

## Rozwiązania dla badań wytrzymałościowych metali



# Spis treści

Producenci wyrobów metalowych, od drobnych przewodów drutowych po masywne elementy ze stali konstrukcyjnej, są stawiani przed licznymi wyzwaniami. Muszą nie tylko zapewnić deklarowaną wytrzymałość i znamionowe parametry jakościowe, ale także zgodność z wieloma normami międzynarodowymi (ASTM, EN, JIS, SAE).

Niniejsza broszura przedstawia szereg wyzwań dotyczących badań materiałowych, przed jakimi stoi przemysł metalowy oraz pokazuje, w jaki sposób są one spełniane dzięki systemom firmy Instron®.



**Trochę historii**  
Strony 4 - 5



**Blachy cienkie**  
Strony 6 - 9



**Blachy grube**  
Strony 10 - 13



**Pręty**  
Strony 14 - 17



**Pręty zbrojeniowe do  
żelbetu**  
Strony 18 - 19



**Elementy złączne**  
Strony 20 - 23





**Kable, przewody i druty**  
Strony 24 - 26



**Rury i przewody rurowe**  
Strony 27 - 30



**Spoiny**  
Strony 31 - 33



**Stal konstrukcyjna**  
Strony 34 - 35



**Łańcuchy**  
Strony 36



**Odlewy i odkuwki**  
Strony 37 - 38



**Asortyment produktów**  
Strony 39 - 41



**Akcesoria**  
Strony 42 - 43



**Skorowidz według norm**  
Strony 44 - 47

# Instron - dostawca kompleksowych systemów

Od chwili założenia w 1946 roku, firma Instron jest przodującym dostawcą wyposażenia do badań wszelkiego rodzaju materiałów i konstrukcji. Dzięki przełomowym rozwiązaniom w rodzaju sterowania w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego, czy w pełni cyfrowym systemom kontroli firma Instron wyznacza tempo w dziedzinie badań materiałowych.

Na przestrzeni lat z firmą INSTRON połączyli się inni przodujący dostawcy technologii badawczych, m.in.: firmy SATEC™, Wilson® Instruments, Wolpert® i Dynatup®. W wyniku tych działań firma Instron uzyskała dodatkową bogatą wiedzę i doświadczenie w dziedzinie badań metali.

Instron posiada obecnie oddziały w 17 krajach oraz sztab ponad 1200 profesjonalistów, działających na całym świecie. Rozwijając przodującą w branży technologię, firma Instron oferuje szeroki zakres usług kalibracji i weryfikacji, świadczonych przez rozległą sieć inżynierów serwisu.

Instron oferuje i rozwija rozwiązania w zakresie systemów, standardów i procedur pomiarowych, spełniając i przekraczając wymagania kluczowych norm, jak ISO 9001. Nasz sukces opiera się na zaspokajaniu potrzeb klientów, a nasze wewnętrzne normy jakościowe stanowią jego podstawę.



## SATEC

Początki firmy SATEC sięgają końca dziewiętnastego wieku, kiedy to firma uruchomiła swą pierwszą linię systemów o dużej zdolności obciążeniowej do badań metali - serię BTE. Systemy były produkowane pierwotnie z przeznaczeniem do testowania dużych odlewów metalowych na części do lokomotyw. Bogata ponad 100-letnia historia firmy była związana z dziedzina badań metali przy dużych obciążeniach.

W roku 1998 firma Instron wykupiła SATEC Systems, Inc. Obecnie pod marką SATEC oferowane są trzy serie uniwersalnych maszyny hydraulicznych do statycznych badań materiałów, modele: LX, DX i KN, wykorzystujące zaawansowane układy sterowania Instron. SATEC pozostaje nazwą firmową uniwersalnych maszyn do badań w warunkach wysokich obciążeń, wykorzystujących napęd hydrauliczny.





# w dziedzinie badań metali

## Wilson® Instruments i Wolpert™

Firma Wilson Instruments wprowadziła na rynek pierwszy twardościomierz Rockwell® ponad 80 lat temu. Od tego czasu firma opracowała szereg nowatorskich rozwiązań w tym legendarną linię mikrotwardościomierzy Tukon™ - standard branżowy w dziedzinie badań twardości według Knoopa i Vickersa. Firma Wilson wprowadzała również wiele akcesoriów i rozwiązań związanych z próbami twardości, takich jak węglanik diamentowy Brale®, klocki do testu Rockwella oraz przystawkę Equitron do próby Jominy.

W Europie produkty Wilson Instruments występowały pod marką Wolpert GmbH i podobnie jak w Stanach Zjednoczonych zapewniały pozycję lidera rynku w dziedzinie badań twardości.

W roku 1993 firma Instron® wykupiła Wilson Instruments oraz Wolpert GmbH. Zainwestowano znaczne środki w rozwój nowych produktów wykorzystujących technologię sterowania w pętli zamkniętej, chcąc dokonać przełomowych zmian w zakresie efektywności urządzeń do badania twardości. Rezultat tych wysiłków to seria urządzeń Rockwell 2000 i Tukon 2100 - twardościomierze o najwyższych parametrach, jakie są obecnie dostępne w tego typu urządzeniach.

Przejęcia kolejnych firm umożliwiły rozszerzenie i tak znacznego asortymentu systemów do badań materiałów firmy Instron z równoczesnych wejściem na globalny rynek urządzeń do pomiarów twardości metali i wyrobów metalowych. Obecnie, asortyment wyrobów Instron związanych z próbami twardości obejmuje twardościomierze Rockwella, Brinella, twardościomierze uniwersalne, mikrotwardościomierze, systemy analizy obrazowej, przenośne urządzenia do badań oraz szeroką gamę akcesoriów.



## Dynatup®

Produkty Dynatup do prób udarowościowych stały się laboratoryjnym i przemysłowym standardem w dziedzinie tego typu wyposażenia. Nazwa Dynatup jest synonimem prób udarowościowych w szerokiej gamie dziedzin, jak m.in.: przemysł samochodowy, lotniczy i kosmiczny, elektronika, medycyna, rynek konsumpcyjny i wyroby sportowe.

Firma Instron przejęła Dynatup w 1997 roku i przystąpiła do wprowadzenia urządzeń udarowościowych serii 8100 - kolumnowych systemów z opadającą belką pomiarową. Dzięki połączeniu sprawdzonych technologii firm Dynatup i Instron, seria 8100 jest uznanym standardem przemysłowym w dziedzinie badań metali z wykorzystaniem dużych energii. Model 8150 jest największym wyprodukowanym, standardowym systemem kolumnowym, który zapewnia energię udaru 28000 J (20500 ft-lbs).

Największym wyprodukowanym systemem Dynatup do badań metali był niestandardowy zespół z poprzeczną belką opadającą o masie 1800 kg (4000 lbs). Wysokość opadania: 3,96 metra (13 stóp), pozwoliła generować energię udaru powyżej 70500 J (52000 ft-lbs). Oprócz systemów kolumnowych Dynatup produkuje także bijaki z oprzyrządowaniem oraz zamocowania dla wahadłowych maszyn udarowościowych.



# Blachy cienkie

Cienkich blach metalowych używa się w wielu wyrobach i dziedzinach, od samochodów po sprzęt gospodarstwa domowego, transformatorach elektrycznych, opakowaniach żywności i budownictwie. Produkowane obecnie cienkie blachy metalowe są znacznie bardziej ulepszone w porównaniu z produkowanymi w przeszłości. Zapewniona jest lepsza kontrola właściwości mechanicznych, wykończenia powierzchni, dokładności wykonania oraz innych cech, które zaspokajają wzrastające potrzeby zastosowań o wysokim stopniu przetworzenia. Aby spełnić różnorodne wymagania użytkowników, blachy cienkie są projektowane pod względem metalurgicznym tak, aby zapewnić określone własności jak wysoka zdolność do odkształceń plastycznych, odpowiednia twardość, duża wytrzymałość oraz wysoka odporność na wgniecenia. Cienkie blachy metalowe są powszechnie dostępne w zakresie grubości od około 0,2 mm (0,008 in) do 6 mm (0,24 in).



## Rozciąganie

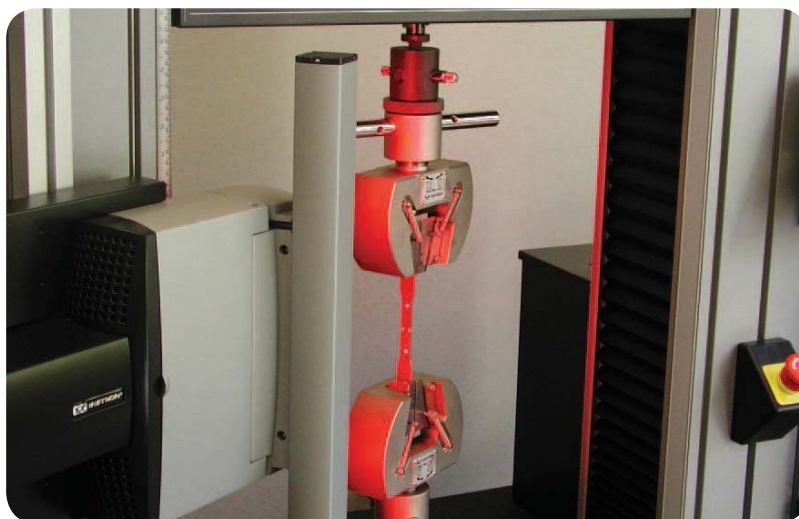
### Wyzwanie

Próby na rozciąganie wykonuje się w celu potwierdzenia górnej lub dolnej wartości granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie, wyznaczenia parametrów wydłużenia np. dla: granicy plastyczności, przy działaniu maksymalnej siły lub przy zerwaniu. Dodatkowo, cienkie blachy metalowe bada się na ściskanie, zazwyczaj w celu wyznaczenia współczynnika utwardzenia (wartość  $n$ ) i współczynnika anizotropii plastycznej (wartość  $r$ ) dla jednego lub w kilku obszarów krzywej rozciągania. Produkowanie blach cienkich wymaga wysokiej wydajności badań zapewniającej utrzymanie stałych parametrów wyrobu. Sprzęt używany do badań musi zapewniać zarówno łatwość użytkowania, jak i wysoki poziom powtarzalności procedur badawczych. Oprogramowanie wykorzystywane do sterowania badaniem musi utrzymywać precyzyjną kontrolę dla zapewnienia spójności testów oraz zawierać zaawansowane algorytmy służące do wyznaczania wyników badań na podstawie uzyskanych różnorodnych charakterystyk.

### Nasze rozwiązanie

Instron® oferuje pełną gamę maszyn ze sterowaniem w pętli zamkniętej i w pełni zautomatyzowanych systemów (robotów) do prób rozciągania blach cienkich. Urządzenia firmy Instron do badań materiałów obejmują szeroki zakres realizowanych obciążeń, od urządzeń stołowych o maksymalnej zdolności obciążeniowej 50 kN (11200 lbf) po urządzenia wolnostojące o obciążeniach od 50 kN (11200 lbf) do 3000 kN (600000 lbf). Zdolność wszystkich systemów do wykonywania bardzo dokładnych pomiarów sił w szerokim zakresie pomiarowym oznacza, że można przeprowadzać badania całej gamy produktów bez potrzeby zmiany głowicy pomiaru siły.

Dostępne są półautomatyczne i automatyczne urządzenia do pomiaru wymiarów próbek i automatycznego przekazywania tych danych do oprogramowania. Zautomatyzowane urządzenia obniżają zmienność technik pomiarowych wymaganych od operatorów, zapewniając wzrost niezawodności i powtarzalności uzyskanych wyników.



▲ Bezdotkowy zaawansowany ekstensometr wideo (AVE) wykonuje pomiary odkształcenia wzdłużnego oraz poprzecznego próbki blachy cienkiej.



Instron® oferuje również kilka rozwiązań uchwytów, od prostych, lecz skutecznych ręcznych uchwytów klinowych, po całkowicie automatyczne, pneumatyczne/hydrauliczne uchwyty klinowe lub hydrauliczne uchwyty o działaniu bocznym. Sterowniki serii 5500 i 5800 firmy Instron są wyposażone w funkcję ochrony próbki (Specimen Protect) o dużych możliwościach - idealną w przypadku próbek, które mogą łatwo ulec uszkodzeniu podczas chwytania. Specimen Protect monitoruje siłę działającą na próbkę w czasie zamocowania i steruje urządzeniem w taki sposób, aby na próbce nie została przyłożona nadmierna siła.

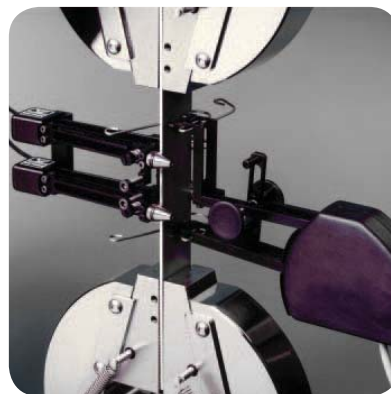
Instron oferuje cały asortyment ekstensometrów, od prostych urządzeń zaciskowych - o długościach pomiarowych 10 mm do 200 mm (0,39 in do 7,87 in), po automatyczne ekstensometry kontaktowe i bezdotykowe ekstensometry wideo. Dostępne są urządzenia umożliwiające pomiar zarówno odkształceń wzdłużnych, jak i poprzecznych.

Producenci wyrobów metalowych uzyskują zgodność z normami ASTM, EN, ISO i JIS oraz najwyższą możliwą wydajność pomiarów dzięki oprogramowaniu firmy Instron, które zawiera algorytmy sterowania inteligentnego i zaawansowane algorytmy umożliwiające wyznaczanie właściwych wyników pomiarów.

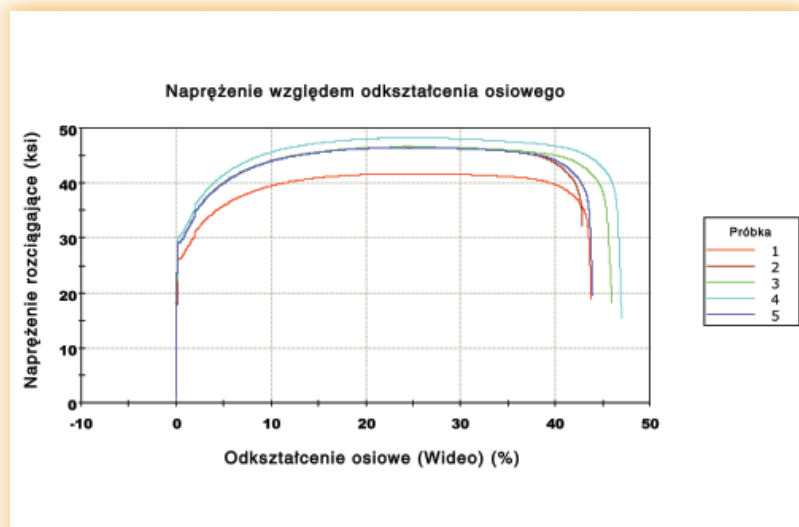
W przypadku wykonywania seryjnych badań próbek blach cienkich, systemy automatyki TestMaster™ firmy Instron oferują rozwiązanie opłacalne cenowo, efektywne, bardzo dokładne i zapewniające powtarzalność. Te w pełni zintegrowane systemy realizują zadania identyfikacji próbek, pomiaru wymiarów, operowania próbkami, próby rozciągania, gromadzenia danych oraz prezentacji wyników. Systemy TestMaster mogą pracować w trybie bezobsługowym i mogą wykonywać także inne pomiary, takie jak pomiar twardości i chropowatości powierzchni.



