

PRÓBY STATYCZNEGO I DYNAMICZNEGO SKRĘCANIA W ZASTOSOWANIU DO OCENY
ZDOLNOŚCI DO ODKSZTAŁCEŃ TWARDYCH STALI

MIROSLAW PIWECKI (POZNAŃ)

1. Uwagi wstępne

Prędkość odkształcenia jest jednym z podstawowych czynników wpływających na własności plastyczne materiałów, a charakter tej zależności ma doniosłe znaczenie praktyczne w zagadnieniach technologii kształtowania plastycznego oraz w aspekcie odporności materiałów na pękanie.

Poniżej przytoczono wybrane przykłady badań w tej dziedzinie. W pracy [1] podano zależność przewężenia próbki od prędkości rozciągania w zakresie od 10^{-3} do $10^3 \frac{1}{s}$ dla trzech gatunków stali, a w [2] — rezultaty podobnych badań dla pięciu gatunków stali o rozmaitych zawartościach węgla i manganu.

Własności plastyczne kilku gatunków stali węglowych opisano w [3], przyjmując za miarę plastyczności wydłużenie i przewężenie z próby rozciągania, którą realizowano z prędkościami od 10^{-3} do $2,5 \cdot 10^3 \frac{1}{s}$. W [4] podano wyniki podobnych badań dla stopów aluminium, a w [5] zależność przewężenia próbki od prędkości rozciągania w zakresie od 10^{-4} do $5 \cdot 10^2 \frac{m}{s}$ dla szeregu stali oraz stopów aluminium i tytanu.

Podsumowując wnioski podane w wyżej cytowanych pracach można stwierdzić, że zależność własności plastycznych od prędkości odkształcenia ma różny charakter dla różnych materiałów; własności plastyczne wzrastają, maleją lub też nie ulegają zmianie w poszczególnych przedziałach prędkości odkształcenia.

Przedmiotem niżej opisanych badań były stale narzędziowe szybko tnące gatunków SW7M i SW18, które poddano próbom skręcania w szerokim zakresie prędkości. Przeprowadzenie badań było możliwe po uprzednim zaprojektowaniu i wykonaniu odpowiednich stanowisk badawczych. Badania własności wybranych stali połączone były z testowaniem stanowisk, zwłaszcza opisanego urządzenia z drążkiem skrętnym jako źródłem energii. Urządzenie takie do tej pory nie było wykorzystywane. Celem badań było uzyskanie informacji na temat zależności odkształceń trwałych stali narzędziowych od prędkości odkształcenia. Badania te wypełniają w pewnym stopniu lukę w opisie własności stali o twardościach większych od 60 HRC, charakteryzujących się znikomą skłonnością do trwałych odkształceń.

Nadmienić należy, że próby statycznego i dynamicznego skręcania są, począwszy od lat trzydziestych, stosowane do badania własności stali narzędziowych jako jedne z bar-

dziej czułych metod. Jako przykłady wymienić można artykuły [6], [7] i [8], w których oceniano własności plastyczne stali po różnych zabiegach obróbki cieplnej. Również w pracach [9], [10], [11] i [12] opisano próby skręcania wykonane w podobnym celu. W przeprowadzonych badaniach zdolność do odkształceń stali SW7M i SW18 oceniano za pomocą kąta odkształcenia plastycznego próbki pełnej z łagodnym wytoczeniem na części roboczej, które lokalizowało miejsce pęknięcia.

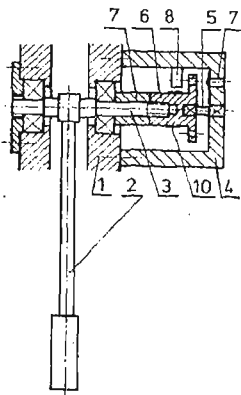
Stale narzędziowe o twardościach większych od 60 HRC charakteryzują się bardzo dużą wrażliwością na działanie karbu, co utrudnia zastosowanie próbek rurowych, gdyż zminimalizowanie efektu koncentracji naprężeń spowodowanego choćby istnieniem części chwytowych, wymagałoby nadania próbkom odpowiednio dużych wymiarów. Kształt próbki musi również umożliwiać jej ostateczną obróbkę mechaniczną po zabiegach obróbki cieplnej. Ilustracją tych problemów może być praca [13], w której przedstawiono kształt próbki umożliwiający wyznaczenie własności wytrzymałościowych i plastycznych stali narzędziowych podczas próby statycznego rozciągania.

Rezygnując z zastosowania próbek o rurowym kształcie części pomiarowej nie podawano wykresów skręcania we współrzędnych $\tau - \gamma$ lecz we współrzędnych moment skręcający — kąt skręcenia, na podstawie którego wyznaczono kąt odkształcenia plastycznego próbki.

