

DOŚWIADCZALNA ANALIZA EFEKTU PAMIĘCI MATERIAŁU PODDANEGO PLASTYCZNEMU ODKSZTAŁCENIU*)

JÓZEF M I A S T K O W S K I (WARSZAWA)

1. Wstęp

Rozwój techniki, zwłaszcza w ostatnim dwudziestolecu, w istotny sposób rozszerzył zakres i warunki pracy konstrukcji maszynowych i podwyższył poziom naprężeń dopuszczalnych. W laboratoriach na całym świecie olbrzymi wysiłek skierowany został na badania istniejących materiałów pod kątem możliwości ich optymalnego wykorzystania w konkretnych warunkach obciążenia. Obserwuje się rozwój eksperymentalnych metod badawczych odkształcalności i wytrzymałości konstrukcji przy wieloparametrowych obciążeniach zadawanych według określonych programów. Pojawiły się, odpowiadające tym warunkom, metody badań materiałów w warunkach złożonego obciążenia oraz specjalna aparatura pomiarowa i badawcza.

Duże znaczenie w powyższym zespole zagadnień mają doświadczalne badania plastyczności materiałów konstrukcyjnych przy różnych obciążeniach w warunkach złożonego stanu naprężenia. Gromadzenie wyników tych badań jest niezbędne zarówno dla rozwoju teorii plastyczności, jak i dla opracowania bardziej dokładnych metod obliczania i wyboru materiałów przy projektowaniu konstrukcji.

Zwykłe charakterystyki mechaniczne, określane na podstawie prób standardowych, nie dają pełnego obrazu o zachowaniu się materiału w różnych warunkach obciążenia i nie pozwalają w pełni określać jakościowych i ilościowych związków między naprężeniami i odkształceniami.

Praca poświęcona jest doświadczalnemu badaniu wpływu wstępnych odkształceń plastycznych, wywołanych różnymi sposobami obciążenia, na kształt powierzchni plastyczności i własności mechaniczne stopu aluminium do obróbki plastycznej PA 3 (AlMg 5). Na podstawie otrzymanych wyników badań doświadczalnych oraz w oparciu o hipotezy izotropowego i kinematycznego wzmocnienia przeprowadzono doświadczalną i teoretyczną analizę efektu pamięci materiału poddanego wstępnym plastycznym odkształceniom.

2. Metodyka badań

Badania powierzchni plastyczności przeprowadzane są niemal z reguły na cienkościenych próbkach rurkowych poddawanych różnym kombinacjom obciążenia siłą osiową, ciśnieniem wewnętrznym lub zewnętrznym i momentem skręcającym. W przedstawionej pracy zastosowano odmienną metodykę badań opartą na rozciąganiu płaskich próbek

*) Praca wyróżniona trzecią nagrodą w roku 1972 na konkursie PTMTS na prace doświadczalne, zorganizowanym przez Oddział Częstochowski Towarzystwa.

wycinanych z arkusza blachy. Teorię zastosowania tej metody badań do analizy zachowania się powierzchni płynięcia w warunkach złożonego stanu naprężenia podał SZCZEPIŃSKI w roku 1963 [1].

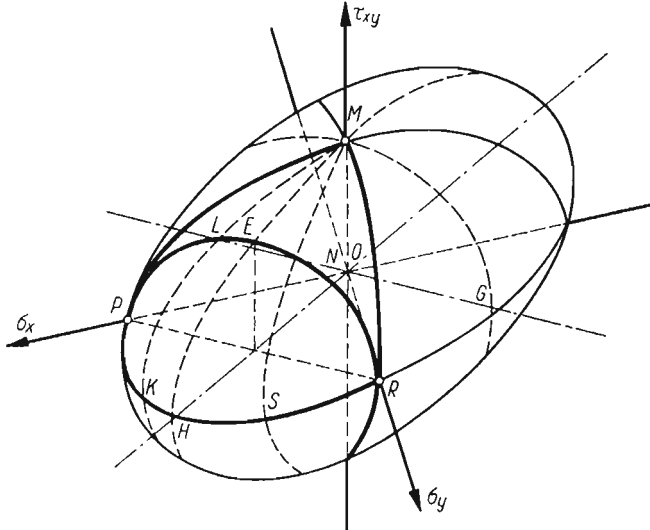
Badania doświadczalne przeprowadzane są z reguły w płaskim stanie naprężenia, tj. gdy jedno z naprężeń głównych, np. σ_3 , jest równe zero. W układzie współrzędnych prostokątnych x, y, z , z płaszczyzną xy pokrywającą się z płaszczyzną kierunków głównych 1 i 2, istnieją wobec tego tylko składowe naprężenia σ_x, σ_y i τ_{xy} . Pozostałe składowe naprężenia równają się zero.

Dla wyjaśnienia stosowanych w pracy schematów obciążeń rozpatrzmy warunek plastyczności Hubera-Misesa-Hencky'ego. Dla płaskiego stanu naprężenia warunek ten ma postać

$$(1) \quad \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2 = \sigma_{pl}^2,$$

gdzie σ_{pl} jest granicą plastyczności przy rozciąganiu.

Obrazem geometrycznym tego wyrażenia w przestrzeni naprężeń $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ jest elipsoida trójosiowa (rys. 1) o jednej osi pokrywającej się z osią τ_{xy} . Dwie pozostałe osie elip-