▲ W celu wyeliminowania możliwości wystąpienia nadmiernych sił rozciągających lub ściskających podczas wstępnego zaciskania uchwytu można uaktywnić funkcję Specimen Protect, aby uniknąć uszkodzenia cienkiej lub delikatnej próbki.



▲ W uchwycie klinowym model 2716 firmy Instron 2630 jest zamocowana próbka, natomiast ekstensometr wzdłużny 2630 i poprzeczny 2640 mierzy odkształcenie w celu obliczenia wartości  $r$ .



▲ Typowa krzywa rozciągania uzyskana przy użyciu zaawansowanego ekstensometru wideo (AVE).



▲ System automatyki TestMaster firmy Instron.

## Blachy cienkie

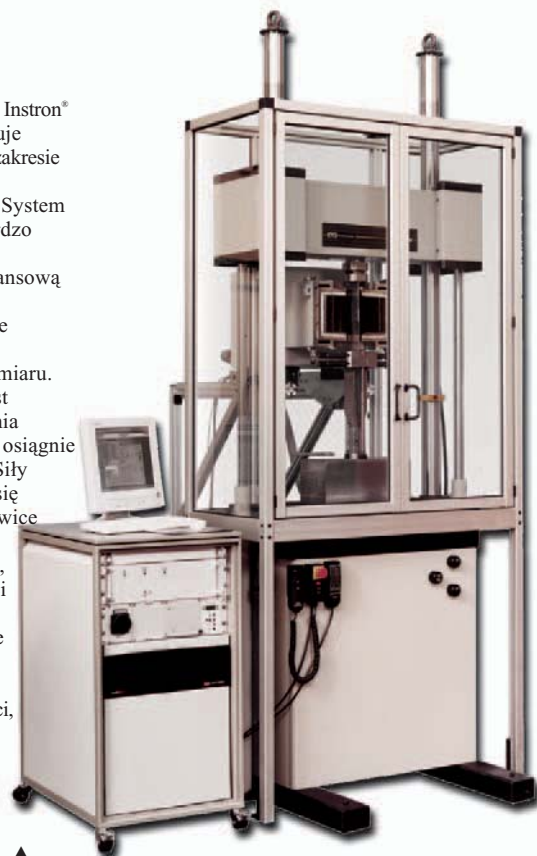
# Badania udarowościowe/ z wysoką szybkością odkształcania

### Wyzwanie

Możliwość kolizji jest uwzględniana w konstrukcji każdego współczesnego samochodu. Materiały konstrukcyjne ulegają bardzo dużym odkształceniom w warunkach zderzenia. Wiele właściwości materiałów, w tym właściwości stali oraz aluminium, które są stosowane w konstrukcjach nadwozi samochodowych, są zależne od szybkości odkształceń. W rezultacie, quasi-statyczne dane zależności naprężenie-odkształcenie mogą nie zapewniać wystarczająco precyzyjnej prognozy zachowania się materiału w warunkach dużych odkształceń. Wykorzystywanie takich danych do analizy i projektowania konstrukcji o obciążeniach dynamicznych może prowadzić do przewymiarowania z powodu ostrożności lub do przedwczesnych uszkodzeń elementów konstrukcyjnych.

### Nasze rozwiązanie

Serwohydrauliczny system VHS firmy Instron® o wysokiej szybkości działania oferuje badaczom metali duże możliwości w zakresie badań udarowościowych i pomiarów z wysoką szybkością odkształcania. System zawiera siłownik hydrauliczny o bardzo dużej szybkości działania, do 25 m (81 stóp) na sekundę, oraz bezrezonansową ramę wyposażoną w zaawansowany system sterowania i oprogramowanie kształtujące dla zapewnienia stałej szybkości odkształcania podczas pomiaru. Opatentowany uchwyt "Fastjaw" jest wykorzystywany tylko do uchwycenia próbki w momencie, kiedy siłownik osiągnie prawidłową szybkość dla pomiaru. Siły występujące podczas próby mierzy się wykorzystując piezoelektryczne głowice pomiarowe siły o wysokiej sztywności oraz szybki system zbierania danych, który rejestruje całą krzywą zależności naprężenia względem odkształcenia z częstotliwością do 5 MHz. Funkcje te umożliwiają badaczom metali dokonywanie oceny badanych materiałów na poziomie szczególności, jaka nie była możliwa nigdy dotąd.



▲ System VHS o wysokiej szybkości działania 20 m/s, i obciążeniu do 50 kN.

## Plastyczność

### Wyzwanie

Standardowa metoda pomiaru plastyczności blach polega na dwuosiowym rozciąganiu zamocowanej próbki testowej podczas symulacji operacji głębokiego tłoczenia. Wykonanie testu wymaga wtłoczenia standardowego stalowego stempla kulowego w zamocowany kawałek blachy aż do momentu pęknięcia czasy utworzonej z metalowej próbki.

### Nasze rozwiązanie

Firma Instron oferuje przystawkę ze stemplem kulowym, która spełnia wymagania międzynarodowych norm dotyczących plastyczności: ISO 8490 i ASTM E 643. Przystawkę można wykorzystywać do badania blach ze stali, miedzi i blach stopowych o grubościach od 0,2 mm (0,008 in) do 2 mm (0,08 in). Przystawka zawiera dolny zespół obsady tłoczniaka do zaciskania blachy pomiędzy częściami tłoczniaka oraz górny zespół trzpienia stempla kulowego. Przystawkę można stosować w różnych systemach firmy Instron, gdzie wykorzystuje się standardowe adaptery typu trzpienia z przetyczką. Tuleja montażowa zapewnia prawidłowe ustawienie osiowe.



▲ Przystawka do prób Erichsena.



## Twardość

### Wyzwanie

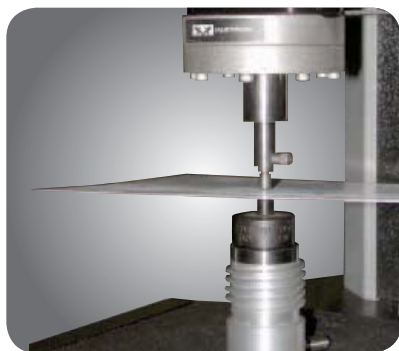
W procesie walcowania, często wymaga się wykonania prób twardości w różnych punktach dużych odcinków blach. Ze względu na niewielką grubość blach tego typu pomiary wykonuje się zazwyczaj stosując powierzchniowe twardościomierze Rockwell® o niewielkich obciążeniach (HR15N HR15T).

Wykonywaniu badań bardzo cienkich blach, na przykład blach przeznaczonych na puszki, przy użyciu twardościomierzy Rockwell, mogą towarzyszyć szczególne problemy, ponieważ grubość blachy często może być mniejsza od wartości minimalnych, jakich wymagają normy ASTM. W takich przypadkach konieczne jest stosowanie specjalnego kowadełka i mniejszej szybkości przykładania siły, aby zapewnić systemowi do prób twardości możliwość zapewnienia powtarzalności wyników, co jest bardzo ważne dla zachowania jakości.

### Nasze rozwiązanie

W wielu zastosowaniach wycina się z rolki blachy małą próbkę i przeprowadza testy na stołowym urządzeniu do prób, umieszczonym w pobliżu linii produkcyjnej. Stosuje się także przenośne przyrządy do badań, używane do testowania blach znajdujących się jeszcze na linii walcowniczej. Firma Instron® oferuje różne przenośne i mobilne twardościomierze, które mogą zaspokoić takie wymagania.

Przenośne twardościomierze firmy Instron z ramą w kształcie litery C są zaopatrzone w mechanizm zaciskający, który przytrzymuje twardościomierz na próbce roboczej oraz w kalibrowany mechanizm sprężynowy z wstępnym obciążeniem, służący do przykładania mniejszych lub większych obciążeń. W miejscach o ograniczonej przestrzeni, do wykonywania prób blach zmagazynowanych idealnie nadaje się Wilson® Instruments model M-51.



▲ Urządzenie Wilson Rockwell serii 2000 podczas wykonywania próby twardości blachy.

Próby twardości blach na stole warsztatowym najlepiej jest przeprowadzać przy użyciu systemu z pętlą zamkniętą, aby można było stosować niższe obciążenia oraz mniejsze prędkości. Użytkownik może ustawiać szybkość przykładania siły testującej oraz czas przerw. Wykonywanie prób w układzie pętli zamkniętej jest techniką rewolucyjną w której do przykładania i regulowania obciążenia wykorzystuje się układ sterowania z silnikiem/ enkoderem oraz głowicę pomiarową siły lub przetwornik siły. Urządzenie Wilson Instruments serii Rockwell 2000 to system ze sterowaniem w pętli zamkniętej z głowicą pomiarową siły oraz enkoderem optycznym o wysokiej rozdzielczości, który w sposób ciągły monitoruje (z częstotliwością 500 Hz) i dokonuje regulacji przykładanej siły w celu zapewnienia bardzo dokładnych i powtarzalnych rezultatów. Dzięki zintegrowaniu techniki pętli zamkniętej, twardościomierze Wilson Instruments są w stanie precyzyjnie kontrolować niższe obciążenia i mniejsze szybkości, które są wymagane podczas wykonywania prób blach.

Jako podparcia dla cienkich, miękkich blach zaleca się stosowanie kowadełka z wkładką diamentową, które jest elementem wyposażenia pomocniczego twardościomierzy Wilson Rockwell 2000 series. Środek kowadełka to płaska, wyszlifowana powierzchnia diamentu. W miarę odkształcania się próbki pod działaniem obciążenia testowego, twarda, gładka powierzchnia diamentu kontroluje zjawisko tarcia pomiędzy kowadełkiem i cienką blachą, co umożliwi użytkownikowi uzyskiwanie powtarzalnych i porównywalnych wyników prób.

## Pętlanie i destrukcja materiału pod wpływem naprężenia

Producenci blach oraz firmy produkujące wyroby końcowe muszą określać zachowanie swych produktów w warunkach działania stałych obciążeń zarówno w temperaturach otoczenia jak i w temperaturach podwyższonych. Są to zazwyczaj próby długo-okresowe zgodne z normami ASTM E 139 i ASTM E 292. Przejdź na stronę 41, aby uzyskać więcej informacji o rozwiązaniach urządzeń firmy Instron do prób pętlania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia.

### Zmęczenie

Producenci blach oraz firmy produkujące wyroby końcowe muszą często określać zachowanie swych produktów w warunkach obciążenia podczas pracy, wysoko i niskocyklowego zmęczenia, występowania pęknięć, dużej szybkości odkształcania czy zmęczenia termomechanicznego. Próby te wykonuje się zazwyczaj zgodnie z normą ASTM E 647 dla propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 dla odporności na kruche pęknięcie. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron dotyczących testów zmęczeniowych.



▲ Piec o temperaturze +1000 °C (+1832 °F) z ciągłymi o wstępnym obciążeniu hydraulicznym dla prób niskocyklowego zmęczenia (LCF) materiałów przeznaczonych dla przemysłu lotniczego i kosmicznego.

# Blachy grube

Grubych blach stalowych używa się w różnych zastosowaniach, w tym między innymi w budowie okrętów, budownictwie, przy produkcji rurociągów spawanych o dużych średnicach oraz przy budowie kotłów. Typowe blachy grube to produkty o grubości zmieniającej się od 10 mm (0,4 in) do 200 mm (8 in).

Blachy są często identyfikowane przy użyciu takiej klasyfikacji, jak A36, 1045 lub 4140. Ta klasyfikacja identyfikuje skład materiału blachy (zawartość węgla, składniki stopowe itp.), potwierdza, że jej granica plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie są wyższe od predefiniowanych wartości, że wartości przewężenia i wydłużenia mieszczą się w granicach tolerancji oraz że blacha posiada minimalną twardość.

Zapewnienie, że wyroby z blachy grubej będą zachowywać się zgodnie z opublikowanymi klasyfikacjami posiada pierwszorzędne znaczenie dla projektowania bezpiecznych i niezawodnych produktów.



## Rozciąganie

### Wyzwanie

Przeprowadzenie badań grubej blachy stalowej pozwala potwierdzić takie właściwości dotyczące wytrzymałości na rozciąganie jak granica plastyczności, umowna granica plastyczności, przewężenie oraz wydłużenie. Od systemów do prób wymaga się zapewnienia dokładnych i spójnych wyników, przy czym równocześnie one muszą być wytrzymałe i trwałe. Na działanie urządzenia i jego uchwytów nie może mieć wpływu zanieczyszczenie zgorzeliną tlenkową pochodzącą z powierzchni próbek blach walcowanych na gorąco. Stanowiska pomiarowe próbek i uchwyty muszą działać niezawodnie podczas operowania odkształconymi próbkami (skręconymi lub zgiętymi). Oprogramowanie używane do sterowania wykonywaniem prób musi zawierać zaawansowane algorytmy do wyznaczania wyników prób na podstawie bardzo różnorodnych krzywych rozciągania.

### Nasze rozwiązanie

Instron® oferuje asortyment maszyn ze sterowaniem w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego i w pełni zautomatyzowanych systemów (robotów) do prób rozciągania. Uniwersalne maszyny do badań materiałów firmy Instron o wysokiej wydajności oferują wystarczającą zdolność obciążeniową do wykonywania badań grubych blach stalowych. Są wśród nich modele o zakresach obciążeń od 150 kN (33750 lbf) do 3500 kN (800000 lbf).

Dostępne są półautomatyczne i automatyczne urządzenia do pomiaru wymiarów próbek i automatycznego przekazywania tych danych do oprogramowania. Te zautomatyzowane urządzenia obniżają zmienność technik pomiarowych stosowanych przez operatorów i zapewniają zwiększenie niezawodności i powtarzalności wyników pomiarów.

Firma Instron oferuje również kilka rozwiązań uchwytów, od prostych, lecz skutecznych ręcznych uchwytów klinowych, po całkowicie automatyczne, pneumatyczne/hydrauliczne uchwyty klinowe lub hydrauliczne uchwyty o działaniu bocznym. Maszyny firmy Instron serii 5590 HVL i DX posiadają uchwyty wbudowane w poprzeczną belkę pomiarową - ekonomiczne rozwiązanie, które również zwiększa dostępną przestrzeń roboczą.