2. STANOWISKA DO BADAŃ

W poniżej opisanych badaniach wykonanie prób statycznego skręcania z prędkością 0,0314 rad/s (0,3 obr./min.) umożliwiła typowa maszyna KM-50-1.

Próby dynamiczne przeprowadzono na dwóch specjalnie zaprojektowanych w tym celu stanowiskach. Jedno z tych stanowisk zostało zbudowane na bazie młota wahadłowego Charpy'ego według schematu przedstawionego na rysunku 1. Pomiar kąta skręcenia



Rys. 1. Schemat stanowiska na młocie wahadłowym

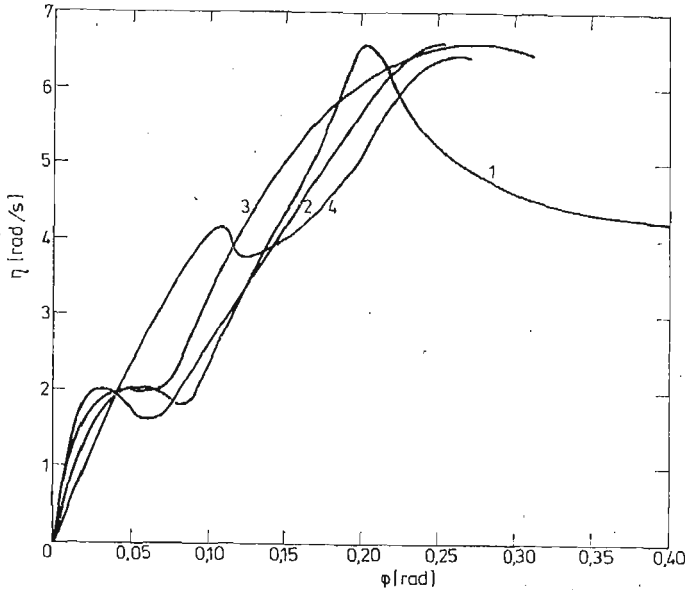
1 — korpus młota, 2 — wahadło, 3 — oś, 4 — korpus przystawki skręcającej, 5 — próbka, 6 — uchwyt ruchomy, 7 — tuleja dystansowa, 8 — uchwyt z fotodiody, 9 — lampka, 10 — czujniki tensometryczne

umożliwia układ obejmujący fotodiody 8, lampkę 9 oraz kołnierz uchwyty 6 z nawierconymi na obwodzie otworami. Pomiar momentu skręcającego przeprowadzano za pomocą tensometrów oporowych naklejonych na tulei uchwyty 6.

W skład układu pomiarowego wchodził mostek tensometryczny TDA-6 firmy Mikrotechna oraz oscyloskop dwustrumieniowy OKD 505A-III produkcji Radiotechniki z przystawką fotograficzną. Opis działania urządzenia znaleźć można w artykułach [10], [11] [12].

Podobne układy pomiarowe wykorzystane były w badaniach N. G. MICHAJLICZENKI [14], J. KLEPACZKI [15] oraz M. G. STEVENSONA i J. D. CAMPBELLA [16]. W pracy [8] w miejsce przetwornika fotoelektrycznego zastosowano do pomiaru kąta skręcenia przetwornik magnetyczny.

Zależność prędkości skręcania $\eta = \frac{d\varphi}{dt}$ w funkcji kąta skręcenia φ dla kilku próbek skręconych na omawianym stanowisku przedstawiono na rysunku 2. Jak widać, prędkość



Rys. 2. Zależność prędkości skręcania od kąta skręcenia podczas prób na stanowisku z rysunku 1
1 — próbka ze stali SW7M, temperatura odpuszczania 663K, 2 — SW7M, 783 K, 3 — SW18, 663 K, 4 — SW18, 783 K.

skręcania wzrasta w trakcie próby by osiągnąć maksymalną wartość około 6,6 rad/s (63 obr/min). Materiały bardziej plastyczne posiadają dla większych kątów skręcenia również gałąź opadającą na wykresie $\eta = f(\varphi)$.

Drugie stanowisko do prób dynamicznych zaprojektowano wykorzystując drążek skrętny jako źródło energii niszczącej próbkę. Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 3.