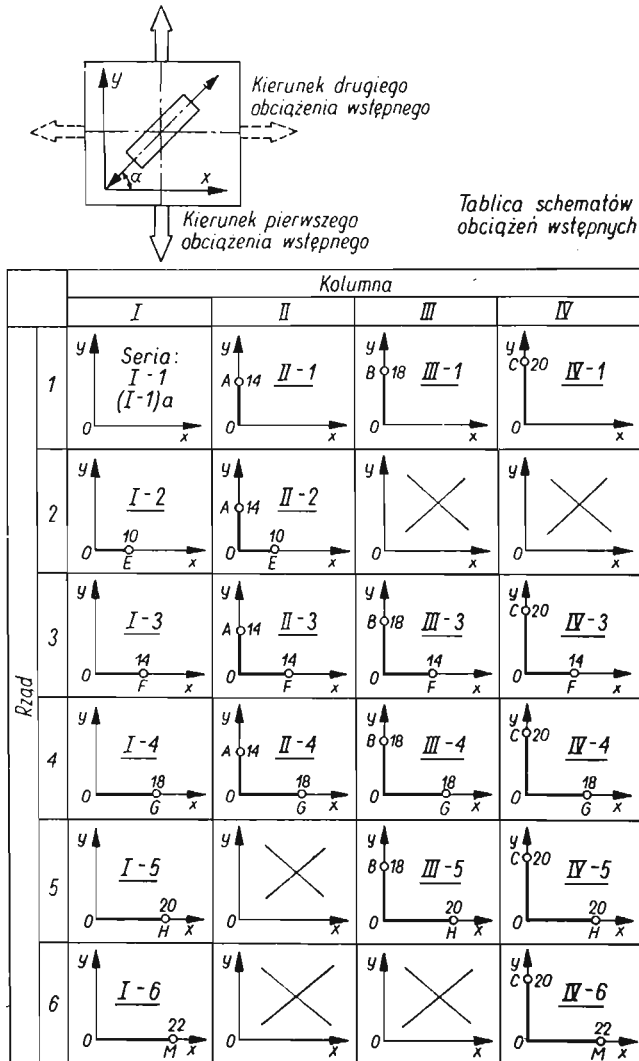


Rys. 1

soidy leżą w płaszczyźnie współrzędnych σ_x, σ_y , przy czym są one dwusiecznymi kątów między osiami σ_x i σ_y . Na powierzchni elipsoidy można wyodrębnić pewne szczególne elipsy, które odpowiadają stosowanym w doświadczeniach różnym sposobom obciążenia próbek. W przedstawionej pracy badania doświadczalne na próbkach płaskich pozwoliły na weryfikację krzywej granicznej przedstawiającej dla początkowo izotropowego materiału elipsę PLENR. Elipsa ta utworzona jest przez przecięcie elipsoidy płaszczyzną $\sigma_x + \sigma_y = \sigma_{pl}$ prostopadłą do płaszczyzny $\sigma_x \sigma_y$. Podstawiając do warunku plastyczności (1) sumę $\sigma_x + \sigma_y$ zamiast σ_{pl} , otrzymujemy zależność $\sigma_x \cdot \sigma_y = \tau_{xy}^2$, która musi być spełniona na elipsie PLENR. Z wykresu Mohra wynika, że zależność ta ma miejsce jedynie wtedy, gdy jedno z naprężeń głównych jest równe zero. Znaczący to, że punkty leżące na elipsie PLENR odpowiadają stanom jednoosiowego rozciągania w różnych kierunkach względem osi x . Doś-

wiadczalne badania zmian formy krzywej płynięcia PLENR przeprowadza się więc metodą jednoosiowego rozciągania próbek wycinanych w różnych kierunkach z materiału poddanego wstępnej plastycznej deformacji. Do badań użyto blachy ze stopu aluminium PA 3 (Al Mg 5) w stanie miękkim o grubości 3 mm. Przy wyborze materiału kierowano się tym, że jest to stop o dobrych własnościach plastycznych, szeroko stosowany na średnio obciążone elementy konstrukcji lotniczych i pojazdów mechanicznych.

Arkusz blachy o wymiarach 2000×1000 mm pocięto na duże prostokątne próbki o wymiarach 330×250 mm. Do badań użyto 20 takich próbek. Dwie duże próbki wykorzystano do badania własności mechanicznych materiału wyjściowego, pozostałe próbki poddano wstępnej plastycznej deformacji według określonych programów obciążenia wstępnego. Programy te pokazano na rys. 2. Ze względu na ich charakterystyczne cechy,



Rys. 2

programy te można podzielić na pionowe kolumny i poziome rzędy. Kolumna *I* charakteryzuje się brakiem obciążeń w kierunku osi *y*. Znaczy to, że próbki przy tych programach wstępnego obciążenia odkształcano tylko w kierunku osi *x* do różnych określonych wartości naprężeń. Kolumny *II*, *III* i *IV* mają stałe wartości wstępnego obciążenia w kierunku osi *y*, różne tylko co do wartości w każdej z kolumn (punkty *A*, *B*, *C*).

Jeżeli chodzi o rzędy, to w każdym z nich mamy identyczny stan wstępnego przygotowania w kierunku osi *x*. Jest oczywiste, że w poszczególnych rzędach stan ten jest inny.

Dla wyznaczenia kształtu krzywych granicznych płynięcia, z każdej dużej próbki wycinano po siedem małych próbeczek o wymiarach 18×110 mm. Próbeczki wycinano w różnych kierunkach tworzących z osią *x* kąty $\alpha = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ i 90° . Każdą z małych próbeczek poddawano jednoosiowemu rozciąganiu na zwykłej zrywarce o napędzie mechanicznym. Odkształcenia mierzono za pomocą elektrycznych tensometrów oporowych typu *RL 15/120* (długość 15 mm, opór 120 omów) naklejanych na powierzchni próbeczek, a do ich odczytów użyto mostka tensometrycznego T-2 wykonanego przez ZBMM Politechniki Warszawskiej.

Dla każdej małej próbeczki sporządzono wykres naprężenia w funkcji odkształcenia, z których określano wartości naprężeń odpowiadających granicy proporcjonalności oraz wartości naprężeń dla określonych odkształceń plastycznych $\varepsilon_{pl} = 0,01, 0,02, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4,$ i $0,5\%$. Proces rozciągania próbeczek prowadzono aż do zerwania dla określenia wartości naprężeń maksymalnych.

Wyniki badania każdej serii próbeczek wyciętych z dużej próbki przedstawiono w formie punktów w przestrzeni naprężeń σ_x, σ_y i τ_{xy} . Przez punkty te wykreślano następnie linie odpowiadające różnie zdefiniowanym powierzchniom plastyczności.

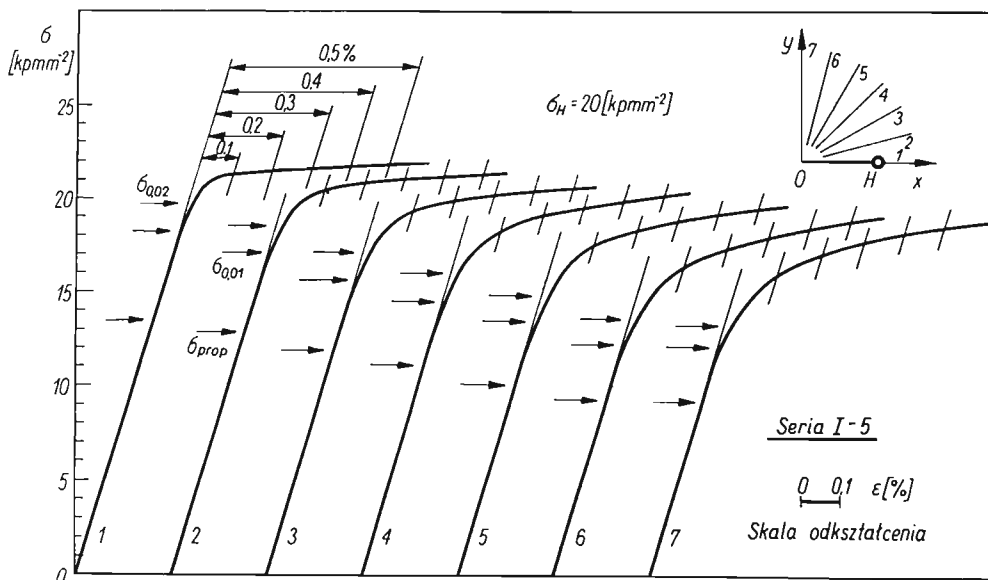
Analizę doświadczalną przeprowadzono przez porównanie wyników kolumny pierwszej z wynikami pozostałych kolumn. Porównywane pary dwóch kolumn różnią się tym, że w seriach z kolumny pierwszej brak jest początkowego odcinka, wzdłuż osi *y*, drogi wstępnego obciążenia. Można więc przyjąć, że porównujemy wyniki badań uzyskanych dla dwóch różnych materiałów, pod względem ich wyjściowych własności mechanicznych, poddawanych jednakowym obciążeniom na drodze wzdłuż osi *x*, poprowadzonej prostopadle do kierunku walcowania. Jesteśmy więc w stanie prześledzić wpływ początkowej deformacji, wywołanej obciążeniem wzdłuż osi *y*, na kształt powierzchni plastyczności materiału odkształcanego ponownie wzdłuż osi *x*.