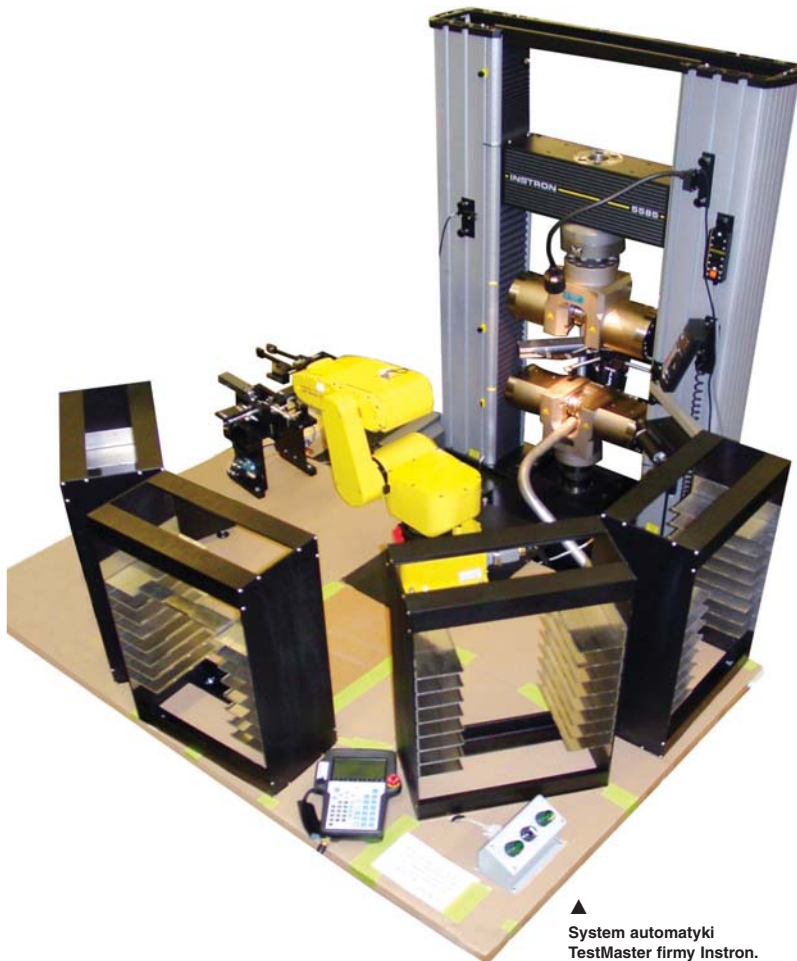
▲ Model 600DX serii SATEC™ z wbudowanym w poprzeczną belkę pomiarową uchwytem klinowym do wykonywania badań próbek blach grubych przy obciążeniach do 600 kN (135000 lbf).



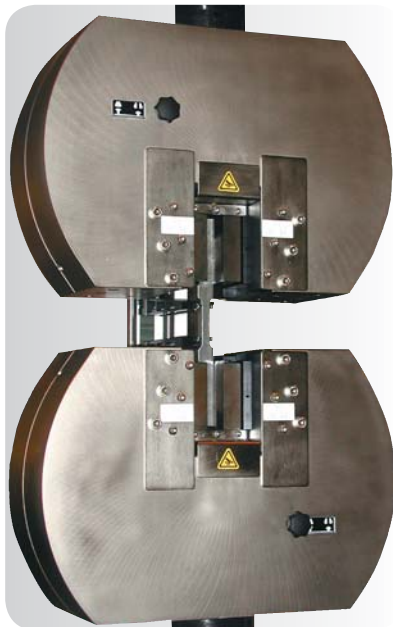
Dostępny jest wybór ekstensometrów, od ręcznie montowanych urządzeń zaciskanych na próbce po automatyczne ekstensometry kontaktowe i bezdotykowe ekstensometry wideo.

Oprogramowanie firmy Instron® do badań metali posiada zarówno duże możliwości, jak i jest łatwe w użytkowaniu. Zaawansowane funkcje sterowania, a także automatyczne przełączanie szybkości testu i trybu sterowania zapewniają zgodność z normami ASTM, EN, ISO i JIS dotyczącymi prób rozciągania z równoczesnym maksymalizowaniem wydajności.

W przypadku wykonywania badań bardzo licznych próbek blach grubych, systemy automatyki TestMaster™ firmy Instron oferują rozwiązanie opłacalne cenowo, efektywne, bardzo dokładne i zapewniające powtarzalność. Systemy TestMaster zawierają funkcje identyfikacji próbek, pomiaru rozmiarów, wykonywania prób rozciągania, zbierania danych i prezentacji wyników. W systemach do prób grubych blach metalowych jest stosowany wytrzymały, wieloosiowy robot przemysłowy wraz ze stanowiskiem pomiaru wymiarów, przystosowanym specjalnie do mierzenia próbek, które mogą być skrócone lub wygięte. Można dołączyć także wykonywanie takich pomiarów, jak twardość i chropowatość powierzchni.



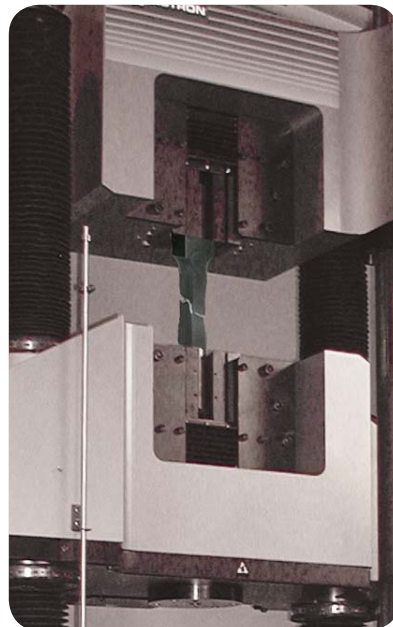
▲ System automatyki TestMaster firmy Instron.



▲ Automatyczne uchwyty klinowe o zdolności obciążeniowej 600 kN (135 lbf) w pewny sposób chwytają próbkę blachy.



▲ Ekstensometr M300 wykonuje pomiar odkształcenia próbki oraz automatycznie zamocowuje się i zwalnia.



▲ Model 1500 HDX serii SATEC™ z systemem otwartych uchwytów klinowych dla zapewnienia łatwego mocowania dużych i ciężkich próbek blach grubych.

## Blachy grube

## Twardość

## Wyzwanie

Wykonanie prób twardości blach grubych wykonanych ze stali i z innych materiałów nastęcza trudności, głównie z powodu dużych rozmiarów próbek. Walcownie blach grubych są zwykle projektowane w taki sposób, aby można było wytwarzać duże arkusze, które mogłyby być użyte do produkcji cystern, okrętów i innych dużych obiektów. Walczarki zazwyczaj zaczynają od dużych bloków i rozwałcowują je aż do uzyskania względnie cienkich płyt. Stopień zmniejszenia grubości oraz temperatura w każdym przejściu przez walce mają wpływ na ostateczne właściwości metalu. Dlatego też często konieczne są pomiary twardości w miarę walcowania blachy.

Często stosowana technika polega na odcinaniu próbek z gorącej płyty w żądanych odstępach wzdłuż długości. Próbki te są zwykle badane twardościomierzami Brinella lub twardościomierzami Rockwell®, jeżeli materiał jest drobnziarnisty. W przypadku niektórych próbek konieczne może być przygotowanie powierzchni. Proces przetwarzania próbek, chociaż efektywny, jest czasochłonny i kosztowny.

## Badania udarowościowe / z wysoką szybkością odkształcania

## Wyzwanie

Wykonywanie testów udarowych próbek wycinanych z grubych blach stalowych ma potwierdzić że granica plastyczności jest wyższa od predefiniowanej wartości, co umożliwia identyfikację blachy za pomocą stosownej klasyfikacji ASTM/ANSI. Dzięki wykonaniu prób można także określić, jak materiały reagują na zmiany ich składu zachodzące wskutek takich wtórnych procesów, jak spawanie lub zmiany temperatury. Szczególnie interesujące jest przejście od stanu plastycznego do kruchego, które zachodzi, gdy metale są narażane na działanie niskich temperatur. Na przykład, jak zachowa się stal użyta do budowy okrętu podwodnego w przypadku skrajnych zmian temperatury, jakie mogą występować podczas jego eksploatacji?

## Nasze rozwiązanie

Najbardziej efektywna metoda polega na wykonywaniu prób blach, kiedy znajdują się jeszcze w toku procesu walcowania, bez wycinania próbek. W tym celu wyposażenie do prób musi posiadać odpowiedni zasięg dla uzyskaniu dostępu do różnych miejsc na szerokości arkusza. Ponieważ arkusze są zwykle dość szerokie, urządzenie do prób musi mieć możliwość przemieszczania się nad górną powierzchnią blachy do żądanych położeń. Standardowy model AP twardościomierza Brinella firmy Wilson® Instruments posiada wyjątkowo głęboki wysięg równy 600 mm (24 in), co pozwala wykonywać próby na dużej części większości arkuszy blach grubych.

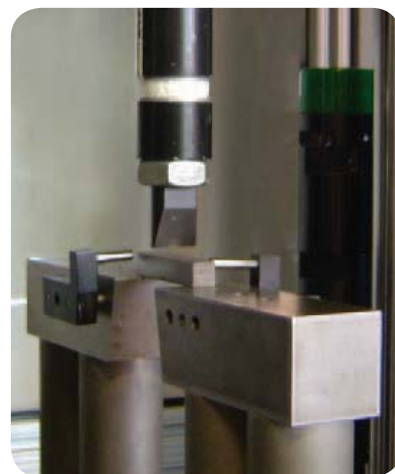
Klienci często wymagają przeniesienia punktu pomiarowego, aby wykonywać próby twardości w dowolnych miejscach na powierzchni blachy grubej. Czynnikiem utrudniającym jest zgorzelina na powierzchni tworząca się wskutek ogrzewania i chłodzenia blachy podczas jej przemieszczania się w procesie walcowania. Odpowiedzią na te trudności są twardościomierze Brinella z bezpośrednim wskazaniem cyfrowym, opracowane i wyprodukowane przez firmę Wilson, które można przemieszczać w różne miejsca na przesuwaczu walcarki. Te automatyczne i półautomatyczne zespoły mogą być dostarczane wraz z przystawką szlifującą służącą do przygotowania powierzchni do badań. Takie wyposażenie umożliwia użytkownikom wykonywanie prób szerokiej gamy produktów bardzo szybko i taniej niż w przypadku przetwarzania wyciętych próbek.



▲ Twardościomierz Brinella produkcji Wilson Instruments z bezpośrednim odczytem.

## Nasze rozwiązanie

Ponieważ grube blachy stalowe są zwykle bardzo duże, z przekroju blachy wycina się próbki z karbem do testu udarowościowego Charpy'ego i wykonuje próby zgodnie z normami w celu ustalenia ich granicy plastyczności. Wykonanie takich pomiarów aż do całkowitego zniszczenia próbki może wymagać dużych energii udaru. Firma Instron® oferuje tradycyjne systemy wahadłowe, urządzenia do przeprowadzania prób udarowościowych serii 300 J, zdolne uzyskiwać energię udaru 300 J. Wyższe energie udaru do 28000 J można uzyskać stosując systemy z ciężarkiem opadowym do prób udarowościowych Dynatup® serii 8100.



▲ Przystawka Dynatup do próby udarowościowej Charpy'ego według ASTM E 23.



## Zginanie / Giętkość

### Wyzwanie

Do oceny plastyczności materiałów blach grubych wykorzystuje się próbę głębokiego zginania z prowadzeniem. Zależnie od stosowanej ramy, siła gnąca jest przykładana do ruchomego trzpienia w wyniku podnoszenia podstawy wraz ze stołem albo wskutek obniżania poprzecznej belki pomiarowej. Ruchomy trzpień powoduje wygięcie o 180° próbki opierającej się na rolkach podstawy. Średnica końcówki trzpienia wymagana dla przeprowadzenia testu zależy od grubości blachy. Pożądana jest możliwość zamocowania przystawki w maszynie do badań, aby uniknąć przesuwania podczas wykonywania próby.

### Nasze rozwiązanie

Firma Instron® dostarcza przystawki do prób zginania z prowadzeniem służące do oceny plastyczności próbek blach grubych. Te przystawki do prób zginania są zgodne z uniwersalnymi maszynami firmy Instron do badań materiałów. W przystawkach stosuje się ruchome trzpień lub obciążające pręty ściskane o stałej średnicy końcówki, przeznaczone do wykonywania badań próbek o określonej grubości. Trzpień przymocowuje się do nastawnej poprzecznej belki pomiarowej wykorzystując płytę oporową uchwyty lub gwintowany element pośredniczący.

Podstawa przystawki jest zaopatrzona w śrubę ustalającą, umieszczoną na środku, tak aby można było zamocować przystawkę na stole oporowym w celu zapobieżenia wysuwania się z ustalonego położenia podczas wykonywania testu. Śruba ustalająca pozwala także zachować ustawienie osiowe trzpienia względem podstawy, tak aby siła była przykładana na środku próbki.



▲ Próba zginania próbki blachy grubej z prowadzeniem.

Utwardzane rolki zachowują stałe położenia w podstawie lecz posiadają swobodę obracania się, co umożliwia przesuwanie się próbki w miarę przemieszczania się trzpienia pomiędzy rolkami. Zwykle głębokość podstawy zapewnia pełne wygięcie próbki pod kątem 180°.

## Pełzanie i destrukcja materiału pod wpływem długotrwałego naprężenia

Producenci blach grubych oraz firmy produkujące wyroby końcowe muszą sporadycznie określać zachowanie swych produktów w warunkach działania stałych obciążeń zarówno w temperaturach otoczenia, jak i w temperaturach podwyższonych. Takie próby zazwyczaj wykonuje się jako długookresowe zgodnie z normami ASTM E 139 i ASTM E 292. Przejdź na stronę 41, aby uzyskać więcej informacji o rozwiązaniach urządzeń firmy Instron do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem długotrwałego naprężenia.

### Zmęczenie

Producenci blach grubych oraz producenci wyrobów końcowych często muszą określać zachowanie swych produktów po poddaniu działaniu takich czynników, jak obciążenia podczas pracy, wysokocyklowe i niskocyklowe zmęczenie, mechanika pękania, duże szybkości odkształcania oraz zmęczenie termomechaniczne. Próbę tę wykonuje się zazwyczaj zgodnie z normą ASTM E 647 dla propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 dla odporności na kruche pęknięcie. Przejdź na stronę 41, aby uzyskać więcej informacji o rozwiązaniach urządzeń firmy Instron do prób zmęczeniowych. Utwardzane rolki są utrzymywane w stałych położeniach z zachowaniem swobody obracania się, co umożliwia przesuwanie się próbki w miarę przemieszczania się trzpienia pomiędzy rolkami. Zwykle głębokość podstawy zapewnia pełne wygięcie próbki pod kątem 180°.



▲ System do prób zmęczeniowych płaskich płyt o zdolności obciążeniowej 1MN (22500 kip).

# Pręty

Metal uformowany w postaci okrągłych lub prostokątnych prętów jest następnie przekształcany na różne produkty w wyniku przejścia przez odpowiednie procesy produkcyjne. Pręty często podlegają obróbce skrawaniem i są przekształcane do innej postaci, aby spełnić wymagania przemysłu i dostosować do zastosowań końcowego produktu. Natura zastosowania końcowego produktu - od części mostu po kolumny kierownicze - wymaga wysokiej wytrzymałości i elastyczności części metalowej, która zgina się pod działaniem obciążenia, lecz nie pęka. Takie właściwości mechaniczne, jak wytrzymałość, plastyczność, twardość i wytrzymałość zmęczeniowa są ważnymi parametrami oceny prętów oraz ich przydatności do określonego zastosowania.