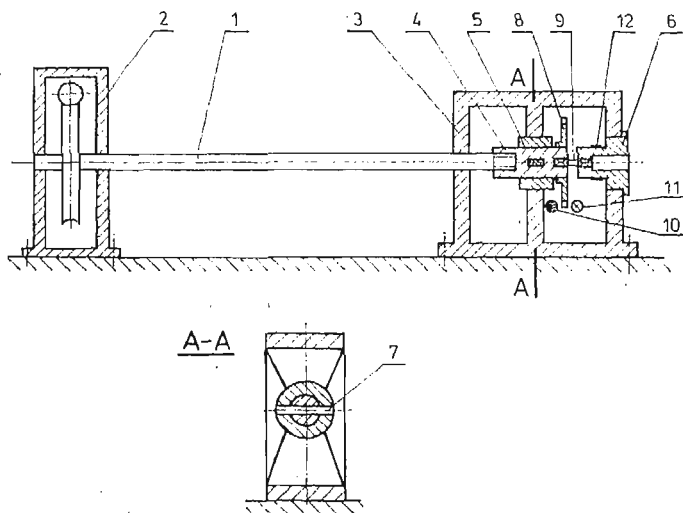
Drążek skrętny 1 wykonany ze stopu PA-9 połączony jest z lewej strony z przekładnią ślimakową 2. Drugi koniec drążka łączy się za pomocą wielowypustu z uchwytem ruchomym 4 mającym możliwość obrotu w panewce łożyska 5, która za pomocą wpustu jest ustalona w korpusie 3. W korpusie osadzony jest również uchwyt nieruchomy 6 próbki 9. Istotnym elementem urządzenia jest kołek, który uniemożliwia obrót uchwytem 4 podczas napinania drążka za pomocą przekładni ślimakowej. Skręcanie próbki rozpoczyna się wówczas, gdy moment skręcający w drążku 1 osiągnie wartość, przy której kołek 7 ulega ścięciu.

Do pomiaru kąta skręcenia służy, jak i w poprzednim stanowisku, układ z fotodiodą

10, lampką 11 i tarczą 8 z nacięciami na obwodzie, natomiast moment skręcający sygnalizują czujniki tensometryczne 12.

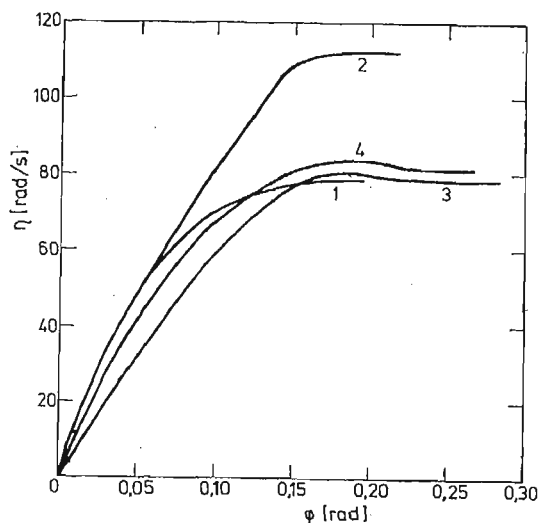
W skład stanowiska wchodzi również identyczna aparatura pomiarowa i rejestrująca jak poprzednio.

Na rysunku 4 przedstawiono zależność prędkości skręcania od kąta skręcania podczas prób na omawianym stanowisku. Uzyskuje się tutaj większy rozrzut prędkości skręcania niż na stanowisku zbudowanym na młocie wahadłowym, co jest związane z niejednorod-



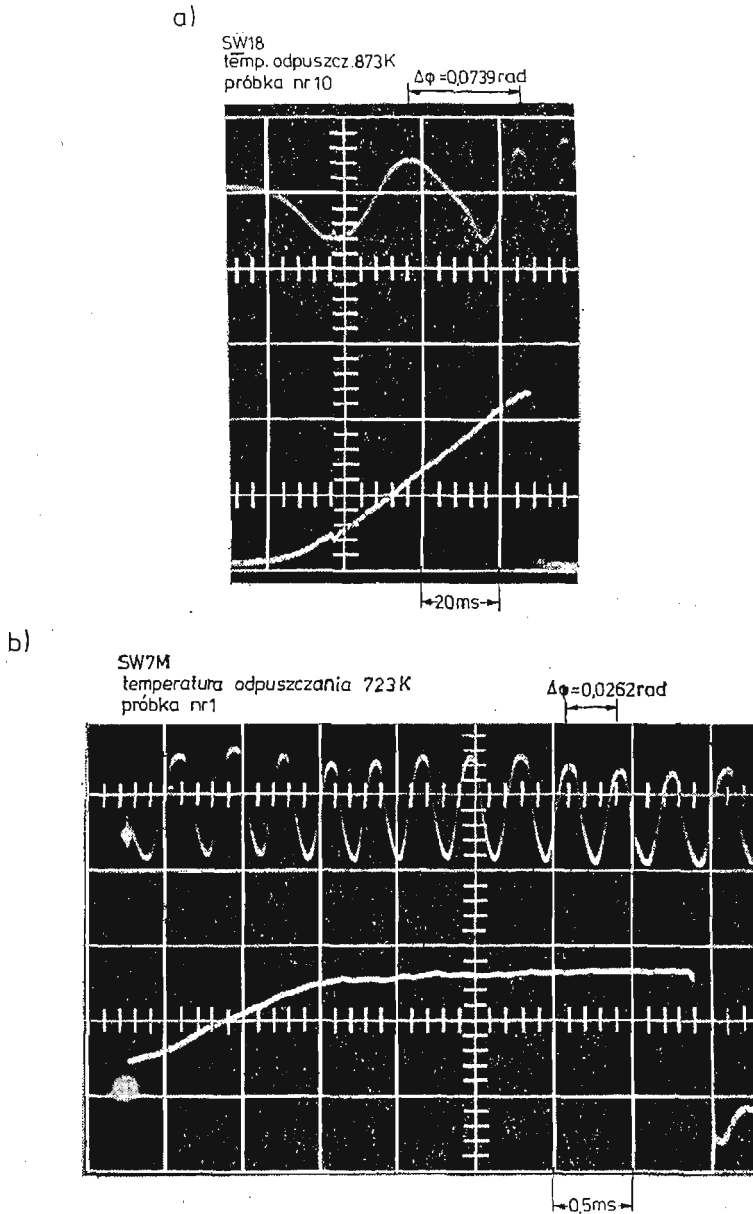
Rys. 3. Schemat stanowiska z drążkiem skrętnym.

