

Tadeusz LAMBER  
Wiesław CHLADEK  
Marek PLAZA

Instytut Inżynierii Materiałowej  
Politechnika Śląska

TENDENCJE ROZWOJOWE BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH  
PROWADZONYCH NA NOWOCZESNYCH MASZYNACH  
WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

**Streszczenie.** Wymagania stawiane systemowi nowoczesnych maszyn wytrzymałościowych stanowią równocześnie kryteria oceny ich jakości. W pracy omówiono niektóre z podstawowych kryteriów oceny nowoczesnych maszyn wytrzymałościowych związanych z automatyzacją systemu obciążenia i rejestracji.

### 1. Wstęp

Podstawą nauki o wytrzymałości materiałów są badania doświadczalne ich własności fizycznych, mechanicznych i strukturalno-chemicznych. Tak jak w każdej nauce przyrodniczej, są one i tutaj ostatecznym kryterium sprawdzenia słuszności twierdzeń i wyników rozważań teoretycznych. Od znajomości tych własności zależy racjonalne konstruowanie i wytwarzanie maszyn, konstrukcji, urządzeń, narzędzi itp. oraz możliwość oceny ich trwałości i niezawodności w czasie eksploatacji.

Zgodnie z podziałem nauki o wytrzymałości materiałów według poszczególnych przypadków i rodzajów układu sił obciążających oraz uwzględniając warunki pracy w czasie eksploatacji maszyn, urządzeń i konstrukcji materiały na te wytwory poddaje się następującym podstawowym badaniom wytrzymałościowym:

- badania przy obciążeniach statycznych, dynamicznych oraz impulsowych,
- badania na rozciąganie, ściskanie, ścinanie, skręcanie, zginanie i twardość.

Każde z wyszczególnionych rodzajów badań można przeprowadzić:

- przy pojedynczo działających obciążeniach (proste zagadnienie wytrzymałości),
- przy kilku działających równocześnie obciążeniach (złożone zagadnienia wytrzymałości),

- w temperaturach otoczenia, obniżonych lub podwyższonych,
- przy stałym lub zmiennym polu temperatur (zmęczenie cieplne) z uwzględnieniem termoszkoków,
- w środowisku atmosfery otoczenia, próżni lub w środowiskach korozyjnych.

Przedstawione warunki badań można łączyć w dowolny sposób celem symulacji obciążeń zachodzących na obiekcie, np. równoczesna realizacja zmiennego pola siłowego i temperaturowego przy różnej kombinacji ich sprzężenia.

W badaniach przy obciążeniach dynamicznych należy wyodrębnić:

- grupę badań uderowych (np. na uderność) oraz
- grupę badań obciążeń wielokrotnie powtarzanych (np. wytrzymałość zmęczeniowa).

W badaniach na zmęczenie na szczególną uwagę zasługują obecnie bardzo rozpowszechnione badania w zakresie małej liczby cykli oraz w zakresie ograniczonej wytrzymałości na zmęczenie.

Jeszcze do innej grupy badań należy zaliczyć próby pełzania w temperaturze otoczenia i podwyższonej, w której to próbie obciążenie w chwili początkowej wzrasta powoli do pewnej wartości, a następnie utrzymywane jest przez dłuższy czas. Odmianą tej próby jest próba relaksacji, w której utrzymuje się stałe odkształcenie. Ogólnie są to badania reologiczne.

Szczególne miejsce we współczesnych badaniach wytrzymałościowych zajmują badania odporności na pękanie oraz stateczności.

Wyszczególnione badania można przeprowadzać na próbkach pobranych z określonego materiału, modelach lub obiektach.

Zupełnie odrębny dział stanowią próby technologiczne mające na celu [1]

1) określenie przydatności materiałów lub wyrobów poddawanych takim procesom technologicznym, jak: zużycie, ścieralność, tłoczność, kowalność, spawalność, skrawalność itp.,

2) zbadanie zdolności do odkształceń plastycznych materiałów używanych w postaci takich wyrobów, jak: pręty, blachy, rury, druty itp. w próbach przeginalnia, skręcania, nawijania itp.

Spoglądając z perspektywy czasu na wszystkie badania laboratoryjne jeszcze około 70 lat temu, począwszy od próby statycznego rozciągania, można stwierdzić, że dla ówczesnego stanu techniki własności mechaniczne badanego materiału, a szczególnie wytrzymałość na rozciąganie, określone na podstawie tej próby, stanowiły wystarczające kryterium oceny jakości pracy wytwarzanych wówczas maszyn, urządzeń i konstrukcji. Powolny sposób narastania siły i przemieszczenia przy prostym rozciąganiu zezwalał również na stosowanie w maszynach wytrzymałościowych przeważnie dźwigniowych mechanizmów do rejestracji krzywej rozciągania pomimo obarczenia ich dużymi masami, luzami i tarciami w przegubach.

Innym przykładem z tego okresu są badania nad kruchością stali przez pomiar uderności, zapoczątkowany przez Charpy'ego. W owym czasie odpor-

ność na kruche pękanie danej stali w zupełności określał poziom udarności w temperaturze otoczenia. Dla potrzeb ówczesnych konstrukcji metalowych ta udarność stanowiła również pewną gwarancję jej odporności na kruche pękanie. Z tego powodu nie było potrzeby zmiany tego pomiaru, aby go zastąpić innym bardziej zbliżonym do właściwości danej konstrukcji [2].