## Rozciąganie

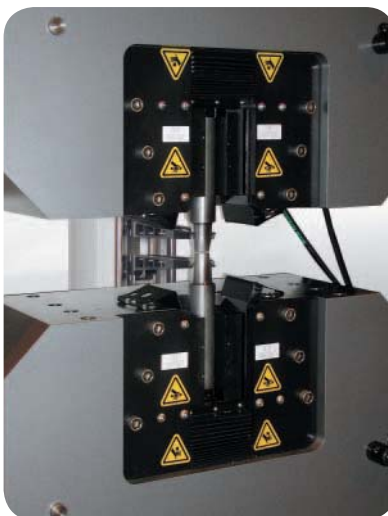
### Wyzwanie

Próby rozciągania stanowią względnie łatwy i tani sposób opracowania lub oceny właściwości mechanicznych i dostarczają podstawowych informacji dotyczących reakcji metali i stopów na obciążenie mechaniczne. W niektórych przypadkach producenci mogą przeprowadzać badania próbek bardzo podobnych do produktu końcowego. W innych sytuacjach próbkę należy wyciąć lub pobrać z oryginalnego materiału. Oba rodzaje przeprowadzania prób są wartościowe, jeśli chodzi o porównywanie materiałów, kontrolę jakości oraz prace nad nowymi stopami. W przypadku przeprowadzania prób rozciągania próbek prętów występuje szereg czynników, jakie należy przemyśleć, w tym sztywność ramy, zastosowanie prawidłowych uchwytów, ustawienie próbek w osi, pomiary ekstensometryczne, sterowanie maszyną do prób, zbieranie danych oraz tworzenie raportów wyników. Podczas przeprowadzania testów grubych prętów przeznaczonych do obróbki, które są poddawane skrajnym obciążeniom mechanicznym, szczególne znaczenie ma sztywność ramy oraz dobór uchwytów.

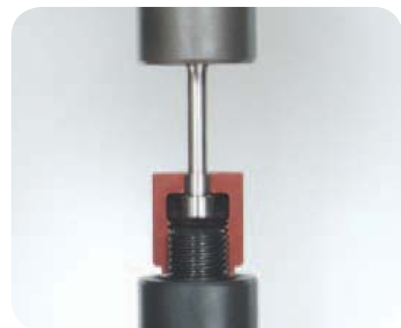
### Nasze rozwiązanie

Aby sprostać temu wyzwaniu, firma Instron® oferuje ramy odporne na działanie dużych sił, przeznaczone do prób zrywania próbek przy obciążeniach do 3500 kN (800000 lbf), w których można testować próbki prętów o średnicach do 120 mm (4,75 in) oraz próbki płaskie o grubości do 150 mm (6 in). Dla większych próbek lub unikalnych warunków przeprowadzania testów, firma Instron zaprojektowała systemy do prób rozciągania o zdolnościach obciążeniowych do 10 MN (2000000 lbf).

Aby sprostać wyzwaniom związanym z doбором uchwytów do prób wytrzymałościowych prętów, firma Instron oferuje bogaty wybór uchwytów wbudowanych w poprzeczną belkę pomiarową, mechanicznych, pneumatycznych i hydraulicznych uchwytów szczękowych-klinowych z szeroką gamą wkładek płaskich, z rowkami klinowymi lub ze specjalnymi pokryciami. Większość uchwytów o działaniu klinowym posiada otwartą konstrukcję części przedniej, co ułatwia mocowanie dużych próbek. Te uchwyty, specjalnie przystosowane dla środowisk przemysłowych, gdzie może występować pył i metalowe wióry, są zaopatrzone w ochronne osłony przeciwpylowe zakładane w łatwy sposób, które osłaniają przemieszczające się powierzchnie. Ponadto, firma Instron oferuje obsady próbek ze zgrubieniem i z gwintem do testowania próbek obrabianych skrawaniem. Obsady próbek z zakończeniem walcowym, o konstrukcji zawierającej dzieloną tuleję, przyspieszają przeprowadzanie prób w procesie produkcji.



▲ Hydrauliczne uchwyty o działaniu klinowym na obciążenia 1500 kN (337500 lbf) oraz ekstensometr automatyczny M300 do badań próbek prętów pod dużymi obciążeniami.



▲ Model 300DX z obsadami dla próbek z zakończeniem walcowym do testowania próbek obrabianych skrawaniem.



## Twardość

### Wyzwanie

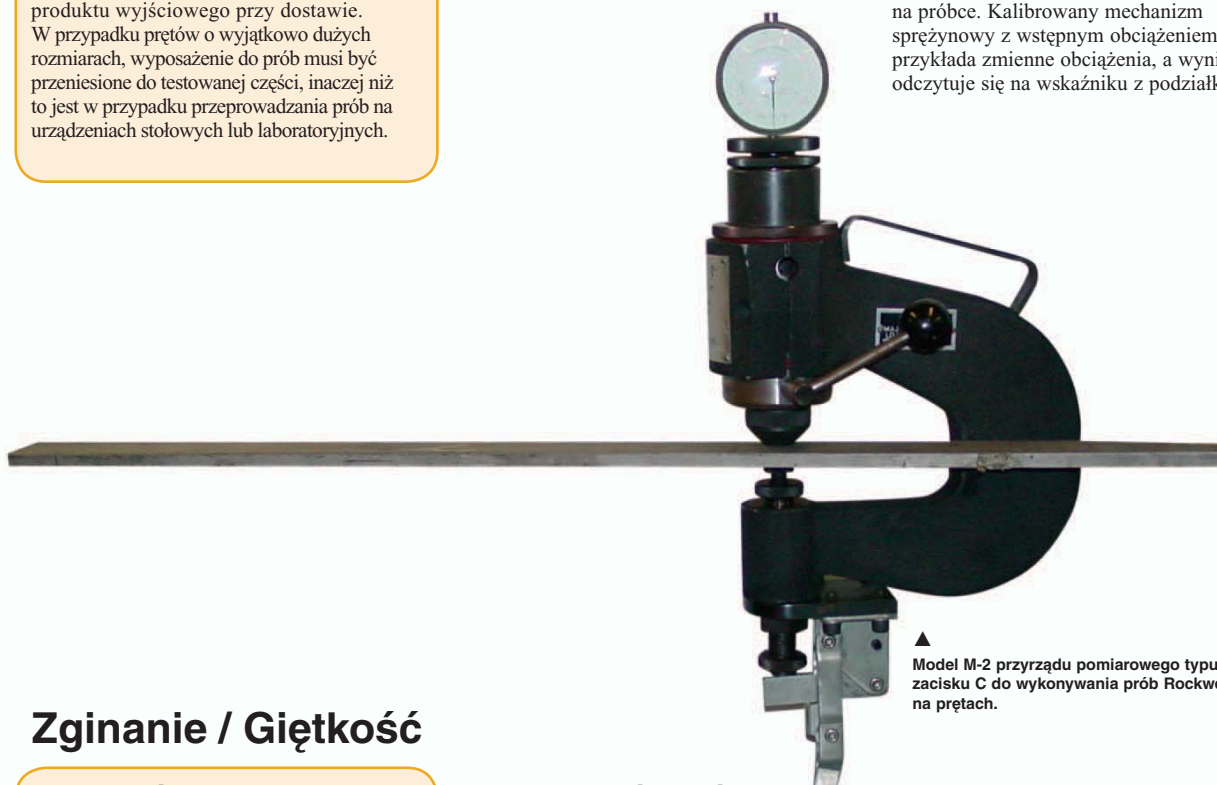
Najczęściej wykonywaną próbą twardości prętów jest test Rockwella\*. Przeprowadzanie prób bardzo długich lub ciężkich próbek prętów na urządzeniach stołowych wymaga stosowania specjalnej przystawki do podpierania próbek podczas wykonywania testów. Inną próbą twardości, często przeprowadzaną na mniejszych, okrągłych prętach jest próba Jominy'ego, wykorzystywana do określania hartowności stali.

Przeprowadzanie próby twardości jest wymagane zazwyczaj jako część procesu kontroli surowego lub nieobrobionego produktu wyjściowego przy dostawie. W przypadku prętów o wyjątkowo dużych rozmiarach, wyposażenie do prób musi być przeniesione do testowanej części, inaczej niż to jest w przypadku przeprowadzania prób na urządzeniach stołowych lub laboratoryjnych.

### Nasze rozwiązanie

W przypadku wykonywania prób długich części za pomocą twardościomierza, najbardziej prawdopodobnym wyborem zapewniającym niezbędne podparcie jest przystawka Vari-Rest lub Jack-Rest. Przystawkę Equitron produkcji Wilson\* Instruments zaleca się w przypadku próby Jominy'ego. Przystawka Equitron podpira i zapewnia precyzyjne pozycjonowanie próbki dla wykonywania kolejnych prób twardości Rockwella w odstępach 1,6 mm (1/16 in).

Przenośne twardościomierze są idealnym rozwiązaniem w sytuacji, gdy rozmiar badanej próbki uniemożliwia przeniesienie próbki do przyrządu pomiarowego. Przenośne twardościomierze Wilson Instruments są lekkie, łatwe w użytkowaniu oraz zapewniają wysoką dokładność. Zostały opracowane różne modele zapewniające wygodny sposób wyznaczania twardości Rockwella w sytuacjach, gdy nie można ich uzyskać w próbach przeprowadzanych z użyciem urządzeń stołowych. Mechanizm zaciskowy utrzymuje przyrząd pomiarowy na próbce. Kalibrowany mechanizm sprężynowy z wstępnym obciążeniem przykłada zmienne obciążenia, a wynik odczytuje się na wskaźniku z podziałką.



▲ Model M-2 przyrządu pomiarowego typu zacisku C do wykonywania prób Rockwella na prętach.

## Zginanie / Giętkość

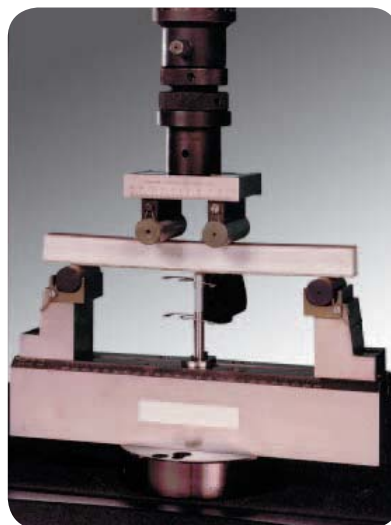
### Wyzwanie

Próby zginania dostarczają ważnych informacji o plastyczności i zwięzłości materiału. Zakres wymagań, od belek dwuteowych w konstrukcjach mostów po zwykle balustrady schodowe, narzuca potrzebę wykonywania prób zginania, aby potwierdzić przydatność materiału dla danego zadania. Duża różnorodność materiałów, próbek oraz zastosowań wraz z ciągłym rozwojem materiałoznawstwa stwarzają jeszcze większą potrzebę opracowywania specjalizowanych przystawek do testów.

### Nasze rozwiązanie

Przystawki do prób zginania firmy Instron\* są oferowane w szerokim wyborze konfiguracji przeznaczonych dla trzypunktowych lub czteropunktowych prób zginania próbek o różnych wielkościach z możliwością zginania okrągłych prętów stalowych w pełny łuk o kącie 180°. Rozpiętość dla danej średnicy jest wyznaczana w oparciu o średnicę próbki oraz średnicę sworznia gnącego zgodnie z różnymi specyfikacjami ASTM, w tym ASTM A 615, ASTM A 616 i ASTM A 617.

Przystawki do prób zginania firmy Instron zapewniają możliwość regulacji rozpiętości podparcia oraz wymiany końcówek trzpieni w celu dostosowania jednej przystawki do szerokiej gamy rozmiarów prętów.



▲ Czteropunktowa przystawka do prób zginania oraz deflektometr.

## Pręty

## Ścinanie

### Wyzwanie

W wielu zastosowaniach i konstrukcjach wyrobów wykorzystuje się pręty, które podlegają działaniu naprężeń ścinających. Są to rozmaite zastosowania, od prostych łączników typu sworzeń i strzemiączko po kołki ścinane, które działają jako mechaniczne bezpieczniki, chroniące kosztowny sprzęt. W takich przypadkach konieczne jest zrozumienie, jak będzie zachowywał się pręt w warunkach ścinania występującego podczas pracy.

### Nasze rozwiązanie

Firma Instron® oferuje przystawki do prób ścinania pojedynczego i podwójnego, które mogą sprostać tym wyzwaniom. W celu uzyskania pełnego objaśnienia działania tych przystawek do prób ścinania należy zapoznać się z rozdziałem Elementy złączenia stronie 22.



▲ Wykonywanie próby podwójnego ścinania próbki pręta.

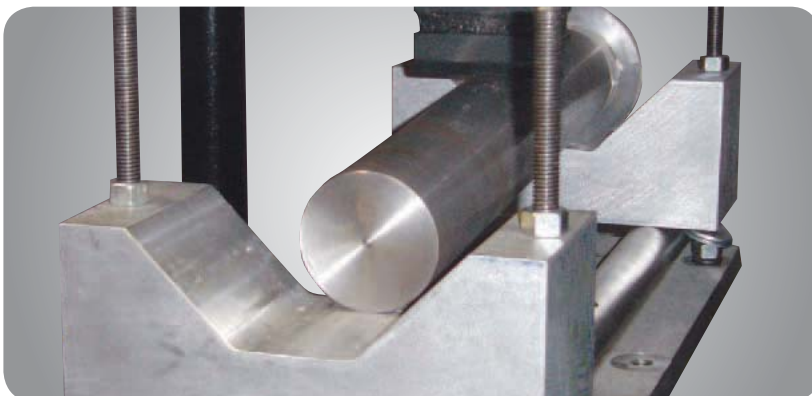
## Udar

### Wyzwanie

Od balustrad schodów po szyny pociągów szybkobieżnych, wiele wyrobów wykonanych z prętów jest narażonych na udary. Konieczne jest więc przeprowadzanie prób udarnościowych, aby zrozumieć, jak będą zachowywać się wyroby z prętów w warunkach rzeczywistego użytkowania. Próby udarnościowe są często wykorzystywane do określania takich właściwości materiałów, jak granica plastyczności. Wiedzę o tych właściwościach można wykorzystać do ujawnienia nieprzewidzianych zmian, jakie mogą nastąpić podczas procesu produkcyjnego.

### Nasze rozwiązanie

Firma Instron oferuje zarówno maszyny wahadłowe jak i kolumny opadowe do symulacji wielu rzeczywistych warunków, związanych z udarami, na jakie mogą być narażone wyroby z prętów. Maszyny wahadłowe Instron są przeznaczone do wykonywania prób udarnościowych Charpy'ego, natomiast w kolumnach opadowych Instron można wykonywać próby gotowych wyrobów. Firma Instron może także opracować bijaki o dowolnej geometrii do prób udarnościowych gotowych wyrobów w celu odtworzenia rzeczywistych sytuacji.



▲ Przystawka Dynatup® do podpierania rur i prętów.