1 — drążek skrętny, 2 — przekładnia ślimakowa, 3 — korpus, 4 — uchwyt ruchomy, 5 — panewka łożyska, 6 — uchwyt nieruchomy, 7 — kolek, 8 — tarcza z nacięciami, 9 — próbka, 10 — fotodioda, 11 — lampka, 12 — czujniki tensometryczne.



Rys. 4. Zależność prędkości skręcania od kąta skręcania podczas prób na stanowisku z rysunku 3, 1 — próbka ze stali SW7N, temperatura dopuszczalna 663K, 2 — SW7M, 883K, U₃ — SWJ8, 663K, 4 — SWI8, 883K.

nością materiału stosowanego na kołki (metapleks). Maksymalne prędkości skręcania osiągały w przeprowadzonych badaniach wartości z przedziału $80 - 115 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ (około $760 - 1100 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$). Opisując działanie stanowiska należy wspomnieć, że umożliwia ono również



Rys. 5. Oscylogramy skręcania próbek. Przebieg górny — sygnał z fotodiody, przebieg dolny — moment skręcający.

- a) oscylogram ze stanowiska na młocie wahadlowym,
b) oscylogram ze stanowiska z drążkiem skrętnym.

wykonanie prób statycznych, jeśli nie stosuje się kołka. W tym przypadku moment skrecający jest przekazywany na próbkę poprzez drążek skrętny podczas działania przekładni ślimakowej.

Na rysunku 5 przedstawiono przykładowo oscylogramy uzyskane na obu stanowiskach, przy czym na rysunku 5a) przedstawiono oscylogram ze stanowiska usytuowanego na młocie wahadłowym, a na rysunku 5b) — ze stanowiska z drążkiem skrętnym. Należy zwrócić uwagę, że oscylogramy zarejestrowano przy różnych podstawach czasu, oraz że nie mają one tej samej podziałki kąta skręcenia. Podziałka kąta na oscylogramie z rysunku 5a) jest zbliżona do zastosowanej w pracy [15], natomiast na rysunku 5b) jest ponad dwukrotnie dokładniejsza. Przedstawione oscylogramy uzyskano podczas badań materiałów o różnej plastyczności; na rysunku 5a) pokazano oscylogram skrećania próbki z materiału bardzo kruchego, natomiast na rysunku 5b) — z materiału o stosunkowo dużej plastyczności.

Przebiegi kąta skręcenia i momentu skrecającego podlegają dalszemu opracowaniu graficznemu. Uzyskuje się wykres skręćania skąd wyznacza się kąt odkształcenia plastycznego φ_{p1} .

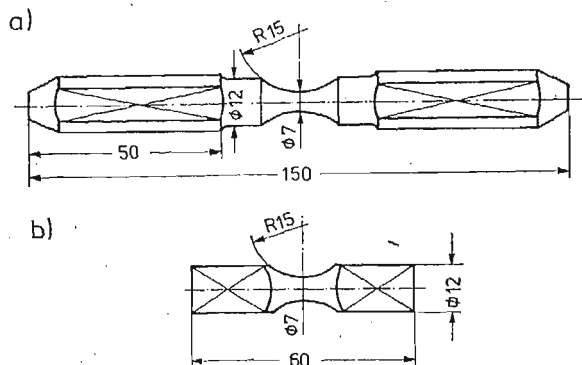
Na podstawie oscylogramów opracowuje się również wykres $\eta = f(\varphi)$. Dokładniejsze informacje na ten temat zawierają cytowane już artykuły [10], [11], [12] i [15].