Dopiero liczne rozwiązania nowoczesnych konstrukcji z zastosowaniem nowych materiałów o podwyższonej wytrzymałości i pojawienie się wypadków ich niszczenia w czasie eksploatacji zwróciło uwagę badaczy na niecodzienny problem, jakim jest zdolność materiału do kruchego pęknięcia. Właściwości tej nie można mierzyć ani udarnością uzyskaną w temperaturze otoczenia ani własnościami mechanicznymi uzyskanymi z prostej próby rozciągania. Własności materiałów zmieniają się bowiem z temperaturą, wymiarami próbki, rodzajem karbu, szybkością odkształcania, częstością i ilością obciążeń zmiennych, pod wpływem siłowych i temperaturowych zmiennych pól, stanu naprężenia itp.

W związku z tym przy rozwiązywaniu nowoczesnych konstrukcji wartość wytrzymałości na rozciąganie traci swe dawniej decydujące znaczenie. Wskutek złożoności zjawisk występujących w wyszczególnionych warunkach w czasie eksploatacji lub badań strona eksperymentalna wytrzymałości jest obecnie szeroko rozwinięta.

## 2. Tendencje rozwojowe badań doświadczalnych

W ostatnich latach w badaniach doświadczalnych powstały nowe możliwości dzięki odkryciom fizyków, rozwojowi nowych technologii i nowych materiałów, urządzeń elektronicznych pozwalających na bardziej precyzyjne pomiary, rejestracje dawniej nieuchwytnych sygnałów oraz obserwację nowych zjawisk fizycznych przy równoczesnym wprężeniu komputerów do analizy i przetwarzania danych [3]. W związku z tym w badaniach doświadczalnych obserwuje się dążność do wykorzystania coraz większej liczby zjawisk fizycznych i do uzyskiwania informacji o przebiegu procesów. Przykładem może być rozwój metod emisji akustycznej, emisji promieniowania podczerwonego, detekcji elektromagnetycznej, rozpraszania światła przy przechodzeniu przez ośrodki przezroczyste, metod elektrycznych, radiacyjnych i innych. Rozwój laserów spowodował gwałtowny rozwój metod optycznych. Powstały nowe możliwości badania pól sprzężonych, np. magnetoelastoptyka czy magneto-hydrodynamika.

Duże zapotrzebowania na badania ośrodków anizotropowych, kompozytów układów z biomechaniki i innych powoduje konieczność stosowania specjalnych technik badawczych i złożonych technik analizy wyników. Powoduje to



również konieczność dostosowania znanych już metod lub opracowania nowych dla danego problemu lub grupy problemów. Takie badania doświadczalne łączą w sobie elementy badań podstawowych, poznawczych oraz badań stosowanych. Stwarzają możliwości do obserwacji nowych zjawisk i procesów, prowadzą zatem do tworzenia nowych teorii, koncepcji tworzenia nowych technologii i materiałów, często z góry zaprognozowanych własnościach czy też nowych konstrukcji. Wyniki badań stanowią również podstawowe kryterium poprawności podjętych przez konstruktora decyzji i upraszczających założeń.

W wielu dziedzinach technika nie może czekać na rozwiązanie teoretyczne. Konstruktorzy nowych urządzeń muszą wówczas podejmować swoje decyzje na podstawie wyników badań doświadczalnych [3], co umożliwia im odpowiednie maszyny wytrzymałościowe wyposażone w urządzenia, zezwalające na pomiar występujących na obiekcie zjawisk fizycznych. Na przykład wskutek braku rozwiązań teoretycznych jedynie na podstawie badań doświadczalnych konstruktorzy uwzględniają procesy zmęczenia konstrukcji, mechaniki pęknięcia, procesy płynięcia materiału, zjawiska falowe w konstrukcjach, gdzie czynniki cieplne, chemiczne i mechaniczne ściśle się zazębiają. W związku z tym w ostatnim okresie maszyny i urządzenia do badań wytrzymałościowych ulegają dużym zmianom. Stało się to możliwe dzięki wprzęgnięciu wyszczególnianych uprzednio nowych zjawisk fizycznych do budowy i wyposażenia maszyn wytrzymałościowych w odpowiednie urządzenia, co umożliwia obserwację i rejestrację przebiegu procesów fizycznych i mechanicznych. Istnieje cały szereg zjawisk fizycznych związanych z procesami zachodzącymi w ciałach stałych, które przy zastosowaniu nowoczesnych urządzeń do maszyn wytrzymałościowych mogą służyć jako podstawa rozwoju nowych metod badawczych. Należy przy tym mieć na uwadze fakt, że nie dla wszystkich nowoczesnych metod badawczych konieczne są nadzwyczaj kosztowne urządzenia z wyposażeniem najnowszej generacji.