## Skręcanie

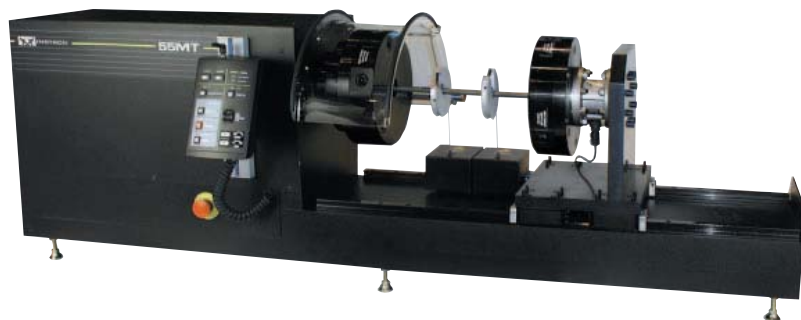
### Wyzwanie

Skręt lub próba na skręcanie może scharakteryzować takie właściwości materiałów, jak moduł sprężystości poprzecznej, końcowa wytrzymałość na ścinanie, umowna wytrzymałość na ścinanie oraz plastyczność. Aby wyznaczyć te właściwości, konieczny jest dokładny pomiar momentu obrotowego oraz kąta skrętu względem nieruchomego przyrządu pomiarowego. Chociaż pozornie prosta, próba skręcania może okazać się trudna, ponieważ często występują problemy z uchwyceniem pręta, a pomiar kąta skrętu stanowi wyzwanie. Próbkę często wymagają obróbki skrawaniem w taki sposób, aby zmniejszyć przekrój na środku i utworzyć dwa, trzy lub sześć spłaszczeń na mocowanych końcach.

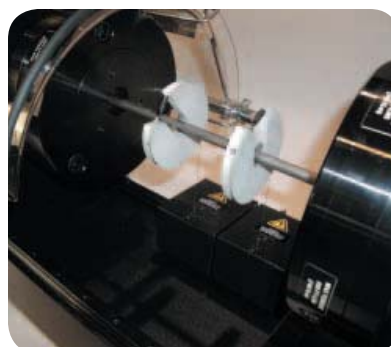
### Nasze rozwiązanie

Zachowanie prawidłowego osiowego ustawienia w osi próbki zamocowanej w uchwytach jest czynnikiem o krytycznym znaczeniu dla uzyskania dokładnych wyników prób. W przypadku próbek o zakończeniach okrągłych mogą wystąpić trudności z uchwyceniem bez występowania poślizgu podczas wykonywania prób. W odpowiedzi na tę potrzebę, firma Instron® oferuje uchwyty typu zacisków obrabiarkowych, w których można mocować próbkę o przekroju okrągłym, trójkątnym lub sześciokątnym o średnicach do 9,5 mm (0,375 in). Ponieważ nie występuje konieczność używania kluczy, próbki można szybko zamocowywać i zwalniać. Firma Instron oferuje także wkładki o pasowaniu zaciskowym, które zapobiegają deformowaniu próbek rur przez uchwyty.

Aby zapewnić dokładność pomiaru momentu obrotowego i kąta w przypadku sztywnych próbek, Instron oferuje przyrząd pomiarowy skrętu (nazywany czasami troptometrem lub ekstensometrem torsyjnym) do pomiaru względnej różnicy skrętu na określonej długości próbki. Kiedy nie jest możliwe zamocowanie troptometru na próbce, kąt położenia może być określany na podstawie obrotu uchwytów i rejestrowany przez oprogramowanie i elektronikę.



▲ Model 55MT10 z uchwytami do prętów i troptometrem do pomiaru obrotu skrętnego.



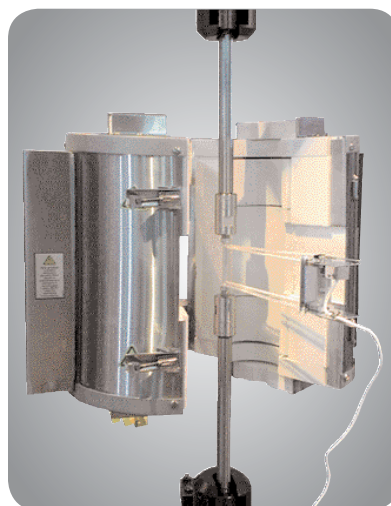
▲ Trójpłaszczyznowa tuleja zaciskowa pewnie mocuje pręt do próby skręcania, natomiast troptometr dokonuje pomiaru kąta obrotu.

## Zmęczenie

Producenci blach oraz producenci wyrobów końcowych często muszą określać zachowanie swych produktów w warunkach obciążenia podczas pracy, wysokocyklowego i niskocyklowego zmęczenia, występowania pęknięć, dużej szybkości odkształcania oraz zmęczenia termomechanicznego. Próby te wykonuje się zazwyczaj zgodnie z normą ASTM E 647 w przypadku propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 w przypadku odporności na kruche pęknięcie. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron dotyczących testów zmęczeniowych.

## Pełzanie i destrukcja materiału pod wpływem naprężenia

Producenci prętów oraz producenci wyrobów końcowych muszą sporadycznie określać zachowanie swych produktów w warunkach działania stałych obciążeń zarówno w temperaturach otoczenia, jak i w temperaturach podwyższonych. Takie próby zazwyczaj wykonuje się jako testy długotrwałe zgodnie z normami ASTM E 139 i ASTM E 292. Przejdź na stronę 41, aby uzyskać więcej informacji o rozwiązaniach urządzeń firmy Instron do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia.



▲ Dzielony piec rurowy z opcjonalnym przejściem bocznym dla ekstensometru (M3-SF16, W-8711B).

# Pręty zbrojeniowe do żelbetu

Beton jest zwykle bardzo wytrzymały na ściskanie (naciśk), lecz słaby w przypadku rozciągania (naciąg). Dlatego w celu poprawienia właściwości betonu przy rozciąganiu formuje się pręty wzmacniające (lub pręty zbrojeniowe) i osadza w betonie.

Większość prętów zbrojeniowych to odkształcone pręty, na których podczas procesu produkcyjnego są formowane żebra w celu zapewnienia lepszej przyczepności do betonu. Niektóre z najczęściej występujących zastosowań to mosty, zapory, autostrady oraz konstrukcje budowlane. Powszechnie przeprowadzanymi testami materiałów prętów zbrojeniowych są próby rozciągania, zginania oraz twardości. Wyniki uzyskane w tych próbach są wykorzystywane, aby upewnić się, że produkty zachowują podawane właściwości materiałowe i spełniają wymagania gatunkowe.



## Giętkość / Zginanie

### Wyzwanie

Pręty zbrojeniowe wyginane w rozmaite kształty są wykorzystywane do wzmacniania konstrukcji betonowych. Do sprawdzenia, czy dany materiał można wyginać bez istotnej utraty wytrzymałości, wykorzystuje się trójpunktową próbę zginania jako element kontroli jakości, potwierdzający odkształcalność pręta. Próba ta zazwyczaj wymaga wygięcia próbki wokół sworznia gnącego pod kątem 90° lub 180° oraz wizualnego sprawdzenia powstawania jakichkolwiek pęknięć powierzchniowych. Międzynarodowe normy określają wymagania dotyczące średnicy sworznia gnącego, kąta wygięcia oraz rozpiętości podparć. Ponadto, większość norm dotyczących prętów zbrojeniowych wymaga, aby próba gięcia była wykonywana w jednym, nieprzerwanym suwie. W przypadku próbek dużych prętów zbrojeniowych, uzyskanie wygięcia pod kątem 180° może wymagać wykonania suwu testowego o długości do 300 mm (12 in).

### Nasze rozwiązanie

Instron® oferuje szereg przystawek do gięcia prętów zbrojeniowych o średnicach trzpieni od 33,32 mm (1,312 in) do 516,00 mm (20,315 in), umożliwiającą wykonywanie prób dla prętów zbrojeniowych od numeru 3 do numeru 18. Te przystawki do gięcia zapewniają możliwość regulacji rozpiętości podparcia oraz wymiany końcówek trzpieni w celu dostosowania jednej przystawki do prób prętów zbrojeniowych o różnych rozmiarach. Przystawki do prób gięcia można zamontować w dowolnej maszynie do prób wytrzymałościowych — są one produkowane zgodnie z międzynarodowymi normami. To samo urządzenie firmy Instron do prób materiałowych wykorzystywane w zaawansowanych próbach rozciągania prętów zbrojeniowych może wykonać również te proste próby gięcia. Urządzenia firmy Instron serii SATEC™, modele DX i 5590-HVL oferują konfigurację z dwoma przestrzeniami roboczymi, dzięki czemu operator może przejść z próby rozciągania do próby gięcia bez konieczności zmiany przystawek.



▲ Przystawka do prób zginania na zimno (numer katalogowy W-1231), przeznaczona do prób zginania prętów zbrojeniowych.

## Udar

Próby udarnościowe prętów zbrojeniowych są podobne do prób udarnościowych zwykłych prętów. Zapoznaj się z rozdziałem Pręty (strona 16), aby uzyskać pełny opis wykonywania prób udarnościowych prętów i prętów zbrojeniowych.

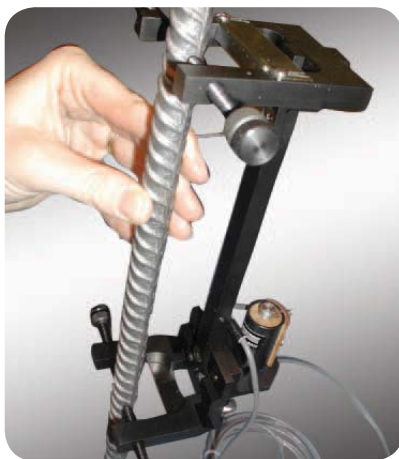


## Rozciąganie

### Wyzwanie

Próbki prętów zbrojeniowych często pękają gwałtownie (ze znacznym odrzutem) przy wysokich obciążeniach. Taki przebieg zniszczenia próbek może stanowić problem w przypadku delikatnego sprzętu do badań. Ponadto, nieregularna powierzchnia pręta zbrojeniowego utrudnia zamocowanie w uchwycie ponieważ zęby szczęk uchwytu zaciskają się początkowo na grzbietach wypukłości próbki. Gdy nie ma równej powierzchni do uchwycenia, może łatwo dojść do wyslizgnięcia się próbki z uchwytu. Kiedy potrzebne są dane o odkształceniu do charakterystyk płynięcia i modułu, ślizganie się próbki może mieć znaczny wpływ na wyniki testu i ostatecznie na spełnienie lub nie spełnienie kryteriów próby.

Nieregularność powierzchni pręta zbrojeniowego utrudnia także uzyskanie spójnych i dokładnych danych o odkształceniu. Inaczej niż w przypadku próbek obrabianych, nieregularna powierzchnia pręta zbrojeniowego stwarza konieczność wykonywania prób przy zwiększonych długościach pomiarowych, gdzie wydłużenie (odkształcenie) jest wartością średnią dla długiego odcinka.



▲ Model P9M ekstensometru uśredniającego typu LVDT przeznaczonego specjalnie dla próbek prętów zbrojeniowych.

### Nasze rozwiązanie

Pęknięcie prętów zbrojeniowych o standardowych rozmiarach może następować przy obciążeniach do 2000 kN (400000 lbf), przy czym w przypadku niektórych prętów wyższego gatunku o większej średnicy może wystąpić potrzeba zastosowania ramy o zdolności obciążeniowej do 4000 kN (800000 lbf). Firma Instron® oferuje bogaty wybór standardowych maszyn do badań wytrzymałościowych o wysokiej zdolności obciążeniowej z pojedynczą i podwójną przestrzenią roboczą, w połączeniu z kilkoma różnymi konstrukcjami poprzecznej belki pomiarowej i uchwytów. Zapewnia to przyjazne dla użytkownika rozwiązania układów do prób potencjalnie dużych i ciężkich próbek prętów zbrojeniowych.

Instron oferuje również wybór wkładek do szczęk zaopatrzonych w rowki klinowe w kształcie litery V, skonstruowanych z odpornej na uderzenia stali narzędziowej z gwintem grubzwojowym (8 do 20 zębów na cal). Wkładki te przenoszą obciążenie naprężeń mechanicznych na początkowej części powierzchni zębów, aby zapobiec przedwczesnym uszkodzeniom. Zastosowanie gwintu grubzwojowego jest konieczne, aby zapewnić zaciśnięcie ich na nieregularnej powierzchni próbek prętów zbrojeniowych oraz

zapobieżenie ślizganiu się próbek. W przeciwnym razie, drobne zęby zostałyby szybko zapełnione zendrą i zanieczyszczeniami.

Firma Instron oferuje ekstensometry uśredniające i nieuśredniające, przystosowane specjalnie do badań prętów zbrojeniowych. Te ekstensometry są zaopatrzone w zaciski przystosowane do nieregularnej powierzchni próbek prętów zbrojeniowych i posiadają typową długość pomiarową dla prętów zbrojeniowych - 200 mm (8 in). Dostępne są również inne długości pomiarowe.



▲ Maszyna 3000X serii SATEC™ z uchwytami klinowymi wbudowanymi w głowicę (z lewej strony), maszyna serii SATEC o zdolności obciążeniowej 1500 kN z siłownikiem zamontowanym w górnej części dla ułatwienia załadunku dużych, ciężkich próbek prętów zbrojeniowych (z prawej strony).

## Zmęczenie

Producenci prętów oraz producenci wyrobów końcowych często muszą określać zachowanie swych produktów w warunkach obciążenia podczas pracy, wysokocyklowego i niskocyklowego zmęczenia, mechaniki pęknięcia, dużej szybkości odkształcania oraz zmęczenia termomechanicznego. Próbe te wykonuje się zazwyczaj zgodnie z normą ASTM E 647 w przypadku propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 w przypadku odporności na kruche pęknięcie. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron dotyczących testów zmęczeniowych.

## Twardość

Próby twardości prętów zbrojeniowych są podobne do prób twardości zwykłych prętów. W obu przypadkach stosowany jest prawie wyłącznie test Rockwella®. Zapoznaj się z rozdziałem Pręty (strona 15), aby uzyskać pełny opis wykonywania prób twardości prętów i prętów zbrojeniowych.



▲ Maszyna Wilson® Instruments Rockwell 2000 wykonująca próbę twardości próbki pręta zbrojeniowego z zastosowaniem stołka waleczkowego (Cylindron).

# Elementy złączne

Do identyfikacji elementów złącznych powszechnie stosuje się oznaczenia klasyfikacyjne (A307, Gatunek 8, itd.). Ta klasyfikacja określa skład materiału elementu złącznego, poświadcza, że jest w stanie wytrzymać określone obciążenie próbne i jego granica plastyczności oraz wytrzymałość na rozciąganie odpowiadają predefiniowanym wartościom. Spełnienie tych wymagań pozwala producentowi opatrzyć element złączny konkretną klasą identyfikacji. Zapewnienie, że elementy złączne będą zachowywać się zgodnie z publikowanymi klasyfikacjami posiada pierwszorzędne znaczenie dla projektowania bezpiecznych i niezawodnych produktów. Z tego powodu producenci elementów złącznych wprowadzają procedury testowania, aby kontrolować jakość i konstrukcję swych wyrobów. Różne organizacje normalizacyjne, takie jak ASTM, SAE i ANSI, publikują szczegółowe normy, które zapewniają spójność procedur badań.