Na zakończenie opisu działania obu stanowisk należy podkreślić, że w badaniach wykorzystano zasadę pomiarów quasi — statycznych. Wskazówki odnośnie prawidłowego interpretowania tej zasady znaleźć można w literaturze [15] i [17].

3. Badany materiał i stosowane próbki

Na opisanych w rozdziale 2 stanowiskach przeprowadzono badania własności stali narzędziowych szybko tnących gatunków SW7M i SW18. Z każdego rodzaju materiału pobrano po dwa pręty o średnicy 45 mm, które cięto na ćwiartki by z nich wykonać próbki, których wymiary pokazano na rysunku 6.

Przeprowadzono analizę składu chemicznego badanych materiałów, której wyniki zawiera tablica 1 oraz wykonano odpowiednie obserwacje metalograficzne w celu dobrania prętów o w miarę jednorodnych własnościach.



Rys. 6. Próbki do badań: a) statycznych, b) dynamicznych

Tablica 1

Skład chemiczny badanych stali

Gatunek stali	Nr pręta	Składniki stopowe w %						
		C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V
SW7M	1	0,86	0,36	0,33	4,4	6,8	5,5	2,2
	2	0,82	0,34	0,35	4,4	6,5	5,5	2,2
SW18	1	0,75	0,39	0,29	4,5	17,5	0,7	1,2
	2	0,84	0,35	0,32	4,4	17,2	1,3	1,0

Próbki poddano obróbce cieplnej: stal SW7M hartowano z temperatury 1473 K (1200°C), a stal SW18 — z temperatury 1533 K (1260°C), a następnie dla obu gatunków stali przeprowadzono odpuszczanie w temperaturach 663 K (390°C), 723 K (450°C), 783 K (510°C), 813 K (540°C), 843 K (570°C) i 873 K (600°C). Na obydwu stanowiskach do prób dynamicznych, opisanych w rozdziale 2, wykorzystywano identyczne próbki. Na próbkach do badań statycznych i dynamicznych wykonano jednakowe karby w celu zapewnienia porównywalności kątów odkształcenia plastycznego.

Karb usytuowany na pomiarowej części próbki powoduje koncentrację naprężenia, przy czym współczynnik kształtu wyznaczony na podstawie [18] i [19] dla przyjętych wymiarów wynosi $\alpha_k \approx 1,035$. Jak widać wartość α_k jest bliska 1, więc w pierwszym przybliżeniu można pominąć efekt koncentracji naprężeń.

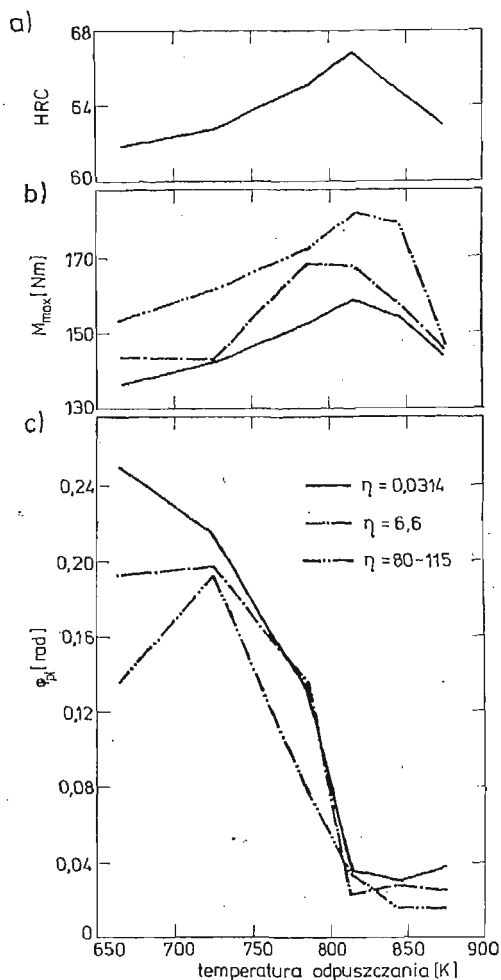
Wykorzystanie w badaniach próbek pełnych wymaga uwzględnienia zmienności naprężeń wzdłuż promienia, co zwłaszcza po przekroczeniu granicy plastyczności jest zagadnieniem dość skomplikowanym. Wyznaczenie krzywych umocnienia nie było celem niniejszej pracy, ale jak podano w pracy [20] zadanie takie można rozwiązać na podstawie skręcania pełnych próbek.