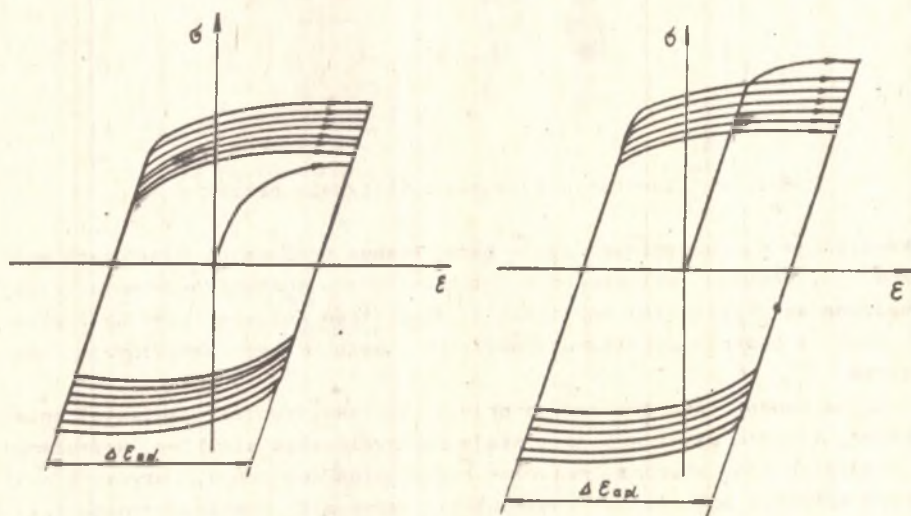
Przykładowo badania mechaniki kruchego pęknięcia mogą być z powodzeniem przeprowadzane na urządzeniach powszechnie stosowanych do prób wytrzymałościowych przy użyciu dodatkowego osprzętu, nie wymagającego dużych nakładów finansowych.

### 3. Czynniki charakteryzujące nowoczesne maszyny wytrzymałościowe

W nowoczesnych maszynach wytrzymałościowych sygnały pomiarowe są używane nie tylko do określenia charakterystyk materiałów czy konstrukcji, lecz także do sterowania przebiegiem próby, np. przez ciągłą regulację prędkości obciążenia lub odkształcenia zgodnie z założonym przebiegiem zmian jednej z wielkości mierzonych. W maszynach starszego typu brak jest sprzężenia zwrotnego pomiędzy wielkością zadaną a mierzoną, w związku z tym unowocześnienie tych maszyn polega przede wszystkim na wprowadzeniu

elektrycznego pomiaru mierzonych wielkości. O ile jednak unowocześnienie maszyn wytrzymałościowych służących do prób statycznych jest stosunkowo łatwe do zrealizowania, to unowocześnienie maszyn do badań zmęczeniowych napotyka na cały szereg trudności wynikających z zasadniczych zmian zachodzących w metodyce badawczej.

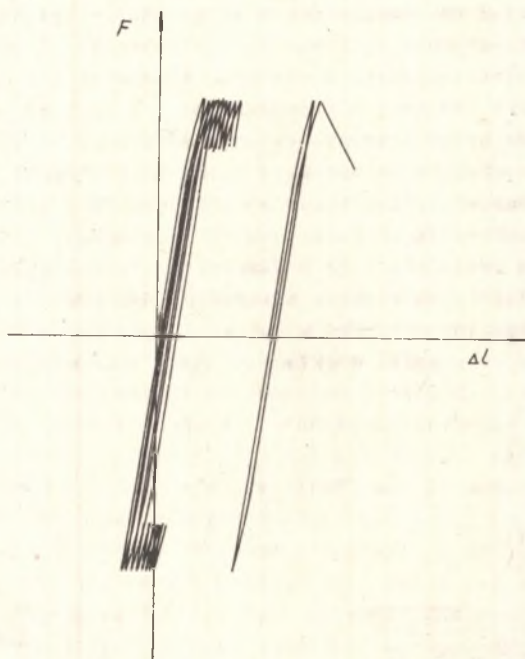
Do niedawna do badań zmęczeniowych stosowano przeważnie maszyny rezonansowe, w których charakterystyka cyklu w układzie  $\sigma$ - $\epsilon$  była prostoliniowa. Maszyny te stale udoskonalane produkowane są i stosowane w wielu laboratoriach, lecz pomimo ich ekonomiczności i nowoczesności są coraz bardziej wypierane przez maszyny serwohydrauliczne, pozwalające przeprowadzać badania zmęczeniowe w zakresie małej liczby cykli. Badania takie ze względu na rzeczywisty charakter zniszczenia, które poprzedzone są powstawaniem stref odkształceń plastycznych oraz oddające lepiej warunki pracy materiału w zmiennych polach temperatur, zdobywają w ciągu ostatnich dziesięciu lat coraz większe znaczenie. Badania w zakresie małej liczby cykli prowadzimy wchodząc w zakres plastycznych odkształceń materiału. Charakterystyką cyklu w układzie  $\sigma, \epsilon$  jest wówczas pętla histerezy.



Rys. 1. Ilustracja zjawiska cyklicznego  
a) umocnienia, b) osłabienia

Analizując rzeczywistą charakterystykę pracy materiału powstałą w wyniku obciążeń zmiennych losowo możemy wyodrębnić zjawiska [4, 5]:

- histerezy
- cyklicznego umocnienia (rys. 1a)
- cyklicznego osłabienia (rys. 1b)
- cyklicznego pełzania (rys. 2).