## Twierdź

### Wyzwanie

Rodzaj uszkodzenia, jakie może ujawnić się w elemencie złącznym, można określić poprzez pomiar podstawowej twardości materiału. Dlatego tak ważne jest wykonywanie prób twardości elementu złącznego w celu scharakteryzowania jego trwałości. Niska wartość pomiaru twardości wskazuje na uszkodzenie plastyczne i przedwczesne płynięcie elementu złącznego. Wysoka wartość pomiaru twardości wskazuje na uszkodzenie kruche z niewielkim płynięciem i potencjalnie gwałtowne pęknięcie. W obu przypadkach może dojść do zagrożenia integralności elementu złącznego.

### Nasze rozwiązanie

Wilson® Instruments oferuje zarówno twardeściomierze Rockwella®, jak i mikrotwardościomierze, aby sprostać wyzwaniom związanym z badaniami materiałami. Twardościomierze Rockwella firmy Wilson serii 2000 posiadają elektroniczny system sterowania w pętli zamkniętej, zapewniający niezwykle precyzyjną kontrolę siły, co jest bardzo ważne w przypadku wykonywania efektywnych prób elementów złącznych. Można stosować odpowiednie stoliki, przystawki i niestandardowe zamocowania w celu zapewnienia niezbędnego podparcia oraz ustawienia w osi, koniecznych dla realizacji dokładnych badań.

Czasami elementy złączne mogą być zbyt małe, aby wykonywać próby z zastosowaniem tradycyjnych metod Rockwella. Ponadto, próba Rockwella może nie być wystarczająca dla monitorowania operacji utwardzania powierzchni lub do pomiaru twardości niejednorodnych elementów złącznych. W takich przypadkach konieczna jest próba mikrotwardości. Firma Instron® oferuje mikrotwardościomierz Tukon™ 2100, który dzięki precyzyjnym czujnikom siły w układzie pętli zamkniętej oraz elastyczności funkcjonalnej stanowi kompletne rozwiązanie służące do analizy procesu utwardzania powierzchniowego zamocowanych próbek. Urządzenie Tukon 2100 można skonfigurować w celu dopasowania do określonego zastosowania wybierając odpowiedni czujnik siły oraz układ optyczny. Dzięki unikalnemu rozwiązaniu głowicy rewolwerowej użytkownik może zamontować jedną lub dwie głowice pomiarowe siły z węglóbnikami twardościomierza oraz maksymalnie trzy lub cztery obiektywy. Dodanie systemu automatyki do maszyny T2100 może jeszcze bardziej ulepszyć proces pomiarowy.



Maszyna Tukon 2100 firmy Wilson Instruments podczas próby mikrotwardości przeprowadzanej na powierzchni przekroju poprzecznego zamocowanej próbki.



## Rozciąganie

### Wyzwanie

Chociaż pozornie prosta, próba rozciągania elementów złącznych może stanowić wyzwanie ze względu na mnogość kształtów i rozmiarów elementów złącznych, wymaganie dużej zdolności obciążeniowej, liczbę koniecznych prób oraz potencjalnie gwałtowny przebieg zrywania.

Producenci muszą przeprowadzać nie tylko próby wytrzymałości na rozciąganie, ale także wykonywać testy sprawdzające i zapewnić, że po usunięciu obciążenia sprawdzającego nie ujawnią się trwałe odkształcenia. Oprócz tego, muszą znaleźć sposób badania jakości gwintu oraz wytrzymałości łba.

### Nasze rozwiązanie

Instron® i SATEC™ pracowały w branży elementów złącznych przez ponad 50 lat i posiadają w swym dorobku pełny pakiet obsad elementów złącznych, podkładek łączników przejściowych dla krótkich śrub, ekstensometrów oraz oprogramowania, aby sprostać wyzwaniom związanym z tymi próbami. Dziesiątki lat doświadczenia doprowadziły do ulepszenia konstrukcji poprzez dobór specjalnych stali, natomiast opracowanie unikalnego procesu obróbki cieplnej zapewnia, że wyposażenie pomocnicze do prób elementów złącznych jest odporne mechanicznie i wytrzymuje gwałtowny odrzut podczas rozrywania przy rozciąganiu. W firmie Instron przestudiowano odpowiednie normy dotyczące badań wytrzymałościowych, a także wysłuchano opinii klientów, co doprowadziło do opracowania łatwego w użytkowaniu oprogramowania do prób elementów złącznych. Korzystając ze zgodnych z normami szablonów badań oraz biblioteki obliczeń prób rozciągania, operatorzy mogą wykonywać próby elementów złącznych o wiele szybciej, mając pewność uzyskania rzetelnych i powtarzalnych wyników.

Dostępne są obsady elementów złącznych firmy Instron o zdolnościach obciążeniowych do 1780 kN (400000 lbf), które umożliwiają przeprowadzanie prób elementów złącznych o prawie każdym rozmiarze, kształcie oraz wytrzymałości. Każda obsada jest zaopatrzona w rowek klinowy oraz okrągłe zagłębienie, co umożliwia szybkie i prawidłowe obciążenie próbki. Ta łatwa w użyciu konstrukcja zapewnia przykładanie obciążenia w osi, redukując możliwość wystąpienia obciążenia poza osią oraz niepożądanego momentu zginającego. Firma Instron oferuje również pełny asortyment podkładek płaskich, klinowych i stożkowych oraz łączników pośrednich dla śrub krótkich, a także trzpieni do przykładania obciążeń próbnych do nakrętek do badania umownej granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie oraz wytrzymałości łba zgodnie z międzynarodowymi normami dotyczącymi elementów złącznych.

Niektóre normy wymagają rejestracji wydłużenia łącznie z przeprowadzaniem prób pod obciążeniami sprawdzającymi. Dane są wykorzystywane do potwierdzenia, że po usunięciu obciążenia sprawdzającego nie ujawnią się trwałe odkształcenia elementów złącznych. Ekstensometr SEB firmy Instron zapewnia szybki i wygodny sposób zbierania takich danych dla elementów złącznych o długości od 25,4 mm (1 in) do 304,8 mm (12 in). Ten unikalny ekstensometr mierzy całkowite wydłużenie od górnej części łba po dolną część trzonu. Informacje o wydłużeniach są zbierane wraz z danymi o obciążeniu oraz położeniu systemu i można je wykorzystywać do tworzenia wykresów obciążenie/wydłużenie lub do obliczenia wydłużenia całkowitego bez potrzeby ręcznego mierzenia elementu złącznego.



▲ Obsady elementów złącznych firmy Instron serii B (W-5117B) z podkładkami płaskimi podczas wykonywania standardowej próby rozciągania.



▲ Ekstensometr SEB z czujnikiem tensometrycznym do pomiaru wydłużeń śrub.



▲ Obsady elementów złącznych, łączniki pośrednie dla krótkich śrub oraz podkładki dla elementów złącznych o różnych rozmiarach.



▲ Trzpień do obciążania nakrętek obciążeniami sprawdzającymi jest wykorzystywany do testowania jakości gwintu nakrętek.

## Elementy złączne

### Ścinanie

#### Wyzwanie

Połączenia śrubowe i nitowane są często narażone na działanie naprężeń ścinających. W takich przypadkach konieczne jest zrozumienie, jak element złączny będzie zachowywał się w warunkach ścinania występującego podczas eksploatacji. Norma ASTM F 606 podaje wskazówki dotyczące prób pojedynczego ścinania śrub kolumnowych, lecz odwołuje się do NASM 1312-13 w przypadku podwójnego ścinania oraz do NASM 1312-20 dla innych przypadków pojedynczego ścinania.

Inaczej niż podczas próby rozciągania, określenie końcowego obciążenia ścinającego oraz wykrycie uszkodzenia próbki może być trudne. Co więcej, gdy próba nie zostanie zakończona natychmiast po ścięciu, próbka zostanie wciśnięta w korpus przystawki do prób ścinania i może to spowodować bezużyteczność przystawki do prób ścinania. Ponadto, system musi być na tyle elastyczny funkcjonalnie, aby można było definiować różne kryteria zakończenia próby dla każdego typu próbki.

#### Nasze rozwiązanie

Firma Instron® oferuje przystawki do prób ścinania pojedynczego i podwójnego elementów złącznych i prętów. Oba modele są zbudowane z obrabianej cieplnie stali stopowej o dużej wytrzymałości. Przystawka do prób ścinania pojedynczego działa w trybie rozciągania z zastosowaniem konstrukcji z wypełnionym otworem. Umożliwia to przyłożenie naprężenia ścinającego do elementu złącznego w dwóch punktach. Przystawka do prób ścinania podwójnego działa w trybie ściskania z zastosowaniem trzpienia i kowadełka, posiadających wycięcia w kształcie litery U. Zapewnia to przyłożenie naprężenia ścinającego do elementu złącznego w trzech punktach.

Urządzenia firmy Instron są w stanie sprostać wyzwaniom najwyższego obciążenia oraz detekcji uszkodzenia dzięki dużej szybkości zbierania danych oraz definiowanemu przez użytkownika kryterium próby. Zbierając dane z szybkością 500 razy na sekundę, układ elektroniczny firmy Instron może szybko wykrywać niewielkie spadki obciążenia w momencie początkowym ścinania próbki oraz natychmiast zatrzymać ramę. Ponadto, ustawienia definiowane przez użytkownika, dostępne w oprogramowaniu Instron, pozwalają operatorowi definiować różne kryteria próby dla każdej próbki.



▲ Przystawka do prób ścinania podwójnego (W-5135).

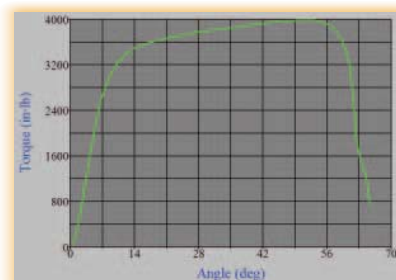
### Skrećanie

#### Wyzwanie

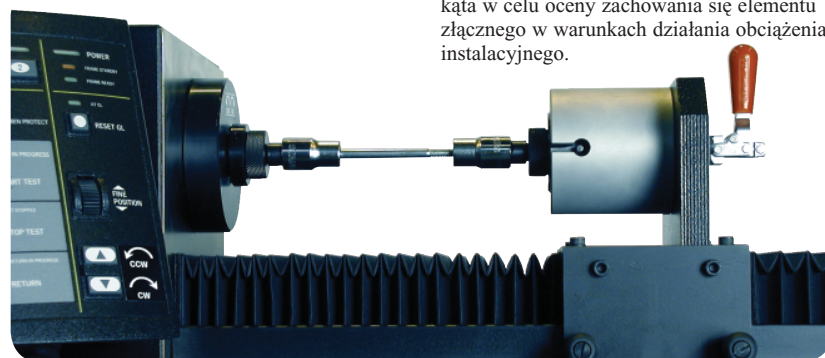
Zazwyczaj elementy złączne instaluje się przykładając siłę skręcającą do łba lub nakrętki. Siła ta (moment zabezpieczający) powoduje rozciągnięcie elementu złącznego i skutecznie przykłada obciążenie wstępne zapewniające pasowanie suwliwe pomiędzy częściami składowymi. Z tego powodu producenci powinni sprawdzać, czy moment zabezpieczający nie powoduje osłabienia elementu złącznego oraz, czy łeb elementu złącznego jest w stanie wytrzymać takie naprężenia. Producenci często muszą określać również siłę obrotową, przy której nastąpi uszkodzenie elementu złącznego.

#### Nasze rozwiązanie

Instron oferuje pełny wybór systemów spełniających wymagania dotyczące prób skręćania. Są dostępne systemy o zdolności obciążeniowej od 12 Nm (100 in-lb) do 13000 Nm (120000 in-lb), które można wyposażyć w przystawki gniazdowe umożliwiające pewne uchwycenie elementu złącznego dla wykonania próby skręćania. Po wyposażeniu tych systemów i oprogramowaniu Instron, można je zaprogramować w taki sposób, aby nakrętkę można było obracać w obu kierunkach, obliczać energię, przechwytywać szczytowe wartości momentu obrotowego oraz tworzyć wykresy momentu obrotowego względem kąta w celu oceny zachowania się elementu złącznego w warunkach działania obciążenia instalacyjnego.



▲ Pakiet oprogramowania Partner™ firmy Instron wyświetla tworzony w czasie rzeczywistym wykres momentu obrotowego względem kąta i przechwytywa szczytowe wartości momentu obrotowego i kąta oraz wartości te w chwili zniszczenia próbki.



▲ Model 55MT1 wyposażony w uchwyty gniazdowe do wykonywania prób skręćania elementów złącznych.



## Drgania / Zmęczenie

### Wyzwanie

Norma NASM 1312-7 dotycząca przyspieszonych prób odporności na drgania została opracowana przez armię USA. Norma ta wymaga poddawania części składowych elementów złącznych działaniu drgań w celu określenia okresu ich trwałości oraz porównywania elementów złącznych w warunkach występujących drgań.



▲ Typowa przystawka do badania odporności na drgania według NASM 1312-7.

### Nasze rozwiązanie

Rodzina Sonntag maszyn do prób zmęczeniowych, działająca ze stałą szybkością 30 Hz (1800 cykli na minutę), stanowi opłacalne alternatywne rozwiązanie poddawania próbek działaniu drgań wymaganych przez normę oraz umożliwia instalowanie przystawek zgodnych z NASM 1312-7. Ponieważ w urządzeniu jest stosowany napęd mechaniczny, a nie wysokociśnieniowy układ hydrauliczny, nie występują układy smarowania i chłodzenia, ani wymagania konserwacyjne, jakie zwykle występują w przypadku systemów hydraulicznych o szybkości działania 30 Hz.

Niskie koszty eksploatacyjne w połączeniu z minimalnymi rocznymi wymaganiami konserwacyjnymi powodują, że maszyny Sonntag są opłacalnym rozwiązaniem dla tej prostej próby.

W przypadku bardziej zaawansowanych prób oraz wymagań dotyczących zbierania danych, jakie mogą obejmować bardziej tradycyjne aplikacje badań zmęczeniowych, dostępne są serwohydrauliczne systemy z pętlą zamkniętą do badań zmęczeniowych. Zapewniają one większą elastyczność w zakresie sterowania oraz zbierania danych. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron® dotyczących testów zmęczeniowych.



▲ Model SF10U maszyny zmęczeniowej Sonntag.

## Pełzanie i destrukcja materiału pod wpływem naprężenia

Producenci elementów złącznych oraz producenci wyrobów końcowych muszą sporadycznie określać zachowanie swych produktów w warunkach działania stałych obciążeń zarówno w temperaturach otoczenia, jak i w temperaturach podwyższonych. Są to zazwyczaj próby długookresowe, zgodne z normami ASTM E 139 i ASTM E 292. Przejdź na stronę 41, aby uzyskać więcej informacji o rozwiązaniach urządzeń firmy Instron® do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia.