4. Wyniki badań

Wpływ warunków obróbki cieplnej oraz prędkości skręcania na własności badanych stali zilustrowano na rysunkach 7 i 8. Przedstawiono tam zależność twardości HRC od temperatury odpuszczania oraz zależność maksymalnego momentu skręcającego M_{max} i kąta odkształcenia plastycznego φ_{pl} od prędkości skręcania, oraz temperatury odpuszczania.

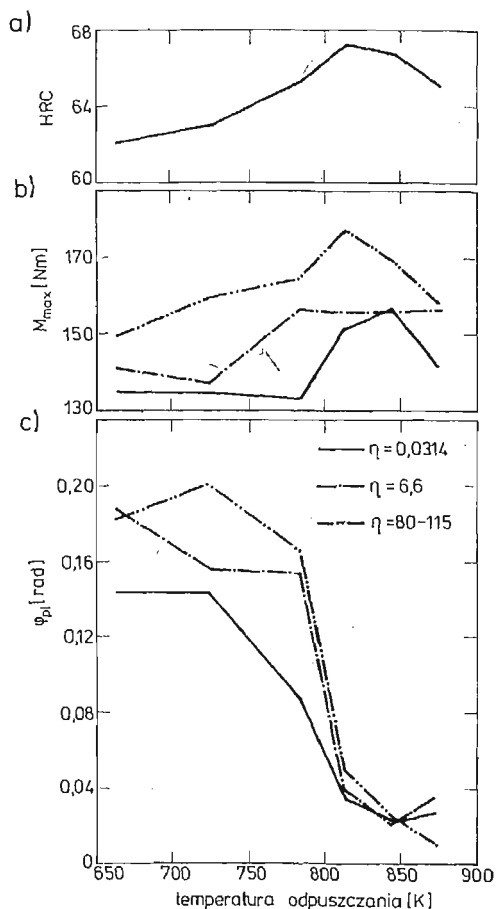
Na rysunkach 7 i 8 podano w charakterze parametrów prób maksymalne wartości prędkości skręcania, które uzyskano podczas badań na poszczególnych stanowiskach.

Rezultaty pomiarów kąta odkształcenia plastycznego opracowano statystycznie, korzystając z tablic zawartych w [21]. W szczególności zastosowano test Dixona na poziomie istotności $\alpha = 0,1$ w celu wyeliminowania wartości odbiegających od przeciętnych wyników pomiarów oraz obliczono przedziały ufności dla średnich, również na poziomie istotności $\alpha = 0,1$. Opracowane w wyżej opisany sposób wyniki pomiarów kąta φ_{pl} zawarte są w tablicy 2.



Rys. 7. Własności stali SW7M w zależności od temperatury odpuszczania i prędkości skręcania

- a) twardość HRC,
 b) maksymalny moment skręcający,
 c) kąt odkształcenia plastycznego.



Rys. 8. Własności stali SW18 w zależności od temperatury odpuszczania i prędkości skręcania

- a) twardość HRC,
 b) maksymalny moment skręcający,
 c) kąt odkształcenia plastycznego.

W tabelicy podano również liczbę udanych prób. Dla poszczególnych kombinacji warunków badań w wierszu górnym przytoczono średnią wartość φ_{p1} w rad, w wierszu środkowym przedział ufności dla średniej, a w wierszu dolnym — liczbę prób, które posłużyły do wyznaczenia średnich wartości kątów odkształcenia plastycznego.

5. Uwagi końcowe i wnioski

1. Przedstawione wyżej stanowiska badawcze umożliwiają wykonanie prób skręcania w szerokim zakresie prędkości odkształcenia. Próby te są łatwiejsze od prób wprowadzonych na gruncie mechaniki pękania, oraz są czulszą metodą oceny skłonności

Tablica 2

Zależność φ_{D1} [rad] od prędkości skręcania i warunków obróbki cieplnej dla stali SW7M i SW18

Gatunek stali	Maks. prędk. skręc. podczas próby w rad/s	Temperatura odpuszczania w K					
		663	723	783	813	843	873
SW7M	0,0314	0,250 0,0535 5	0,214 0,0208 5	0,131 0,0335 5	0,035 0,0127 4	0,031 0,0128 5	0,038 0,0121 4
	6,6	0,191 0,0555 8	0,196 0,0460 9	0,132 0,0309 12	0,024 0,0081 10	0,029 0,0062 10	0,026 0,0055 15
	80–115	0,136 0,0145 7	0,192 0,0631 2	0,076 0,0284 4	0,033 0,0067 10	0,016 0,0099 8	0,016 0,0025 3
SW18	0,0314	0,142 0,0209 5	0,144 0,0379 5	0,087 0,0162 5	0,035 0,0129 5	0,023 0,0041 5	0,029 0,0051 4
	6,6	0,186 0,0158 7	0,157 0,0357 10	0,154 0,0182 7	0,038 0,0191 8	0,022 0,0111 6	0,036 0,0045 8
	80–115	0,182 0,0059 3	0,201 0,0121 3	0,166 0,0500 4	0,048 0,0111 4	0,024 0,0110 6	0,010 0,0092 4

bardzo twardych stali do kruchego pęknięcia, od powszechnie stosowanych znormalizowanych prób udarowego zginania, co wykazano w pracy [10]. Inne przyczyny mogące zadecydować o wdrożeniu omawianych prób zebrano w artykule [22].