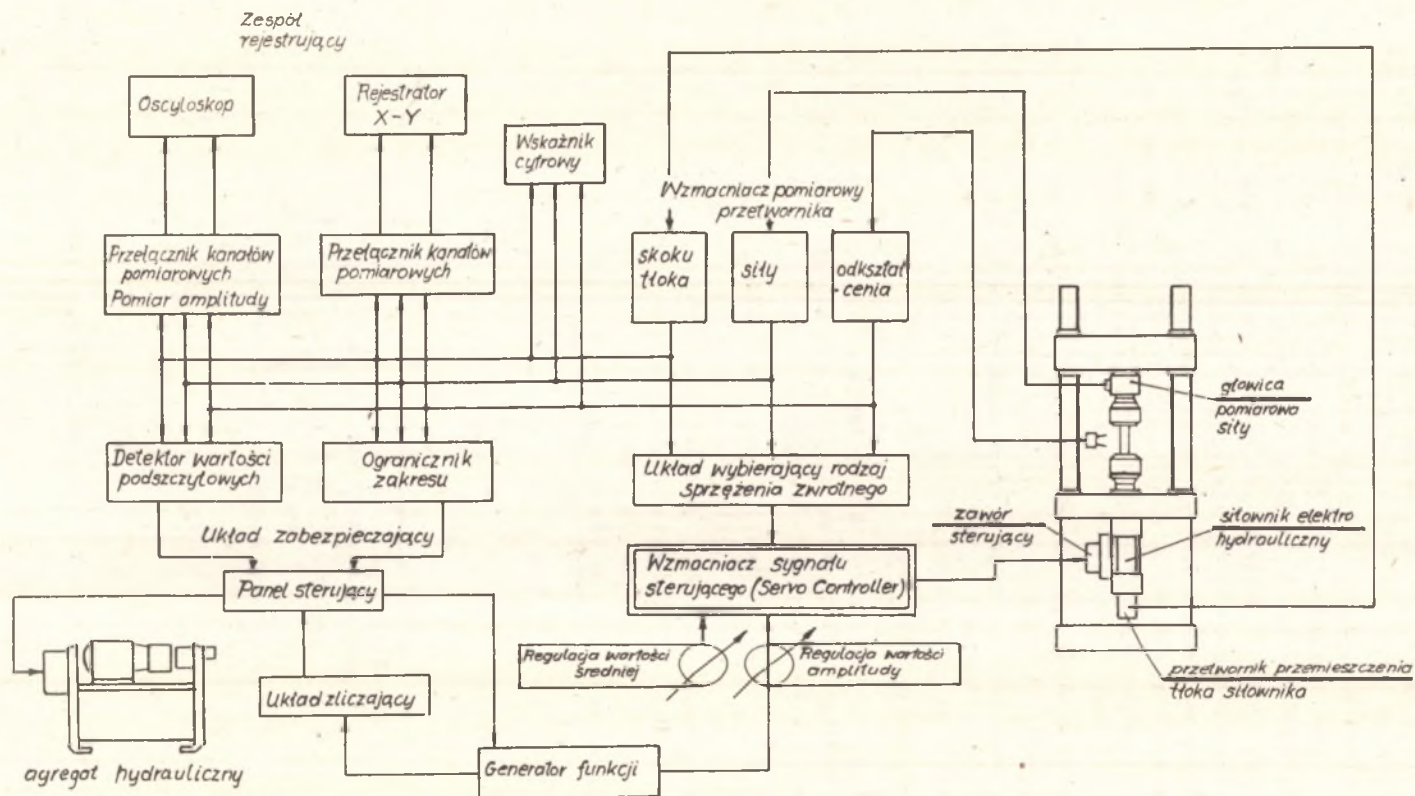
Rys. 2. Ilustracja zjawiska cyklicznego pełzania

Realizacja poszczególnych typów badań wymaga spełnienia określonych warunków, np. badania cyklicznego osłabienia bądź umocnienia materiału przeprowadzane są przy stałej amplitudzie odkształceń całkowitych bądź plastycznych, a badania cyklicznego pełzania - przy stałej amplitudzie obciążenia.

Podczas badań przeprowadzanych przy stałej amplitudzie odkształcenia po pewnej liczbie cykli materiał staje się cyklicznie stabilny. Naprężenia odpowiadające temu stanowi, nazywane naprężeniem nasycenia, uzyskane dla różnych wartości odkształceń umożliwiają zbudowanie wykresu zwanego cykliczną krzywą odkształcenia.

Współcześnie wykres ten stosowany jest coraz częściej do oceny własności materiału pracującego w warunkach obciążeń cyklicznie zmiennych. Można go również uzyskać metodą uproszczoną, zwaną próbą wzrostu stopniowego. Badania przeprowadzamy wówczas na próbce, która osiągnęła stan nasycenia, zmieniając amplitudę odkształcenia od wartości maksymalnych do zera i odwrotnie, przy zachowaniu stałej prędkości odkształcenia.





Rys. 3. Schemat blokowy systemu serwohydraulicznego wraz z układem zabezpieczającym i rejestrującym

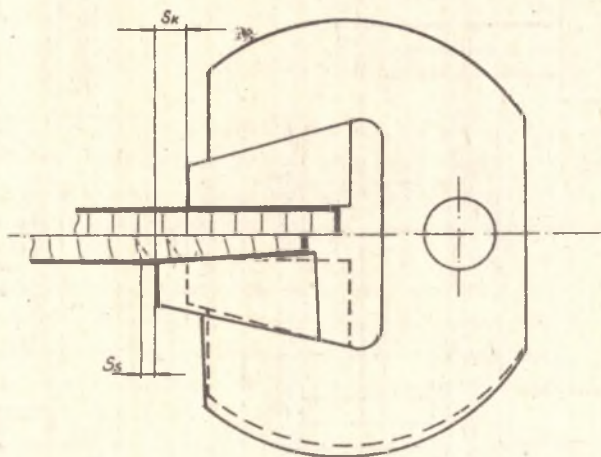
Realizacja tego typu badań wymaga maszyn, których schemat blokowy przedstawia rysunek 3.

