zasadniczo, im większy kąt zgięcia próbek, tym większa twardość materiału.

Tablica 2

Wyniki uzyskane podczas badania twardości HV10

Lp.	Marka i model pojazdu	Rok produkcji pojazdu	Kąt zgięcia próbki [°]	Miejsce pomiarowe			
				1	2	3	4
1	OPEL Ascona	1982	30	149	149	145	144
			45	159	158	152	151
			60	162	162	157	152
			90	163	162	157	153
			135	171	162	155	156
			180	176	161	157	155
2	OPEL Kadet	1986	30	132	125	121	123
			45	127	122	122	124
			60	133	126	124	125
			90	142	135	132	135
			135	143	141	136	134
			180	147	143	138	137
3	FIAT 126p	1989	30	154	153	147	146
			45	160	154	156	152
			60	171	169	162	164
			90	173	170	171	168
			135	179	170	171	166
			180	180	176	174	167
4	SKODA Favorit	1991	30	121	120	121	119
			45	127	124	125	120
			60	126	126	122	121
			90	136	127	127	125
			135	132	129	129	127
			180	139	142	137	136
5	FSO Polonez	1992	30	124	123	120	118
			45	125	126	121	120
			60	124	128	121	119
			90	137	131	130	129
			135	135	138	134	128
			180	146	140	134	134
6	FIAT Cinquecento	1994	30	112	111	111	108
			45	119	118	117	113
			60	120	118	117	113
			90	120	120	119	115
			135	126	120	118	114
			180	124	125	119	112
7	SKODA 130	1988	30	119	114	112	111
			45	122	119	118	113
			60	124	123	121	117
			90	126	124	118	115
			135	124	124	117	116
			180	132	130	128	119

Próba przeginania polega na wielokrotnym zginaniu o kąt 90 [°], w przeciwnych kierunkach prostokątnej próbki zamocowanej na jednym końcu. Zgięcia próbki zlicza się w sposób pokazany na rys. 8. Próbę kontynuowano do momentu pojawienia się pierwszych nieciągłości materiału widocznych bez użycia przyrządów powiększających, a następnie do całkowitego pęknięcia próbki. Przegięcia, podczas którego nastąpiło pęknięcie próbki, nie zalicza się do liczby przegięć.



Rys. 12. Sposób zliczania kolejnych przegięć próbki
Fig. 12. Way of counting of contraflexure

W tablicy 3 przedstawiono wyniki uzyskane podczas próby przeginania blach.

Tablica 3

Wyniki uzyskane podczas próby przeginania blach

Lp.	Marka pojazdu	Model pojazdu	Rok produkcji pojazdu	Miejsce pobrania próbki	Liczba przegięć do pojawienia się pierwszych nieciągłości materiału	Liczba przegięć do pęknięcia próbek
1	Opel	Ascona	1982	Podłużnica	1	2
2	Opel	Kadet	1986	Podłużnica	1	2
3	Fiat	126p	1989	Podłużnica	2	3
4	Skoda	Favorit	1991	Podłużnica	2	4
5	FSO	Polonez	1992	Podłużnica	2	4
6	Fiat	Cinquecento	1994	Podłużnica	2	4
7	Skoda	130	1988	Przegroda przednia	3	4
8	Fiat	126p	1983	Panel dachu	6	8
9	Fiat	126p	1984	Panel dachu	8	10
10	Ford	Escort	1986	Panel dachu	5	8
11	Fiat	126p	1988	Panel dachu	8	10
12	Skoda	130	1988	Panel dachu	7	9
13	Fiat	126p	1989	Panel dachu	4	5
14	Skoda	130	1989	Panel dachu	7	10
15	Fiat	126p	1991	Panel dachu	4	6
16	Skoda	Favorit	1991	Panel dachu	9	13
17	AvtoZAZ	Tavria	1992	Panel dachu	7	10
18	Fiat	126p	1993	Panel dachu	6	8
19	Fiat	Cinquecento	1994	Panel dachu	8	12
20	Fiat	Uno	1997	Panel dachu	6	8

Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że próbki pobrane z podłużnic charakteryzują się mniejszą liczbą przegięć do pojawienia się pierwszych nieciągłości materiału w porównaniu z próbkami pobranymi z paneli dachowych. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku liczby przegięć do pęknięcia próbek. W przypadku próbek pobranych z podłużnic przy odpowiednio dużym kącie zgięcia próbki niemożliwe jest jej wyprostowanie

bez pojawienia się nieciągłości materiału. Można więc wnioskować, że niemożliwa jest naprawa przez prostowanie podłużnicy, która została odkształcona plastycznie o odpowiednio duży kąt. Odmienna sytuacja ma miejsce w przypadku próbek pobranych z paneli dachowych. Istnieje wielokrotna możliwość przeginięcia próbek bez pojawienia się jakichkolwiek nieciągłości materiału. Można więc powiedzieć, że istnieje wielokrotna możliwość naprawy przez prostowanie elementów poszycia zewnętrznego pojazdów.

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań stali stosowanych w budowie pojazdów oraz 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, przy czym im większy kąt zgięcia, tym większa twardość, a im dalej od miejsca zgięcia, tym twardość jest mniejsza,
- niemożliwa jest naprawa przez prostowanie podłużnic samochodowych odkształconych plastycznie o odpowiednio duży kąt, natomiast nie ma podobnych ograniczeń przy tego rodzaju naprawie w przypadku elementów poszycia zewnętrznego pojazdu.

Literatura

1. Dmochowska H.: Mały Rocznik Statystyczny Polski 2006. Rok XLIX, Komitet Redakcyjny Głównego Urzędu Statystycznego, Warszawa 2006.
2. Komenda Główna Policji: Bezpieczniej na polskich drogach - raport 2005. www.kgp.gov.pl.
3. Dytman M.: Transport – Wyniki działalności w 2005 roku. Departament Statystyki Usług GUS, Warszawa 2006.
4. PN-EN ISO 7438:2006. Metale. Próba zginania.
5. Staub F.: Metaloznawstwo. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1979.
6. PN-EN ISO 6507-1:2006. Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Metoda badań.
7. PN-EN ISO 7799:2002. Metale. Blachy i taśmy grubości do 3 [mm]. Próba przeginięcia.
8. Szala J.: Instrukcja obsługi programu MET-ILO, 1999.
9. Reymer B.: Mały poradnik mechanika. Tom I, WNT, Warszawa 1994.

Recenzent: Doc. dr hab. Roman Kuziak