2. Jak wynika z wykresów na rysunkach 2 i 4 stanowiska do dynamicznego skręcania charakteryzują się zmienną prędkością odkształcenia podczas prób. W niniejszej pracy jako parametr charakteryzujący warunki próby podawano maksymalną wartość prędkości skręcania. Możliwe jest również wyznaczanie prędkości w momencie przekraczania granicy plastyczności, lub też średniej wartości prędkości skręcania [15].

3. Stanowiska podczas prób działały zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi i były w pełni przydatne do realizacji założonego badań.

4. Przeprowadzone badania mają aspekt praktyczny. Podczas procesu odpuszczania badane stale uzyskują tak zwaną twardość wtórną, wskutek wydzielania się węglików i przemian austenitu. Problemem o dużej wadze jest dobór optymalnych warunków obróbki cieplnej ze względu na uzyskiwane własności mechaniczne.

5. Na podstawie przeprowadzonych badań można wysnuć wniosek, że odkształcenia trwałe badanych stali zależą w różny sposób od prędkości odkształcenia. W przypadku stali SW7M zaobserwowano zmniejszanie się odkształceń trwałych ze wzrostem prędkości skręcania. Tylko dwa punkty na wykresie z rysunku 7c) położone są niezgodnie ze sformułowaną wyżej zasadą.

Odkształcenia próbek ze stali SW18 wzrastają ze wzrostem prędkości odkształcania. Na osiemnaście średnich wartości kątów odkształcenia plastycznego, które posłużyły do konstrukcji wykresu podanego na rysunku 8c) w trzech przypadkach obserwuje się odstępstwa od ogólnej prawidłowości.

Generalnie rzecz biorąc wartości kątów odkształcenia plastycznego uzyskane podczas badań dynamicznych są dla stali SW7M mniejsze, a dla SW18 większe od wartości uzyskanych podczas prób statycznych.

6. Dla uzyskanych wyników przeprowadzono odpowiednią analizę wariancyjną, na podstawie której można stwierdzić, że zróżnicowanie wartości kątów φ_p spowodowane zmianą prędkości skręcania jest istotne ze statycznego punktu widzenia.

7. Wpływ prędkości odkształcania na zdolność do trwałych odkształceń z którą wiąże się odporność na pęknięcie, należy uwzględniać podczas praktycznego zastosowania stali narzędziowych.