Zgodnie ze schematem, obciążenie badanej próbki realizowane jest poprzez przesuw siłownika hydraulicznego. Ruch siłownika sterowany jest serwowaworem, regulującym przepływ oleju z agregatu hydraulicznego w zależności od zadanej z programatora funkcji zmian wartości przyjętej jako sterującą. Uzyskiwane sygnały odpowiedzi podawane są do obwodu zamkniętego, w którym we wzmacniaczu sterującym serwowaworem porównywane są z sygnałem zadany. Wychodzący ze wzmacniacza sygnał skorygowany jest w taki sposób, aby doprowadzić różnicę pomiędzy sygnałami wejścia i wyjścia do zera.

W układzie rejestracji możemy zapisywać zmiany wszystkich interesujących nas wartości. Układ rejestracji współpracuje z ogranicznikami zakresu i systemem zabezpieczającym przed przekroczeniem dopuszczalnych wartości granicznych pomiaru.

### 3.1. Pomiar odkształcenia

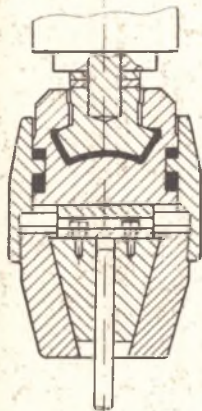
W celu określenia własności materiałów w dowolnych warunkach (pól siłowych, termicznych itp.) muszą być mierzone odkształcenie badanego materiału oraz wielkości, które je wywołują.



Rys. 4. Przemieszczenie szczęk oraz pełzanie materiału próbki w szczękach



Deformacje mogą być wyznaczone pośrednio lub bezpośrednio za pomocą czujników zakładanych na próbkę. Możliwość stosowania czujników będących w wyposażeniu każdej nowoczesnej maszyny zależy od kształtu i wymiarów geometrycznych próbki oraz wymagań odnośnie do warunków otoczenia. Tak więc czasem mimo dużej dokładności czujniki nie zawsze mogą być użyte i wówczas na dokładność pomiaru wpływa sposób mocowania próbki i sztywność maszyny.

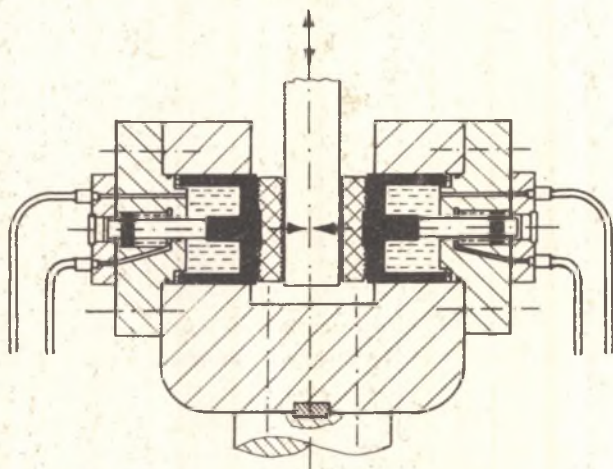


Rys. 5. Uchwyt szczękowy klinowy zaciskany hydraulicznie

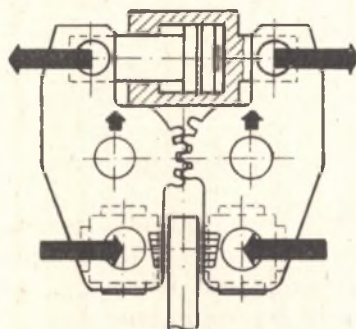
Najczęściej spotykanym rozwiązaniem szczęk i najprostszym w użyciu są uchwyty samozaciskowe. Powodują one jednak powstanie największych błędów przy pośrednim pomiarze wydłużenia próbki, wynikających z pełzania materiału w szczękach [7, 8] oraz przemieszczania się szczęk (rys. 4).

Dokładność maszyny możemy więc zwiększyć stosując próbki gwintowane lub uchwyty pierścieniowe. W nowoczesnych maszynach stosuje się szczęki hydrauliczne, które można podzielić na dwie grupy: - działające na zasadzie klina (MTS) - rys. 5 - oraz z uchwytami zaciskającymi równoległe [10, 11] (Schenck) rys. 6 oraz (MFL) - rys. 7.