Pierwsze próby badania efektu pamięci materiału zostały podjęte w pracach [2–5]. W pracach [2–4] badania doświadczalne przeprowadzono na cienkościennych próbkach rurkowych, wykonanych z mosiądzu M-63, poddawanych działaniu osiowego rozciągania i ciśnienia wewnętrznego. W pracy [5] badania przeprowadzono na próbkach płaskich. We wspomnianych pracach efekt pamięci materiału badano tylko dla jednej określonej wartości naprężenia wstępnego σ_y .

W przedstawionej pracy badania efektu pamięci materiału oparto na trzech różnych wartościach obciążenia wzdłuż osi *y* (punkty *A*, *B*, *C*) podanych w kolumnach *II*, *III* i *IV* na rys. 2. Stopniowe zwiększanie obciążeń na osi *x* i badanie dla poszczególnych wartości tych obciążeń kształtu powierzchni płynięcia pozwoliło na przeprowadzenie pełnej analizy efektu pamięci materiału. Obszerny materiał doświadczalny (140 próbek) pozwolił na uzyskanie wyników nie tylko jakościowych, ale również i ilościowych.

3. Wyniki doświadczeń

Na rys. 3 pokazano dla przykładu komplet wykresów rozciągania małych próbeczek dla serii I-5. Na wykresach tych pokazano sposób wyznaczania umownych granic plastyczności. Oznaczono je przez σ z odpowiednim dolnym wskaźnikiem. Przez σ_{prop} oznaczono granicę proporcjonalności, która odpowiada początkowi odchylenia się wykresów



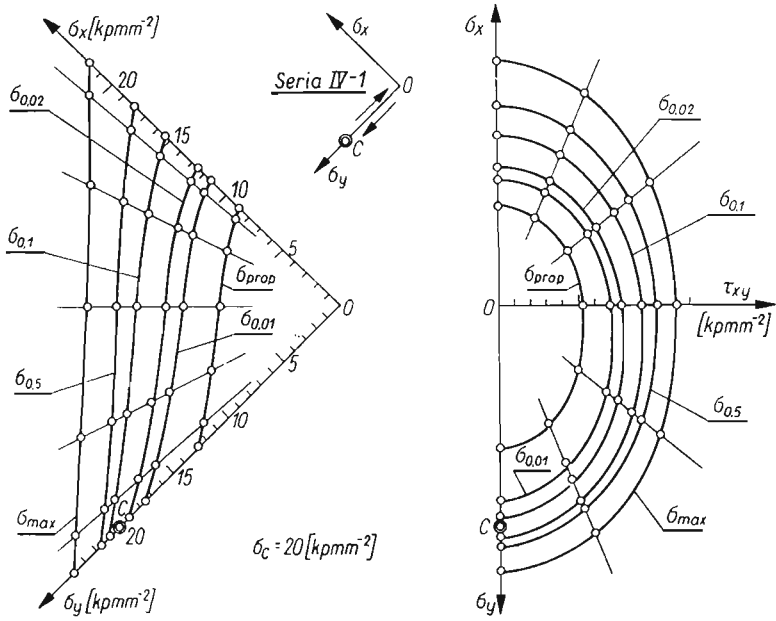
Rys. 3

od swoich początkowo prostoliniowych części. Wskaźniki liczbowe określają wartości odkształceń plastycznych, dla których określone granice plastyczności wyznaczono.

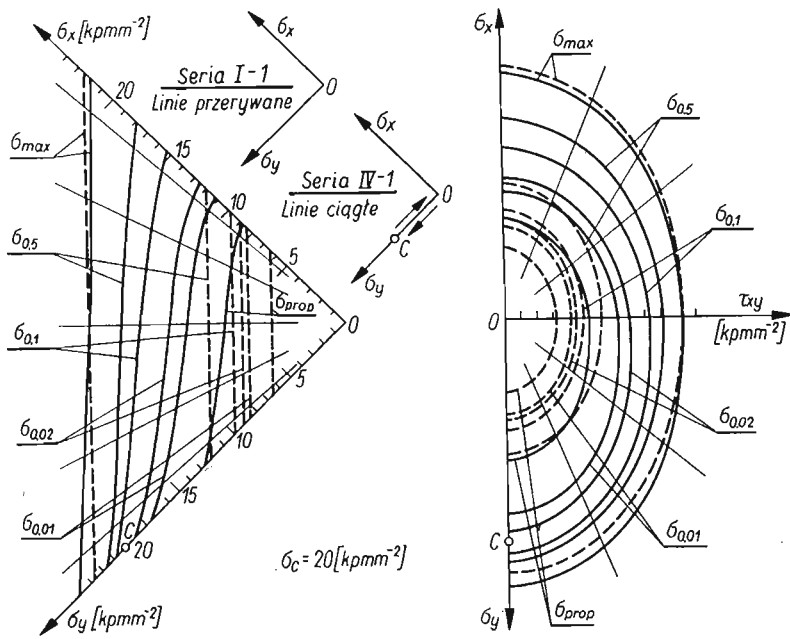
Po określeniu wyżej wymienionych granic płynięcia obliczono składowe naprężenia z zależności

$$(2) \quad \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{1}{2} \sigma (1 + \cos 2\alpha), \\ \sigma_y &= \frac{1}{2} \sigma (1 - \cos 2\alpha), \\ \tau_{xy} &= \frac{1}{2} \sigma \sin 2\alpha. \end{aligned}$$