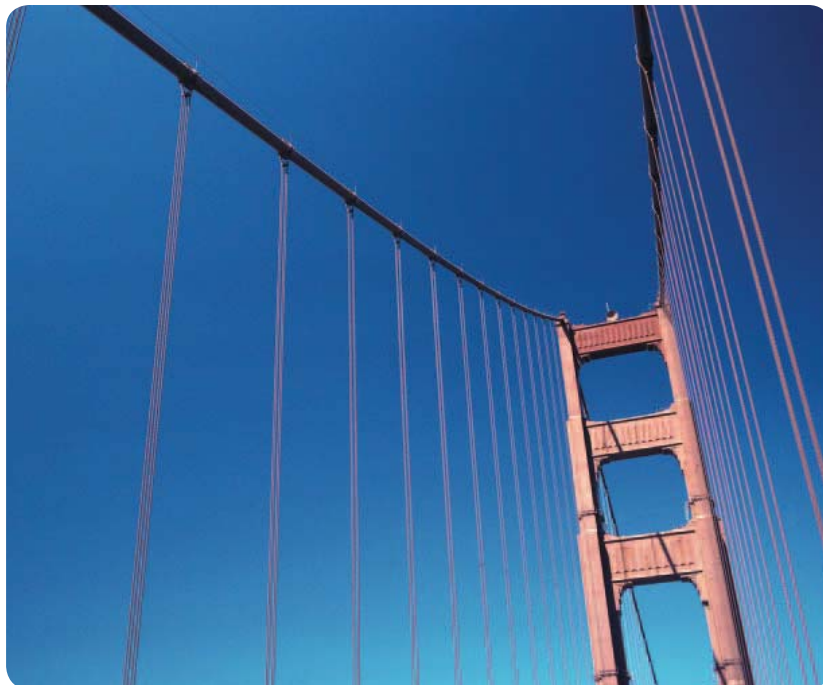


▲ Model M3 maszyny do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia.

# Przewody drutowe i kable

Zaczynając od budownictwa mieszkaniowego i energetyki po technikę samochodową i medycyną, przewody drutowe umożliwiają przepływ prądu elektrycznego, obracanie się kół oraz bicie serca. Ponadto, uzwojenia z przewodów drutowych lub kabli mogą być wykorzystywane jeszcze w innych zastosowaniach dużej mocy, od mostów aż po gondole narciarskie.

Producenci przewodów drutowych i kabli muszą mieć zaufanie do jakości, bezpieczeństwa i sprawności działania swych produktów. Wykorzystując odpowiednie metody prób uzyskuje się bardzo ważne informacje techniczne, jak na przykład wytrzymałość na zerwanie, trwałość, odkształcenie niszczące, moduł i inne. Dzięki ilościowemu ujęciu tych właściwości, inżynierowie i pracownicy badawczy mogą podejmować odpowiednie decyzje dotyczące wykorzystania swych produktów oraz materiałów i procesów stosowanych w produkcji.



## Rozciąganie kabli

### Wyzwanie

Inaczej niż w przypadku przewodów drutowych, kabel stanowi połączenie kilku przewodów drutowych zwiniętych w skrętkę. Połączenie sił rozwijających i dużych sił zrywających powoduje, że kable stanowią trudne przypadki próbek, które należy zamocować w celu wykonania prób rozciągania. W wyniku zastosowania niewłaściwych uchwytów i wkładek uchwytów spiętrzenie naprężeń na tych powierzchniach może spowodować przedwczesne uszkodzenie próbek (tj. zerwanie w szczękach). Pomimo wyzwań związanych z zamocowaniem, wielu producentów kabli chce mierzyć rzeczywiste odkształcenie w celu wyznaczenia takich właściwości materiału, jak moduł. Ze względu na skrętną naturę kabla w warunkach próby, zamocowanie czegokolwiek na próbce może stać się złożonym przedsięwzięciem. W końcu, w przypadku zniszczenia kabla często wytwarzają się duże energie zrywania, co może być niebezpieczne, gdy nie zostaną uwzględnione stosowne środki bezpieczeństwa.

### Nasze rozwiązanie

Firma Instron\* oferuje bogaty wybór systemów zapewniających odpowiednie zdolności obciążeniowe, uchwyty, układy pomiaru odkształceń oraz funkcje bezpieczeństwa, które pozwalają przeprowadzać próby kabli dla wielu różnych branż. Do prób kabli można wykorzystywać zarówno elektromechaniczne, jak i hydrauliczne systemy o zdolnościach obciążeniowych do 10 MN (2500000 lbf) oraz długościach próbek ponad 20 m (około 60 ft).

Instron oferuje uchwyty pneumatyczne i hydrauliczne o specjalnej budowie minimalizującej ślizganie. Powierzchnie uchwytów są uformowane w kształcie litery "V" w celu maksymalizacji pola powierzchni chwytającej. Ta konstrukcja klinowa może wykorzystywać albo ząbkowanie powierzchni albo specjalne zszorstkowanie powierzchni w celu zapobieżenia przedwczesnym uszkodzeniom tych miejsc uchwytów. (Przedwczesne uszkodzenie mogłoby powodować uzyskiwanie wartości pomiarów odkształceń, które byłyby zbyt niskie i nie odpowiadałyby rzetelnie rzeczywistości, badanemu materiałowi.) Ponieważ kable i skrętki przewodów drutowych są produkowane z zastosowaniem bardzo różnych materiałów oraz układów skręcania, dostępne są specjalne uchwyty, odpowiadające wymaganiom aplikacji. Niektóre z tych aplikacji obejmują kabel z wieloma skrętkami, gniazda Speltor dla lin drucianych oraz uchwyty z siatką drucianą.



▲ Poziomy system do prób serii SATEC™ o zdolności obciążeniowej 10 MN (2250000 lbf) do testowania lin stalowych.



Dla trudnego do pomiaru bezpośredniego odkształcenia, firma Instron® oferuje ekstensometr do kabli CE, który zapewnia elastyczność oraz możliwość obracania o 180° w obu kierunkach. Pozwala to na obracanie ekstensometru w miarę rozwijania kabla wskutek rozciągania oraz pomaga zapobiegać ślizganiu podczas próby.



▲ Ekstensometr firmy Instron do kabli model CE posiada ruchomą głowicę, która obraca się w miarę rozwijania kabla wskutek rozciągania.



▲ Uchwyty wbudowane w głowicę posiadają wymienne wkładki do przeprowadzania prób kabli o różnych średnicach.

## Rozciąganie przewodów drutowych

### Wyzwanie

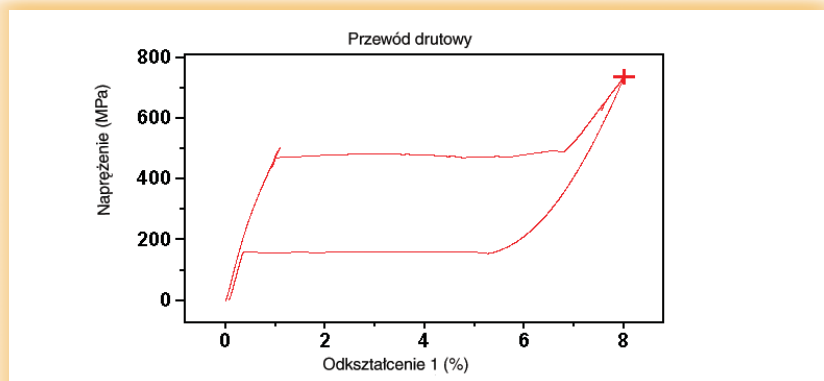
Podstawowym wyzwaniem związanym z wieloma rodzajami przewodów drutowych (takich jak Nitinol) jest ich mała średnica oraz twardość, które stwarzają trudności z uchwyceniem. Bez odpowiedniego podejścia do zagadnienia uchwytów, spiętrzenie naprężeń na krawędzi powierzchni szczęki spowoduje przedwczesne zniszczenie lub zerwanie w szczękach. Ponadto, ze względu na niewielkie odkształcenie materiału podczas próby, zastosowanie przetwornika pomiarowego położenia nie jest wystarczające dla tak szczegółowych obliczeń, jak moduł. Co więcej, stosowanie ekstensometrów stykowych może wprowadzać błędy wynikające z poślizgu ostrzy lub tworzenia miejsc spiętrzenia naprężeń.

### Nasze rozwiązanie

Pneumatyczne uchwyty przeznaczone dla sznurka i przędzy są najbardziej skuteczne pod względem uzyskiwania maksymalnej wartości naprężeń w chwili zniszczenia dzięki redukowaniu lub zapobieganiu spiętrzeniom naprężeń na krawędziach powierzchni uchwytów. Dodatkowo, uchwyty te umożliwiają łatwe zamocowanie próbek, co zapewnia wyższą wydajność oraz bardziej powtarzalne wyniki w porównaniu ze standardowymi uchwytami do prób rozciągania.

W przypadku bezpośredniego pomiaru odkształceń kruchych przewodów drutowych, takich jak Nitinol, bezdotkowy ekstensometr wideo firmy Instron umożliwia wykonywanie bardzo dokładnych pomiarów odkształcenia. Równocześnie zostają wyeliminowane uszkodzenia często związane ze stosowaniem ekstensometrów stykowych. Łatwe do nakładania znaczniki pozwalają na śledzenie odkształcenia aż do momentu zerwania.

W przypadku przewodów drutowych z bardziej ciągliwych materiałów, bezpośredni pomiar odkształceń można realizować za pomocą ekstensometrów stykowych. Dodatkowo, szereg norm, takich jak ASTM A 370 i ASTM A 416, wymaga stosowania długości pomiarowych, które wykraczają poza możliwości układów bezdotkowych. Firma Instron oferuje ekstensometry stykowe o długościach pomiarowych ponad 610 mm (24 in), aby zapewnić prawidłowość pomiaru odkształcenia w obrębie długości pomiarowej próbki. Oprócz tego, w próbach siatek drucianych można stosować bardziej specjalizowane ekstensometry, co pomaga producentom spełniać wymagania takich norm, jak ASTM A 496, ASTM A 497 oraz ASTM A 185.



▲ Przykład próby rozciągania przewodu drutowego Nitinol.



▲ Uchwyty dla sznurka i przędzy oraz zaawansowany, bezdotkowy ekstensometr wideo.

## Przewody drutowe i kable

### Skrećanie

#### Wyzwanie

Producenci przewodów oplecionych oraz cienkich kabli często używają przyrządów do zwijania części składowych (przewodów drutowych) w jeden produkt. Często chcą zmaksymalizować siłę, jaką ich produkt może wytrzymać bez uszkodzenia. Wartość kąta obrotu jaką proces może obsłużyć jest funkcją średnic przewodów, materiałów oraz sposobu obróbki, jakiej był poddany materiał (tj. obróbka cieplna).

#### Nasze rozwiązanie

Instron® oferuje asortyment systemów do prób skrećania, które umożliwiają przyłożenie do próbek przewodów drutowych i kabli momentów obrotowych od 12 Nm (100 in-lb) do 13000 Nm (120000 in-lb). W tych systemach można w łatwy sposób przykładać wstępne obciążenia rozciągające wykorzystując układ z ciężarkiem i krążkiem linowym, aby lepiej symulować warunki rzeczywiste. W próbach można zastosować układy z uchwytem tokarskim lub tuleją zaciskową. Uniwersalny uchwyt wiertarkowy umożliwia szybkie mocowanie i zwalnianie próbek zapewniając szybsze wykonywanie prób - jest to szczególnie ważne w przypadku kontroli jakości o dużym natężeniu prac. Oprogramowanie automatycznie wyznacza maksymalne siły skrećające oraz obracanie z prędkościami do 120 obr/min.



▲ Model 55MT1 systemu do prób skrećania wyposażony w uchwyty tokarskie do testowania przewodów drutowych.



▲ Maszyna 55MT1 z uchwytami z tuleją zaciskową do testowania cienkich przewodów drutowych.



▲ Maszyna 58MT z układem ciężarka i krążka linowego (z lewej strony) do przykładania wstępnego obciążenia wzdłużnego.

### Zmęczenie

Producenci oraz producenci wyrobów gotowych często muszą określać zachowanie swych produktów po poddaniu działaniu takich czynników, jak obciążenia podczas pracy, wysokocyklowe i niskocyklowe zmęczenie, występowanie pęknięć, duże szybkości odkształcania oraz zmęczenie termomechaniczne. Próby te wykonuje się zazwyczaj zgodnie z normą ASTM E 647 w przypadku propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 w przypadku odporności na kruche pękanie. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron dotyczących testów zmęczeniowych.



▲ System do prób zmęczeniowych podczas wykonywania próby liny drucianej.

# Rury i przewody rurowe

Przewody rurowe i rury są produkowane w rozmaitych procesach odkuwania, walcowania bez szwu i zgrzewania. Do produkcji przewodów rurowych i rur może być użyty prawie każdy metal, od żeliwa po wysokotemperaturowe superstopy. Zastosowania są różne, od podziemnych systemów ściekowych po reaktory jądrowe, obudowy odwiertów naftowych oraz miedziane przewody wodociągowe w domach.

Prawie nieograniczony zakres rozmiarów i zastosowań wymaga przeprowadzania wielu różnych prób w celu zweryfikowania prawidłowości procesów produkcyjnych oraz przydatności dla końcowego zastosowania. Istnieje także wiele wymagań technicznych dotyczących produktów końcowych, w których wykorzystywane są przewody rurowe lub rury. Takie organizacje normalizacyjne, jak ASTM, ISO, EN, API oraz JIS, opublikowały metody przeprowadzania prób przewodów rurowych i rur. W zależności od materiału i zastosowania może wystąpić konieczność przeprowadzania prób w temperaturze otoczenia, w temperaturze ujemnej oraz w temperaturze podwyższonej.



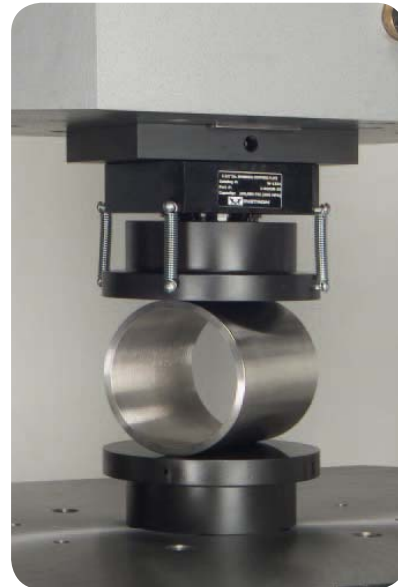
## Ściskanie

### Wyzwanie

Próby ściskania wykorzystuje się do oceny plastyczności i sztywności strukturalnej. Określenie wytrzymałości podziemnego przewodu rurowego lub rury na działanie takich sił, jak trzęsienie ziemi lub przejazd ciężkich pojazdów, jest bardzo ważne dla dokonania wyboru odpowiedniego produktu. Aby zasymulować warunki eksploatacji z obciążeniem ściskającym, siła jest przykładana aż do chwili częściowego lub całkowitego spłaszczenia próbki. Często stosowanym kryterium spełnienia lub nie spełnienia wymagań jest sprawdzenie powierzchni przewodu rurowego pod względem występowania pęknięć lub przerwań.

### Nasze rozwiązanie

Aby określić wielkość siły potrzebnej do odkształcenia (zgniecenia lub spłaszczenia) próbki, wycina się pierścienie z przekroju poprzecznego przewodu rurowego oraz poddaje próbie pomiędzy równoległymi płytami ściskającymi. W przypadku próbek dużych rur (takich jak linie kanalizacyjne lub linie przesyłowe ropy naftowej) firma Instron® oferuje modele KN maszyn wytrzymałościowych z jedną przestrzenią roboczą dla dużych próbek. Systemy te posiadają siłownik zamontowany w górnej części, w związku z czym przestrzeń robocza znajduje się blisko podłoża. Taka konfiguracja zapewnia łatwość załadunku dużych, ciężkich próbek z wykorzystaniem wózka widłowego lub innego tradycyjnego sprzętu do operowania materiałami. Mniejsze próbki, łatwe w operowaniu, można testować na bardziej tradycyjnych maszynach do prób.