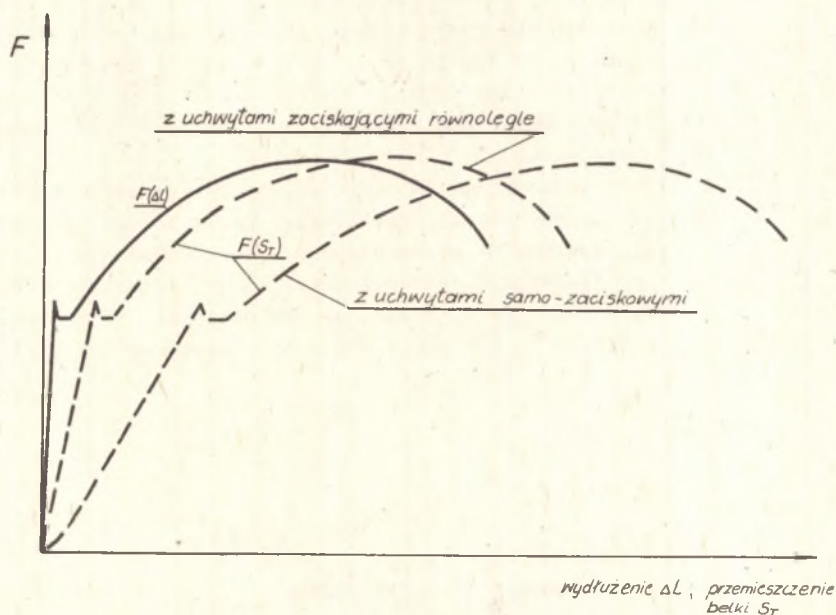
Najdokładniejsze wyniki uzyskujemy przy stosowaniu szczęk zaciskanych równoległe. Przykładowo, porównując wykresy uzyskane przy pośrednim pomiarze odkształceń dla szczęk samozaciskowych [8] i zaciskanych równoległe (rys. 8) widać, że ten ostatni jest bardzo zbliżony do wykresu z pomiarem bezpośrednim deforma-



Rys. 6. Uchwyt szczękowy zaciskany równoległe, hydraulicznie, systemu Schenck



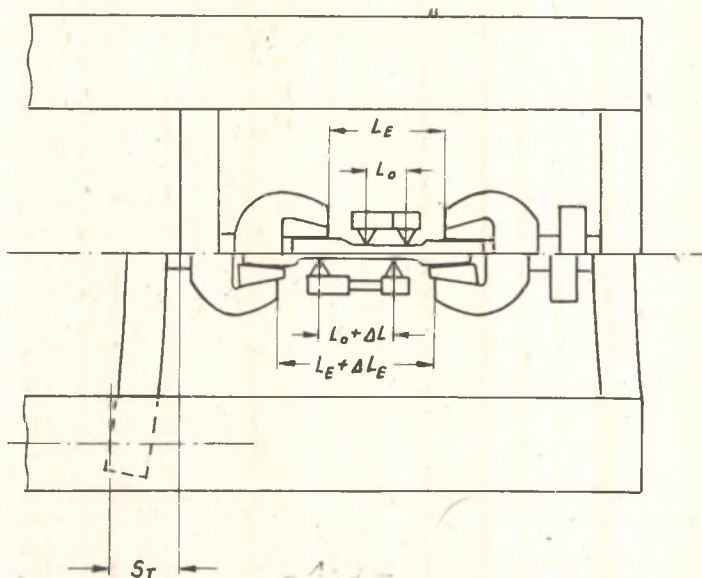
Rys. 7. Uchwyt szczękowy zaciskany równoległe, hydraulicznie, systemu MFL



Rys. 8. Wykresy siły w funkcji wydłużenia w zależności od rodzaju uchwytów

cji. Istotny wpływ na wyniki będzie miało odkształcenie poprzeczki i kolumn maszyny [7] (rys. 9). Tak więc widać, że nowoczesne maszyny powinny się charakteryzować dużą sztywnością.

Błędy wynikłe wskutek pośredniego pomiaru odkształceń mogą być wyeliminowane przez stosowanie czujników (czujniki wychyłowe, zegarowe, indukcyjne, elektrooporowe itp.) pod warunkiem, że próbka zamocowana jest w osi działania siły.



Rys. 9. Schemat odkształceń zestawu pomiarowego podczas badań na rozciąganie. Lewa część rysunku bez obciążenia, prawa z obciążeniem

### 3.2. Pomiar siły w maszynach wytrzymałościowych

Pomiar siły we wszystkich spotykanych przypadkach odbywa się drogą pośrednią poprzez pomiar przemieszczeń, w czujnikach kumulujących energię, a dokładność pomiaru zależy głównie od ich bezwładności. Nowoczesność czujników polega na zmniejszeniu ich bezwładności oraz możliwości zamiany wielkości mechanicznych na wielkości elektryczne, łatwe do dokładnego pomiaru i rejestracji. Oprócz tego posiadają one również małe stałe czasowe.

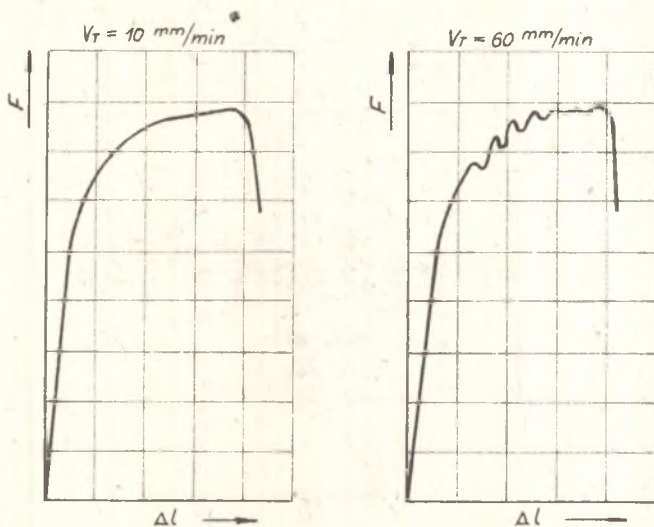
Maszyny wytrzymałościowe starszego typu, posiadające wahadłowy układ pomiaru siły, mogą powodować przeniesienie drgań własnych wahadła na próbkę i wpływać na zniekształcenie warunków pomiaru (rys. 10). W przypadku przekroczenia granicy plastyczności zakłócenia takie są nieuniknione [9].