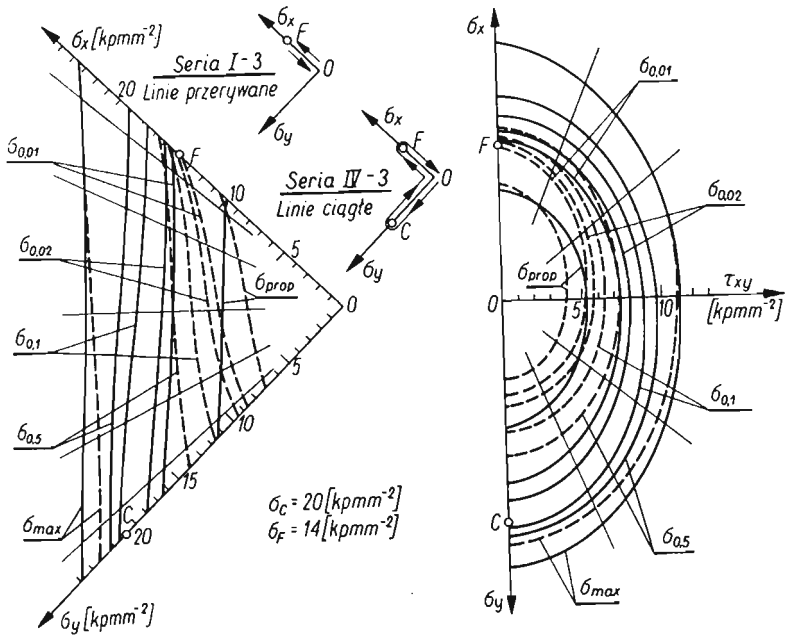
Składowe te wyznaczają współrzędne punktów doświadczalnych w przestrzeni naprężeń dla płaskiego stanu naprężenia. Przez punkty te wykreslano następnie krzywe płynięcia. Przedstawiono je na rysunkach w dwóch rzutach. We wszystkich przypadkach po lewej stronie pokazano rzuty na płaszczyznę σ_x, σ_y , po prawej stronie — rzuty na płaszczyznę MOG , prostopadłą do dłuższej osi elipsoidy (rys. 1) i przechodzącą przez oś τ_{xy} . Na rys. 4 pokazano wyniki badań dwóch serii próbek I-1 i (I-1)a. Punkty na rysunku określają wartości średnie z dwóch wielkości doświadczalnych. Badania te przeprowadzono dla