Literatura cytowana w tekście

1. C. ALBERTINI, M. MONTAGNANI, *Dynamic materials properties of several steels for fast breeder reactor safety analysis*, published by the Commission of the European Communities, 1977.
2. J. HARDING, *Effect of high strain rate on the room — temperature strength and ductility of five alloy steels*, Journal of the Iron and Steel Institute, 6 210 (1972), str. 425 - 432.
3. P. VELES, J. MICHEL', J. HIDVÉGHY, *Vplyv štruktúry uhlíkových ocelí na mechanické vlastnosti pri dynamickom namáhaní*, Kovové Materiály, 4 10 (1972), str. 343 - 351.
4. U. S. LINDHOLM, *Review of dynamic testing techniques and material behaviour*, Institute of Physics Conf. Ser. No 21, str. 3 - 21.
5. „Высокоскоростная деформация металлов”, под ред. В. И. Беляева, Наука и техника, Минск 1976.
6. G. V. LUERSEN, O. V. GREENE, *The torsion impact test*, Proceedings ASTM, 33 (1933) part II, str. 315 - 327.
7. R. SCHERER, H. KIESSLER, *Verdrehschlagzähigkeit von Werkzeugstahl*, Stahl u. Eisen, 18 63 (1943), str. 353 - 360.
8. J. SALOKANGAS, *Eine neue Maschine zur Schlagprüfung im Verdrehversuch und die Zähigkeit eines Werkzeugstahls bei schlagartiger Verdrehung in Abhängigkeit von der Anlastemperatur*, Materialprüfung, 12 3 (1961), str. 437 - 440.
9. O. KUPŚĆ, *Badanie na skręcanie stali szybkoobrotowej*, Mechanik, 6 44 (1971), str. 305 - 306.
10. M. PIWECKI, J. GRZEŠKOWIAK, *Ocena własności plastycznych stali SW12C za pomocą próby udarowego skręcania*, Biuletyn Techniczny Zakładów H. Cegielski, 2 23 (1979), str. 23 - 25.
11. M. PIWECKI, *Sposób przeprowadzenia próby udarowego skręcania*, Mechanik, 6 51 (1978), str. 293 - 298.
12. S. JONIAK, M. PIWECKI, *Próba dynamicznego skręcania twardych stali*, VIII Sympozjum Dośw. Badań w Mech. Ciała Stałego, Warszawa 1978, cz. I, str. 409 - 417.
13. A. ANKIEWICZ, J. LEWIŃSKI, J. MISIAK, Z. NITA, *Własności wytrzymałościowe stali szybkoobrotowych stosowanych na przeciągacze*, Mechanik, 12 48 (1975), str. 623 - 625.
14. Н. Г. МИХАЙЛИЧЕНКО, *Методика испытания металлических образцов с различными концентраторами напряжения при статическом и ударном кручении*, Зав. лаборатория, 9 22 (1956), стр. 1081 - 1086.
15. J. KŁEPACZKO, *Urządzenie do dynamicznego skręcania*, Mechanika Teoret. i Stosowana, 4 5 (1967), str. 425 - 438.
16. M. G. STEVENSON, J. D. CAMPBELL, *An optical method for direct measurement of strain in a torsional Hopkinson-bar apparatus*, Journal of Strain Analysis, 3 10 (1975), str. 172 - 179.
17. W. STYBURSKI, *Przetworniki tensometryczne*, WNT, Warszawa 1976.
18. H. NEUBER, *Kerbspannungslehre*, Springer-Verlag, Berlin Göttingen Heidelberg (1958), str. 111 - 113.

19. *Poradnik inżyniera „Mechanika”*, tom 1, WNT, Warszawa 1968, str. 1017.
20. T. PEŁCZYŃSKI, *O krzywych umocnienia, Obróbka Plastyczna*, 1 14 (1975), str. 5 - 34.
21. W. VOLK, *Statystyka stosowana dla inżynierów*, WNT, Warszawa 1973.
22. M. PIWESKI, *Zastosowania skręcania do oceny własności plastycznych materiałów*, Zeszyty Nauk. Pol. Poznańskiej „Mechanika”, 19 (1977), str. 107 - 119.

Резюме

ИСПЫТАНИЯ НА СТАТИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ КРУЧЕНИЕ
В ПРИМЕНЕНИИ К ОЦЕНКЕ СПОСОБНОСТИ К ДЕФОРМАЦИИ
ТВЕРДЫХ СТАЛЕЙ

В статье заключено результаты испытаний влияния скорости деформации и условий термической обработки на пластические свойства двух сортов инструментальных сталей (рис. 7 и 8). Угол пластической деформации полученный в испытаниях на кручение принято как показатель пластических свойств. Удостоверено, что пластические свойства стали SW7M уменьшаются, а стали SW18 — возрастают с повышением скорости деформации.

Динамические испытания осуществлено на двух специально запроектированных установках, принцип действия которых объясняют рисунки 1 и 3. Установку представленную на рисунке 1 построено как приставку к маятниковому копру Шарпи. Позволяет она получить максимальную скорость скручивания около 6,6 рад/с (рис. 2). Во время испытаний на установке представленной на рисунке 3, в которой источником скручивающей энергии является предварительно скрученный стержень, получено максимальные скорости скручивания в диапазоне 80 - 115 рад/с (рис. 4).

Summary

STATIC AND DYNAMIC TORSION TESTS IN APPLICATION TO VALUATION OF ABILITY
TO DEFORMATION OF HARD STEELS

The paper describes the results of investigations of the influence of the strain — rate and the heat treatment conditions on the ductile properties of two sorts of tool steels. The measure of the steel ductile properties was the angle of plastic strain during the torsion tests. It was found that with growing of the strain — rate the ductile properties of the steel SW7M decrease and the ductile properties of the steel SW18 increase.

The impact tests have been carried out on the two specially designed stands the operation principles of which are explained in the figures 1 and 3. The stand shown in the figure 1 is designed on the basis of the Charpy hammer. It permits to achieve the maximum strain — rate up to 6.6 rad/s (fig. 2). The experiments carried out on the stand shown in the figure 3, where a torsion bar was a source of energy, the maximum strain — rates of the range 80 ÷ 115 rad/s were achieved.

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
INSTYTUT MECHANIKI TECHNICZNEJ

Praca została złożona w Redakcji dnia 12 maja 1979 roku