Podobne błędy otrzymujemy przy stosowaniu dynamometrów sprężynowych.

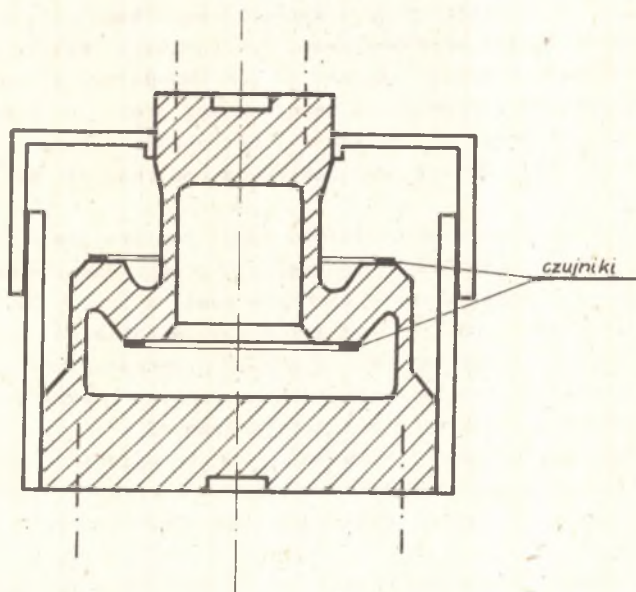
Błędy dynamiczne są eliminowane w nowoczesnych maszynach poprzez stosowanie głowic z czujnikami elektromechanicznymi. Ten typ przetworników stanowi układ sprężyn, mas i tłumika, w którym ugięcie sprężyny jest przetwarzane przez naklejane tensometry oporowe na wprost proporcjonalny napięciowy sygnał elektryczny. Całkowity błąd pomiaru w tych przetwornikach wynosi  $\pm 1\%$ .

Schemat głowicy pomiarowej [10] - PM-R (Schenck), działającej na zasadzie pierścienia skrętnego, przedstawiono na rys. 11. Czujnik ten charakteryzuje się wysoką trwałością przy obciążeniach do  $\pm 60\%$  nominalnej war-





Rys. 10. Wpływ częstotliwości drgań własnych układu pomiaru siły na charakterystykę siła-wydłużenie, wynikający ze zbyt dużej prędkości obciążania (przesuwu belki)  $V_T$  - prędkość belki



Rys. 11. Głowica pomiarowa siły (Schenck)

tości siły z całkowitym błędem pomiaru  $\pm 0.02\%$  (uwzględniając błąd linio-  
wości, histerezę, powtarzalność wskazań, różnicę wskazań przy rozciąganiu  
i ściskaniu).

Ten nieznaczny błąd oraz niski poziom szumów pozwala dokonywać pomia-  
rów sił o wartościach zarówno małych, jak i dużych, stąd nie zachodzi ko-  
nieczność wymiany czujnika w czasie eksploatacji maszyny.

Zakłócenia przy dynamicznych pomiarach sił tego typu głowicami wynika-  
ją z częstotliwości drgań własnych układu. Częstotliwość ta zależy między  
innymi od masy uchwytu próbek, dlatego w badaniach szybkozmiennych należy  
unikać stosowania szcęk o dużych masach.

#### 4. Metodyka oceny jakości zautomatyzowanych systemów badań własności ma- teriałów i elementów konstrukcji

Z powodu różnorodności produkowanych przez poszczególne firmy zautoma-  
tyzowanych systemów do badań własności materiałów i konstrukcji zachodzi  
konieczność unifikacji metodyk oceny ich jakości. Jedną z metodyk takiej  
oceny jest klasyfikacja systemów z uwagi na rodzaj wielkości "wejściowych",  
stanowiących mechaniczne i fizyczne obciążenia oraz ze względu na charak-  
ter wielkości "wyjściowych", stanowiących informację w postaci pomiarów,  
jakie mogą być realizowane w danym systemie. Przyjmuje się, że tak po-  
szczególne elementy, jak i cały system można scharakteryzować trzema nie-  
zależnymi parametrami (kryteriami):

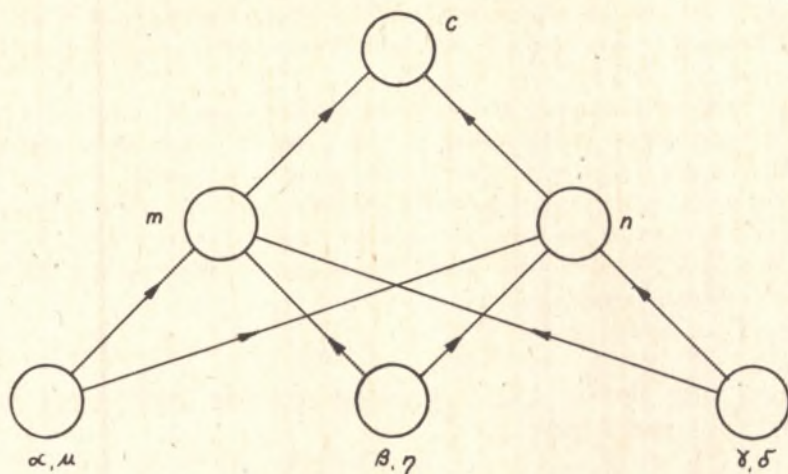
- dokładnością pomiaru i regulacji wejściowych i badanych przebiegów,
- stopniem automatyzacji badań,
- poziomem matematycznego ujęcia eksperymentu.