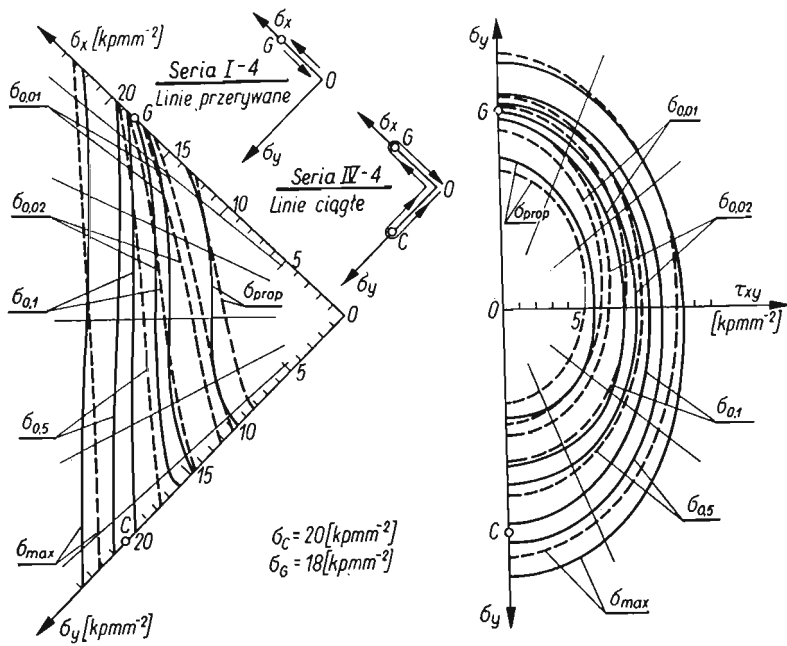
Rys. 5



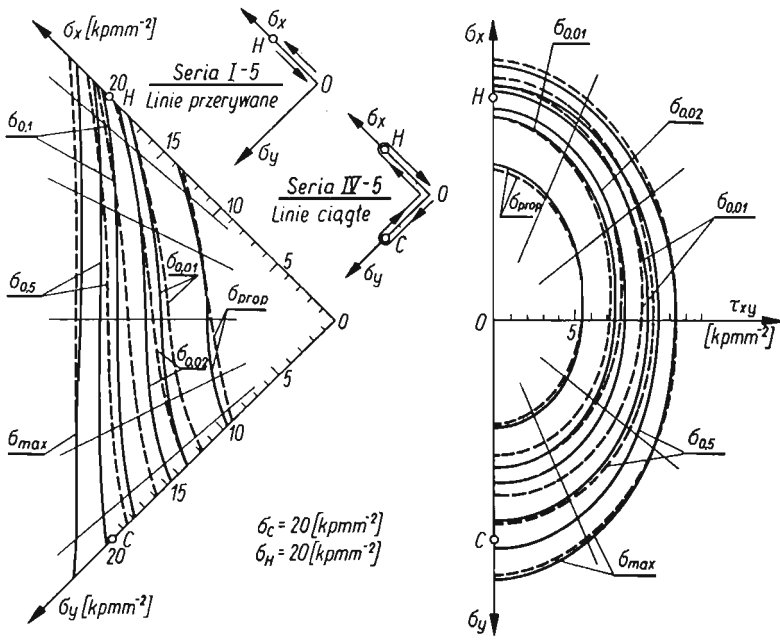
Rys. 6



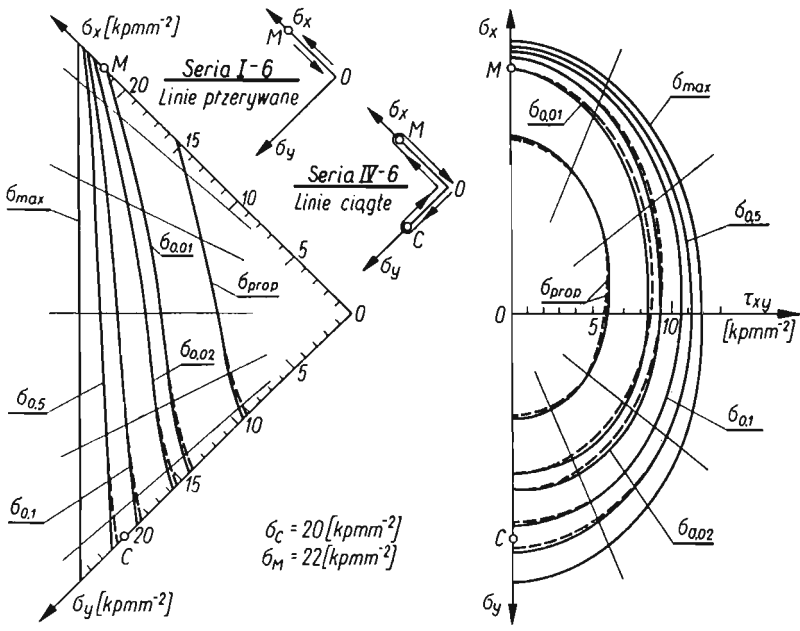
Rys. 7



Rys. 8



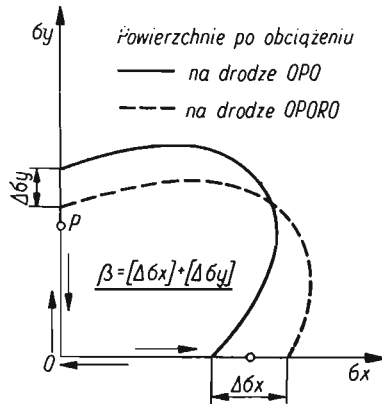
Rys. 9



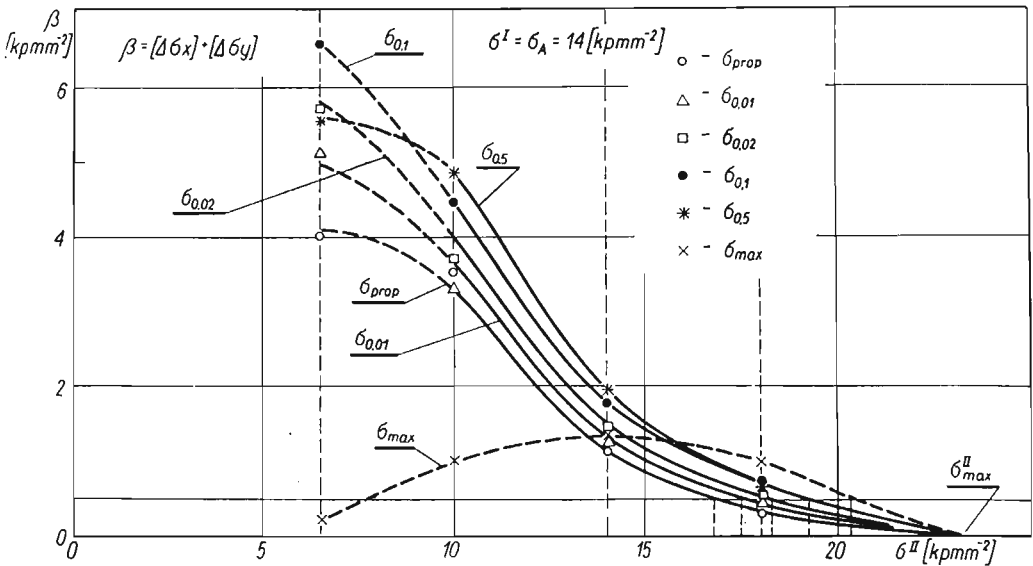
Rys. 10

$\Delta\sigma_x$ i $\Delta\sigma_y$ oznaczono różnicę naprężeń na osiach współrzędnych jaką wykazują porównywane powierzchnie pływnięcia (rys. 11).

Na rys. 12—14 pokazano przebieg parametru β w funkcji wielkości drugiego obciążenia wstępnego σ^{II} . Z wykresów tych widać, jak w miarę wzrostu wielkości drugiego obciążenia σ^{II} różnice między porównywanymi powierzchniami maleją.