Zależność oceny systemu od wyszczególnionych kryteriów przedstawiono  
za pomocą grafu na rysunku 12. Wierzchołki grafu określają:

- $c$  - ocenę jakości całego systemu
- $m, m$  - ilość ocenianych regulowanych i mierzonych wielkości
- $\alpha, \mu$  - ocenę dokładności regulacji i pomiaru
- $\beta, \eta$  - ocenę stopnia automatyzacji układów pomiarowych i regulujących
- $\gamma, \delta$  - ocenę poziomu matematycznego opracowania w układach pomiarowych  
i w informacji.

Zakładając niezależność ocen jakości poszczególnych elementów można je  
przedstawić w postaci ortogonalnych wektorów, z których każdy czyni za-  
dość aksjomatom algebry wektorów. Wówczas ocenę jakości badanego systemu  
można przedstawić w postaci:

$$c = \left[ \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 + \beta_i^2 + \gamma_i^2 \right)^2 + \left( \sum_{j=1}^m \mu_j^2 + \eta_j^2 + \delta_j^2 \right)^2 \right]^{1/2}$$



Rys. 12. Graf wzajemnych związków kryteriów oceny jakości systemów do badań własności materiałów i elementów konstrukcji

Przyjmując wartości liczbowe dla wyszczególnionych w tym równaniu składników zgodnie ze wskazówkami w pracy [12], można uzyskać ocenę jakości dla określonych zautomatyzowanych systemów.

Przedstawiona metodyka oceny jakości zezwala na uwypuklenie wad i zalet istniejących systemów. Przykładowo w pracy [12] wykazano, że system MTS, wyróżniający się dużym stopniem automatyzacji i szerokim zakresem możliwości różnorodnych badań, pod względem dokładności regulacji i pomiarów ustępuje nieco systemom firmy "INSTRON".

#### LITERATURA

- [1] KUROWSKI R., BRZOSKA Z.: Badania wytrzymałościowe metali. - Mechanik - Poradnik Techniczny t. II, z. 2 Instytut Wydawniczy SIMP, Warszawa 1949.
- [2] LAGASSE P.E.: Mesure de la Fragilité des aciers par les essais de flexion dynamique. Revue de la Soudure Nr 2, 1961.
- [3] STOPNICKI J.: Raport o stanie mechaniki doświadczalnej. Referat na Zebraniu Plenarnym Komitetu Mechaniki PAN w dniu 16.11.1978.
- [4] KOCAŃDA S.: Zmęczeniowe niszczenie metali. NT, Warszawa 1978.
- [5] WETZEL R.M., LANDGRAF R.W., RICHARDS F.D.: Cyclic plastic deformation of metals. MTS Closed Loop. The magazine of mechanical testing. Minneapolis, Minnesota 1971.
- [6] GREES W.J.: Zastosowanie serwohydraulicznych urządzeń badawczych sterowanych za pomocą komputera do złożonych, wdrożeniowych badań zespołów. Wydawnictwo firmy Instron, 1977.
- [7] DRIPKE M.: Metody i urządzenia do pomiaru deformacji. Przeznaczenie oraz zastosowanie maszyn wytrzymałościowych firmy Zwick. Sympozjum, Warszawa 1977.



- [8] DRIPKE M.: Regulowane maszyny badawcze o napędzie śrubowym. Sympozjum, Warszawa 1977.
- [9] DRIPKE M.: Przyczyna i wpływ dynamicznych błędów pomiaru w pomiarach sił i deformacji. Sympozjum, Warszawa 1977.
- [10] JACOBY G.: Prüfmaschinen für Versuche mit zügiger und schlagartiger Beanspruchung. Wydawnictwo firmy Carl Schenck AG, Darmstadt.
- [11] SPIES F.A.: Automatisierung von Sericnzugversuchen in der Stahlabnahme. Versuchs und Forschungs - Ingenieur Nr 2/1977.
- [12] GRISZKO W.G., ALEKSIUK M.M., MIELEJTIEVA W.B.: Metodyka ocienki kaczestwa awtomatizirovaniych sistiem issledovanija miechaniczeskich swoistw materialow i elementow konstrukcji. Problemy Procznosti 1978, Nr 2.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОИЗВОДИМЫХ  
НА СОВРЕМЕННЫХ МАШИНАХ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПРОЧНОСТИ

Резюме

В статье рассматриваются требования какие предъявляются к современным машинам для испытания прочности, которые одновременно составляют критерий оценки их качества. Приводятся некоторые основные критерии оценки современных машин для испытания прочности связанные с автоматизацией системы нагрузки и регулированием.

TRENDS IN SCIENTIFIC RESEARCH DONE WITH THE APPLICATION  
OF UPTODATE TESTING MACHINES

Summary

The Requirements towards the system of uptodate testing machines are at the same time criteria for their quality. The paper discusses some of the basic criteria for evaluating uptodate testing machines that refer to the automatization of duty and registration systems.