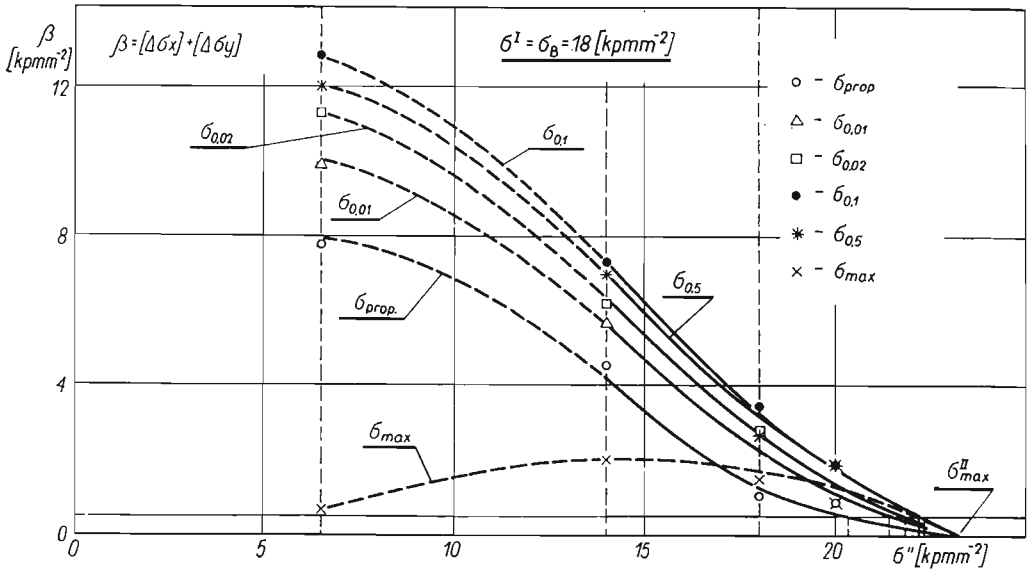


Rys. 11

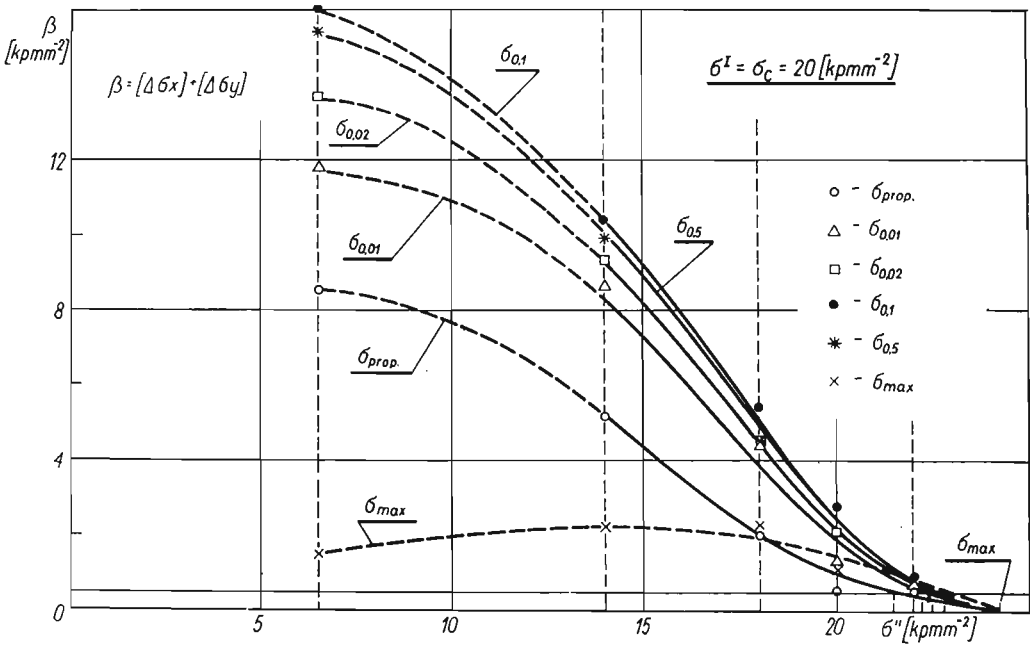


Rys. 12

Ponieważ wyniki doświadczalne otrzymuje się z określoną dokładnością, przyjęto że porównywane powierzchnie są praktycznie identyczne, jeżeli dla $\beta/\sigma^0 = \kappa = 5$ [%]. Z rys. 12—14 wyznaczono wartości σ^{II} dla $\kappa = 5, 10$ i 15 [%] i podano je w tabelicy 1. Jak wynika z tabelicy 1, największe wartości σ^{II} występują dla powierzchni $\sigma_{0,1}$. Wynika stąd, że spełnienie warunków, przy których nastąpi pokrywanie się powierzchni $\sigma_{0,1}$



Rys. 13



Rys. 14

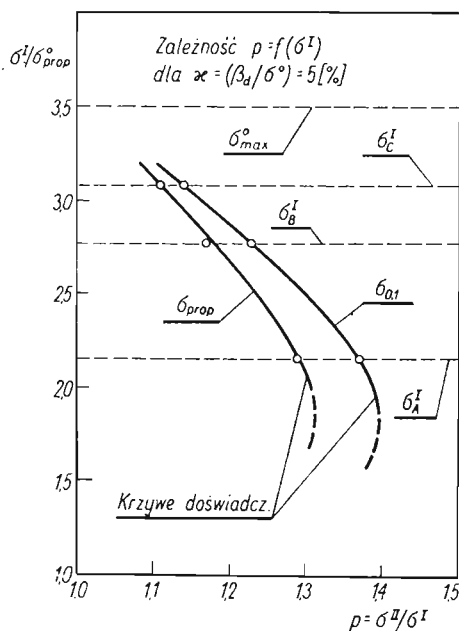
Tablica 1

σ^0 [kpmm ⁻²]		$\beta_d = \frac{\varkappa}{100} \sigma^0$ [kpmm ⁻²]			σ^{II} [kpmm ⁻²]								
					$\sigma_A^I = 14$ [kpmm ⁻²]			$\sigma_B^I = 18$ [kpmm ⁻²]			$\sigma_C^I = 20$ [kpmm ⁻²]		
		\varkappa [%]			\varkappa [%]			\varkappa [%]			\varkappa [%]		
		5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
prop	6,50	0,325	0,650	0,975	18,00	15,80	14,45	21,05	19,70	18,70	22,30	20,90	19,95
0,01	8,50	0,425	0,850	1,275	18,00	15,55	14,05	21,65	20,55	19,65	22,40	21,45	20,80
0,02	8,81	0,440	0,881	1,321	18,55	16,00	14,40	21,95	20,95	20,10	22,60	21,60	20,95
0,1	9,90	0,495	0,990	1,485	19,20	16,55	14,80	22,20	21,30	20,05	22,80	21,65	21,00
0,2	10,50	0,525	1,050	1,575	19,05	16,30	—	22,10	21,20	20,30	22,70	21,60	20,90
0,5	12,00	0,600	1,200	1,800	18,60	16,00	14,25	21,80	20,95	20,00	22,45	21,40	20,65

Tablica 2

σ^0 [kpm mm^{-2}]		$\sigma_A = 14$ [kpm mm^{-2}]		$\sigma_B = 18$ [kpm mm^{-2}]		$\sigma_C = 20$ [kpm mm^{-2}]		σ_{II} [kpm mm^{-2}]					
								σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^0
prop	6,50	$\sigma_A^I/\sigma_{prop}^0$	2,154	$\sigma_B^I/\sigma_{prop}^0$	2,770	$\sigma_C^I/\sigma_{prop}^0$	3,077	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^I
		$\sigma_A^0/\sigma_{0,1}$	1,414	$\sigma_B^0/\sigma_{0,1}$	1,818	$\sigma_C^0/\sigma_{0,1}$	2,020						
		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^I							
0,1	9,90	$\sigma_A^I/\sigma_{prop}^0$	2,154	$\sigma_B^I/\sigma_{prop}^0$	2,770	$\sigma_C^I/\sigma_{prop}^0$	3,077	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^I
		$\sigma_A^0/\sigma_{0,1}$	1,414	$\sigma_B^0/\sigma_{0,1}$	1,818	$\sigma_C^0/\sigma_{0,1}$	2,020						
		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^I							
5	18,00	$\sigma_A^I/\sigma_{prop}^0$	2,154	$\sigma_B^I/\sigma_{prop}^0$	2,770	$\sigma_C^I/\sigma_{prop}^0$	3,077	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^I
		$\sigma_A^0/\sigma_{0,1}$	1,414	$\sigma_B^0/\sigma_{0,1}$	1,818	$\sigma_C^0/\sigma_{0,1}$	2,020						
		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^I							
10	15,80	$\sigma_A^I/\sigma_{prop}^0$	2,154	$\sigma_B^I/\sigma_{prop}^0$	2,770	$\sigma_C^I/\sigma_{prop}^0$	3,077	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^I
		$\sigma_A^0/\sigma_{0,1}$	1,414	$\sigma_B^0/\sigma_{0,1}$	1,818	$\sigma_C^0/\sigma_{0,1}$	2,020						
		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^I							
15	14,45	$\sigma_A^I/\sigma_{prop}^0$	2,154	$\sigma_B^I/\sigma_{prop}^0$	2,770	$\sigma_C^I/\sigma_{prop}^0$	3,077	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^0	σ_{II}	σ_{II}/σ^I
		$\sigma_A^0/\sigma_{0,1}$	1,414	$\sigma_B^0/\sigma_{0,1}$	1,818	$\sigma_C^0/\sigma_{0,1}$	2,020						
		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^0		σ_{II}/σ^I							

zapewni pokrywanie się pozostałych porównywanych powierzchni. W dalszym ciągu rozpatrzono więc efekt pamięci materiału w odniesieniu do powierzchni σ_{prop} i $\sigma_{0,1}$. Dla tych dwóch wybranych powierzchni sporządzono tablicę 2. Podano w niej stosunek $p = \sigma^{II}/\sigma^I$, a więc taki stosunek wielkości drugiego obciążenia do pierwszego, przy którym materiał zapomina o skutkach w nim wywołanych tym pierwszym obciążeniem. Wielkość p będziemy nazywali funkcją pamięci materiału. Przebieg funkcji p , dla dwóch powierz-

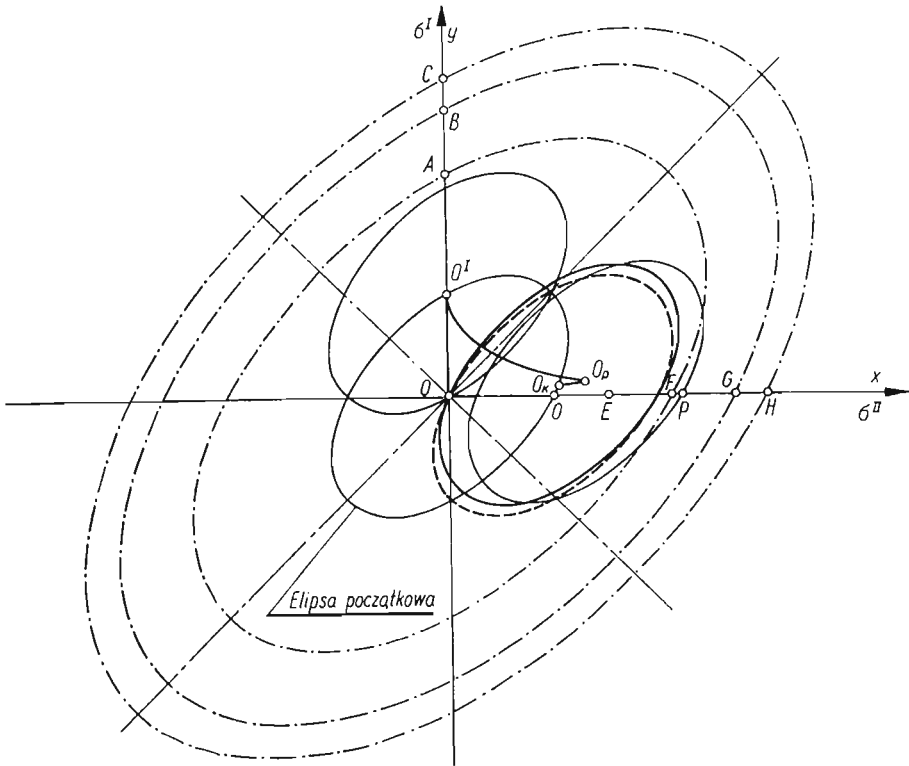


Rys. 15

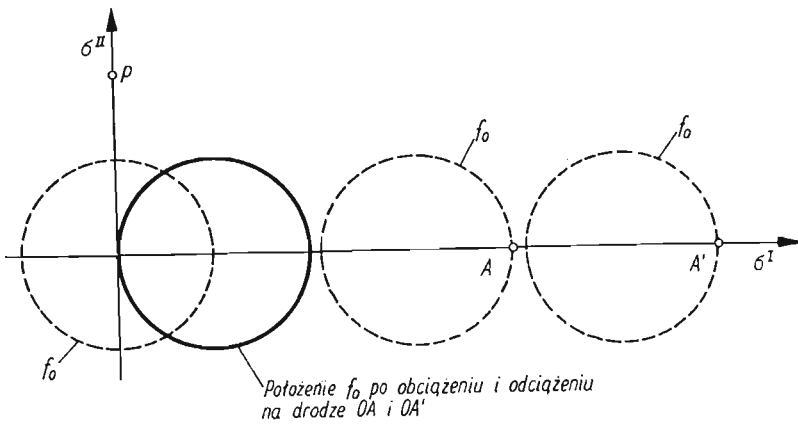
chni, w zależności od wartości pierwszego obciążenia przedstawiono na rys. 15. Łatwo zauważyć, że efekt «zapominania» osiąga się zawsze dla $p > 1$. Najciekawsze jest jednak to, że największa wartość $p = 1,4$ występuje dla małych wartości obciążenia pierwszego. W miarę wzrostu σ^I wielkość obciążenia drugiego maleje, a funkcja p dąży do jedności.

4. Analiza wyników

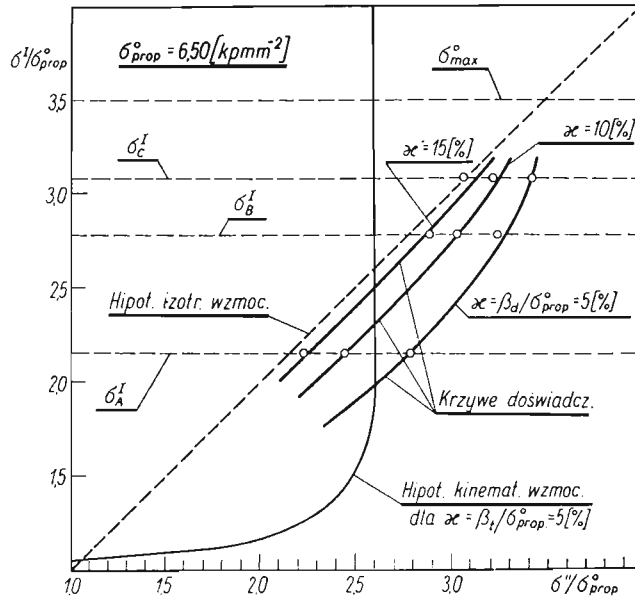
Jak wynika z doświadczeń omówionych w poprzednim punkcie, początkowa powierzchnia plastyczności doznaje wskutek odkształceń plastycznych zarówno zmiany wymiarów i kształtu, jak i przemieszczenia w przestrzeni naprężeń (rys. 5). Zmiany te wynikają ze wzmocnienia metali na skutek deformacji plastycznej. Wobec powyższego warunek plastyczności Hubera-Misesa stanowi tylko punkt wyjścia w naszych rozważaniach. W dalszym ciągu, w każdym momencie procesu odkształcenia musimy znać ciągle zmieniający się kształt i położenie powierzchni plastyczności. Ścisły opis matematyczny tych zmian jest ze względu na ich złożoność praktycznie niemożliwy i dlatego staramy się je opisać za pomocą uproszczonych zależności zwanych hipotezami wzmocnienia. Hipotez tych jest



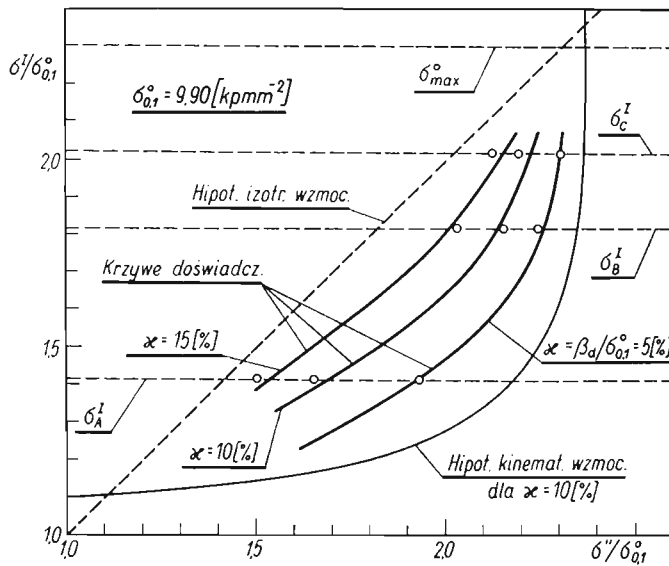
Rys. 16



Rys. 17



Rys. 18



Rys. 19

kilka, ale w tej pracy zajmiemy się opisem efektu pamięci materiału tylko w oparciu o dwie z nich, mianowicie, w oparciu o hipotezy izotropowego i kinematycznego wzmocnienia. Hipoteza wzmocnienia izotropowego polega na założeniu, że wskutek procesu odkształcania początkowa powierzchnia plastyczności ulega jedynie równomiernemu rozszerzeniu we wszystkich kierunkach, zachowując poprzednie położenie w przestrzeni naprężeń

i kształt geometryczny. Na rys. 16 pokazują to linie przerywane z kropkami. Wynika stąd, że w hipotezie izotropowego wzmocnienia efekt «zapominania» zawsze zależy od stopnia pierwotnego obciążenia. Inaczej jest natomiast w hipotezie wzmocnienia kinematycznego. Tutaj efekt «zapominania» dla pewnych wartości obciążenia nie zależy od stopnia pierwotnego obciążenia. Zarówno dla programu OA_0 jak i OA'_0 (rys. 17) powierzchnia f_0 zajmuje to samo położenie, a zatem, ta sama droga OP w kierunku σ^{II} jest śladem zapominania niezależnie od długości drogi OA pierwszego obciążenia. Na rys. 16 ślad ten przedstawia linia $O^I O_P O_K$.

Weryfikację teoretyczną efektu pamięci przeprowadzono dla dwóch powierzchni plastyczności, mianowicie σ_{prop} i $\sigma_{0,1}$.

Na rys. 18, na płaszczyźnie $\sigma^{II}-\sigma^I$, przedstawiono wyniki doświadczalne i zależności teoretyczne dla powierzchni σ_{prop} . W zakresie wartości $\sigma^{II}/\sigma_{prop} = 2,6$ lepszy opis efektu pamięci materiału wynika z hipotezy kinematycznego wzmocnienia. Powyżej tej wartości lepszy opis efektu wynika z hipotezy izotropowego wzmocnienia. Podobne przedstawienie wyników teoretycznych i doświadczalnych dla $\sigma_{0,1}$ podano na rys. 19. Dla tego przypadku widzimy niezaprzeczną wyższość hipotezy kinematycznego wzmocnienia do opisu efektu pamięci materiału. Ma to duże znaczenie praktyczne z punktu widzenia obróbki plastycznej.

5. Wnioski

Wyniki doświadczeń wykazały, że pod wpływem odpowiednio dużego obciążenia wtórnego materiał zapomina o swojej pierwotnej historii obciążenia i zachowuje się tak jak materiał obciążony tylko tym późniejszym sposobem obciążenia. W przypadkach tych o własnościach materiału decydują tylko ostatnie stany obciążenia, pod działaniem których materiał się znajdował.

Wartość drugiego obciążenia zależy od wielkości obciążenia pierwszego oraz od tego, którą z powierzchni płynięcia rozpatrujemy.

Przyjmując w rozważaniach powierzchnię $\sigma_{0,1}$, efekt pamięci materiału można opisywać w oparciu o hipotezę kinematycznego wzmocnienia.

Badania wykazały, że istnieje możliwość wywoływania w materiale, przy pomocy odpowiedniego obciążenia, określonych własności mechanicznych korzystnych dla późniejszej pracy elementu konstrukcji wykonanego z tego materiału lub zmiany tych własności, które materiał nabył w przeszłości na skutek odkształceń plastycznych.

Literatura cytowana w tekście

1. W. SZCZEPIŃSKI, *On the effect of plastic deformation on yield condition*, Arch. Mech. Stos., 15 (1963), 275.
2. J. MIASTKOWSKI, *Wpływ historii obciążenia na powierzchnię plastyczności*, Część I., Mech. Teoret. Stos., 4, 2, (1966).
3. J. MIASTKOWSKI, *Wpływ historii obciążenia na powierzchnię plastyczności*, Część II. Mech. Teoret. Stos., 6, 1, (1968).
4. J. MIASTKOWSKI, *Analysis of the memory effect of plastically prestrained material*, Arch. Mech. Stos., 3, 20, (1968).
5. W. SZCZEPIŃSKI and J. MIASTKOWSKI, *An experimental study of the effect of the prestraining history on the yield surfaces of an aluminium alloy*, J. Mech. Phys. Solids, 16 (1968) 153-162.

Р е з ю м е

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТА НАСЛЕДСТВЕННОСТИ
ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА

В работе даётся экспериментальный анализ эффекта наследственности материала, подвергаемого предварительным пластическим деформациям. Эксперименты проводились на плоских образцах из алюминий-магниевого сплава методом вырезки образцов из предварительно деформированной одноосным растяжением пластины. Образцы вырезались под различными углами к направлению предварительной деформации, а затем растягивались до достижения предела текучести. На основании полученных данных определялось несколько условных поверхностей течения. Путем сравнения соответствующих поверхностей текучести проводится анализ эффекта наследственности материала. Показано, что для достаточно длинного участка пути нагружения, по сравнению с начальным, форма поверхности течения не зависит от начального участка пути нагружения.

S u m m a r y

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE MEMORY EFFECT OF A PLASTICALLY PRESTRAINED
MATERIAL

Experimental analysis of the memory effect is discussed for plastically prestrained aluminium alloy. Tests were carried out using plane specimens cut out in different directions from previously plastically deformed sheets.

Experimental results show that if two various loading paths have different initial sectors and a common final sector, the influence of these initial sectors on the yield surface is the smaller, the longer is the final common sector.

INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI PAN

Praca została złożona w Redakcji dnia 15 lutego 1973 r.