▲ Maszyna 600DX serii SATEC™ z płytami dociskowymi do przeprowadzania prób ściskania próbek przewodów rurowych.



## Rury i przewody rurowe

### Rozciąganie

#### Wyzwanie

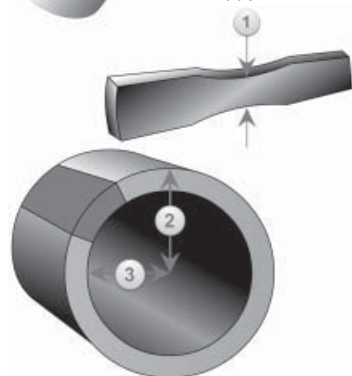
Rozmiar i kształt przewodów rurowych stanowią wyjątkowe wyzwania dotyczące prób rozciągania. Nie posiadając odpowiedniego wyposażenia, operator może przypadkowo zgnieść końce próbki podczas mocowania w uchwytach. Ponadto, pełne próbki przewodów rurowych są zazwyczaj większe od litych okrągłych próbek materiałów. Wymaga to stosowania uchwytów o większych stopniach otwarcia. Próbki niektórych przewodów rurowych są tak duże, że operator musi wyciąć fragment ściany przewodu. Takie próbki ściany bocznej mogą być kształtowane jako próbki płaskiej taśmy lub okrągłe próbki obrabiane skrawaniem.

Dodatkowo, mogą wystąpić trudności ze znalezieniem ekstensometru nadającego się do prób przewodów rurowych i rur.

W końcu, ze względu na krzywiznę powierzchni przewodu rurowego pole powierzchni zewnętrznej jest większe od pola powierzchni wewnętrznej. Należy to uwzględnić do obliczeń naprężeń przy wyznaczaniu pola powierzchni przekroju poprzecznego próbki.



▲ Próбка przewodu rurowego o pełnym przekroju. Pole powierzchni przekroju poprzecznego oblicza się w oparciu o średnicę wewnętrzną (1) i zewnętrzną (2) przewodu rurowego.



▲ Płaskie próbki wycięte z przewodu rurowego o dużej średnicy. Pole przekroju poprzecznego oblicza się w oparciu o szerokość (1), średnicę zewnętrzną (2) i średnicę wewnętrzną (3).

#### Nasze rozwiązanie

Aby uniknąć zgniecia pełnych próbek przewodów rurowych przez szczęki uchwytów maszyny, powszechnie stosowane są metalowe wkładki wsuwane w zakończenia przewodu (odnośnik: ASTM A 370). Tę metodę stosuje się powszechnie w przypadku przewodów rurowych o średnicach poniżej 50 mm (2 in). Stosując tę metodę, operatorzy mogą dokonywać wyboru spośród szerokiej gamy uchwytów klinowych firmy Instron® wyposażonych w szczęki z rowkami klinowymi:

- Maszyny hydrauliczne do prób wytrzymałościowych firmy Instron o wysokiej zdolności obciążeniowej, wyposażone w uchwyty wbudowane w poprzeczną belkę pomiarową, stanowią ekonomiczne rozwiązanie dla przeprowadzania prób dużych pełnych próbek przewodów rurowych.
- Zewnątrz uchwyty firmy Instron, uruchamiane hydraulicznie, nadają się idealnie do szybkiego instalowania większych próbek przewodów rurowych.
- Próbki o mniejszych średnicach można testować wykorzystując rozmaite zewnętrzne uchwyty firmy Instron o działaniu klinowym. Te uchwyty mogą być zaciskane mechanicznie, pneumatycznie lub hydraulicznie.

Kiedy przeprowadza się próby płaskich próbek (wyciętych z bocznej ściany przewodu rurowego) operatorzy mogą spłaszczyć końce próbek i stosować uchwyty z tradycyjnymi okładzinami szczęk albo okładziny szczęk o zakrzywionych powierzchniach. Instron produkuje zakrzywione okładziny szczęk w celu dostosowania do próbek stosowanych przez klientów.



▲ Próba wzdłużna przekroju poprzecznego przewodu rurowego.



▲ Uniwersalna maszyna do badań wytrzymałościowych serii SATEC™ o zdolności obciążeniowej 600 kN (135000 lbf), z otwartą konstrukcją przedniej części belki pomiarowej i wbudowanymi w belkę uchwytami do badań próbek przewodów rurowych o pełnym przekroju.

Wspomagana przez oprogramowanie firmy Instron procedura wyboru typu próbki umożliwia proste wprowadzenie wymiarów próbki w celu automatycznego obliczenia prawidłowej powierzchni przewodu rurowego o pełnym przekroju albo obrabianego wycinka próbki. Ta funkcja eliminuje potrzebę wykonywania uciążliwych, ręcznych obliczeń oraz obniża ryzyko wystąpienia błędów.

Instron oferuje asortyment ekstensometrów przeznaczonych do badań próbek o dużych średnicach do 89 mm (3,5 in). Te ekstensometry posiadają ramę o konstrukcji przystosowanej do pracy przy dużych obciążeniach w zastosowaniach przemysłowych.

Ponadto, kilka norm stawia producentom wymaganie wykonywania próby rozciągania zgrzanego szwu przewodu rurowego podczas badań próbek rur o pełnym przekroju oraz wycinków. Aby uzyskać więcej informacji o przeprowadzaniu prób rozciągania spoin, należy zapoznać się z rozdziałem Spoiny (strona 32).



▲ Okładziny szczęk o zakrzywionej powierzchni są dostosowane do średnic wewnętrznych i zewnętrznych próbek przewodów rurowych, aby zapewnić pewne uchwycenie zaokrąglonych próbek podczas wykonywania prób.

## Twardość

### Wyzwanie

Twardość materiału używanego do produkcji jest czynnikiem o znaczeniu krytycznym dla zapewnienia jakości i trwałości produktu, od masywnych rurociągów transportowych po cienkościennie przewody rurowe stosowane w urządzeniach medycznych. Twardość ma wpływ na sztywność, wytrzymałość, gęstość oraz mikrostrukturę określonego materiału. Ze względu na różnorodność średnic, grubości ścianek i materiałów, techniki zamocowania oraz montowania, a także wymagania specjalistycznych norm przemysłowych stanowią wyzwania przy przeprowadzaniu prób przewodów rurowych i rur. Nieprawidłowe podparcie lub położenie materiału może powodować zagrożenie dla wyników prób i potencjalnie niedokładne dane. Dodatkową komplikację powodują różne wymagania dotyczące przeprowadzania prób ścianki wewnętrznej lub ścianki zewnętrznej albo przekroju poprzecznego końcówki przewodu rurowego oraz konieczność zapewnienia, aby krzywizna geometrii nie wpływała niekorzystnie na próbę.



▲ Przedłużacz Gooseneck ułatwiający wykonywanie prób wewnętrznych.

### Próby zginania szwów zgrzewanych

Kilka norm wymaga, aby producenci wykonywali próby zginania z prowadzeniem dla szwów zgrzewanych przewodów rurowych. Testy te pozwalają ocenić plastyczność spoiny oraz upewnić się, czy wielkość pęknięć nie przekracza szerokości określonych przez stosowne normy. Aby uzyskać więcej informacji o urządzeniach Instron® do przeprowadzania prób rozciągania spoin, należy zapoznać się z rozdziałem Spoiny (strona 32).

### Nasze rozwiązanie

Najczęściej stosowaną metodą prób twardości przewodów rurowych i rur jest próba twardości Rockwella®. Pomysłodawcą twardościomierza Rockwella, firma Wilson® Instruments posiada ponad 75-letnie doświadczenie w dziedzinie twardościomierzy dla branży przewodów rurowych i rur. Test Rockwella to prosta procedura, która umożliwia użytkownikowi wykonanie dokładnej próby twardości różnych typów przewodów rurowych i rur zaledwie w ciągu kilku sekund. Ponadto, względnie niski koszt oraz elastyczność funkcjonalna wyposażenia do prób, a także nieniszczący charakter testu powodują, że jest to idealna opcja w przypadku przeprowadzania prób twardości przewodów rurowych i rur.

W zależności od materiału, średnicy, grubości ścianki oraz długości, konieczne jest stosowanie urządzeń podpierających i środkujących, aby zapewnić stabilność i dokładność przebiegu próby. Elastyczność opcji testów typu Rockwella zapewnia gamę metod testowania, w tym próbę z przykładaniem niewielkiej siły. Jest to czynnik o krytycznym znaczeniu w przypadku rur o wyjątkowo cenniejszej ściance. Przy przeprowadzaniu prób na zewnętrznej części materiału o cenniejszej ściance lub o małej średnicy, kwestią o kapitalnym znaczeniu jest podparcie ścianki wewnętrznej. Prawidłowe umieszczenie wewnętrznego podparcia będzie zapobiegać odkształceniu całej rury, zjawisku mogącemu w znacznym stopniu wpłynąć na wyniki próby. Dzięki zastosowaniu kowadełka wewnętrznego podparcia, powszechnie znanego jako kowadełko o wygiętej szyjce ("Gooseneck"), można zapewnić podparcie przewodu rurowego o cenniejszej ściance lub małej średnicy, co umożliwia przeprowadzenie dokładnej i nie zniekształconej próby twardości na zewnętrznej ściance końcówki przewodu rurowego.



▲ Standardowa przystawka Gooseneck do prób twardości na powierzchni wewnętrznej materiału.

W przypadku przeprowadzania prób wewnątrz obciętych końcówek przewodów rurowych, bezpośrednio do twardościomierza Rockwella można przymocować wewnętrzną przystawkę Gooseneck, która obejmuje łukiem górną część ścianki i sięga do wnętrza przewodu rurowego. Dzięki zastosowaniu dodatkowo kowadełka z rowkiem klinowym, które środkuje i podiera odcinek przewodu rurowego, można przeprowadzać dokładne próby wewnętrzne.

W innych zastosowaniach, różne normy przemysłowe narzucają konieczność stosowania surowych metod testów, jakie są stosowane na przykład w odniesieniu do transportu ropy naftowej. Aby zweryfikować integralność materiału w całym przekroju poprzecznym ścianki, często wymaga się wykonania wielu prób na końcu odcinka przewodu rurowego w precyzyjnie określonych położeniach. Twardościomierz Rockwella wyposażony w moduł automatyki oraz oprogramowanie do precyzyjnego nakierowywania, może wyznaczyć położenia i automatycznie przestawiać się do wyznaczonych punktów pomiarów, wykonać serię prób oraz wyświetlić wyniki, minimalizując zakres czynności operatora.



▲ Próbkę ze spoiną podczas próby zginania z prowadzeniem.

## Rury i przewody rurowe

### Udar

#### Wyzwanie

Sposób reagowania materiału przewodu rurowego lub rury na działanie sił uderzeń jest jednym z kryteriów wyboru uwzględnianych przez konstruktorów. Gdy materiał jest zbyt kruchy, wtedy może nastąpić uszkodzenie przy względnie niewielkich obciążeniach powodowanych przez drobny uder. Z drugiej strony, jeżeli materiał jest nadmiernie podatny, może dojść do zagięcia i ograniczenia przepływu lub do przedwczesnego rozerwania wskutek działania ciśnienia wewnętrznego. Zastosowania przewodów rurowych i rur mogą potencjalnie obejmować środowiska zarówno o niskiej temperaturze, jak i o podwyższonej temperaturze. Zmieniające się warunki środowiskowe mogą mieć znaczny wpływ na właściwości materiału, co stwarza konieczność zrozumienia, jak materiał zachowuje się w takich warunkach. Szybkość uderzeń to jeszcze jedna zmienna, które może mieć wpływ na właściwości materiału.

Korzystając z obowiązujących norm przeprowadzania badań, można mierzyć i porównywać sposób reagowania materiałów metalowych na działające siły uderzeń. Dane te są przydatne dla działów kontroli jakości, aby upewnić się, czy produkt spełnia oczekiwania, a także dla działów badań i rozwoju, aby określić, w jaki sposób zmiany procesów wytwarzania, składu materiałów lub techniki obróbki cieplnej mogą wpływać na zdolność materiału do wytrzymywania działania sił uderzeń.

#### Nasze rozwiązanie

Asortyment maszyn udarnościowych firmy Instron® obejmuje różne urządzenia od podstawowych urządzeń wahadłowych o stałej szybkości, które po prostu dostarczają energii niezbędnej do złamania próbki, po w pełni oprzyrządowane systemy opadowe ze sterowaniem komputerowym, zapewniające dużą szybkość obciążania. Ponadto, oprogramowanie do badań firmy Instron oferuje funkcje zbierania danych zapewniające możliwość przechwytywania informacji o pochłanianiu energii (plastyczność, złamanie, itd.).

Instron oferuje konstrukcje maszyn oraz przystawki do wykonywania badań znormalizowanych próbek zgodnie z wymaganiami dla prób udarnościowych Charpy'ego i Izoda (ASTM E 23), testu progu kruchości NDT (ASTM E 208) oraz opadowych testów rozdzierania (ASTM E 436, ASTM E 604 i API-5L3). Firma Instron oferuje także urządzenia niestandardowe do wykonywania prób gotowych produktów lub dla określonych warunków eksploatacji.

Przykładem rozwiązania niestandardowego jest maszyna opadowa Dynatup® model 8140 firmy Instron, która została zaadaptowana do symulowania uderzenia spowodowanego przez operatora koparki przedsięwziętej, pracującej nad rurociągiem gazu ziemnego. W tej aplikacji, pełny odcinek przewodu rurowego został umieszczony w przystawce z rowkiem klinowym z dodatkowymi podparciami bocznymi dla symulowania nacisku gleby na przewód rurowy. Do uderzenia w próbkę wykorzystano ostro zakończony bijak, aby określić energię potrzebną do przebicia przewodu rurowego.



▲ Wahadłowa maszyna udarnościowa serii SI.



▲ Przystawka Dynatup do podpierania rur i prętów.

### Pełzanie i destrukcja materiału pod wpływem naprężenia

Producenci przewodów rurowych i rur oraz producenci wyrobów końcowych muszą określać zachowanie swych produktów w warunkach działania stałych obciążeń zarówno w temperaturach otoczenia, jak i w temperaturach podwyższonych. Takie próby zazwyczaj wykonuje się w ciągu długiego okresu zgodnie z normami ASTM E 139 i ASTM E 292. Przejdź na stronę 41, aby uzyskać więcej informacji o rozwiązaniach urządzeń firmy Instron do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia.

### Zmęczenie

Producenci oraz producenci wyrobów końcowych często muszą określać zachowanie swych produktów po poddaniu działaniu takich czynników, jak obciążenia podczas pracy, wysokocyklowe i niskocyklowe zmęczenie, mechanika pęknięcia, duże szybkości odkształcania oraz zmęczenie termomechaniczne. Próby te wykonuje się zazwyczaj zgodnie z normą ASTM E 647 dla propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 dla odporności na kruche pęknięcie. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron dotyczących testów zmęczeniowych.



▲ Badanie mechaniki pęknięć przy użyciu uchwytów CT oraz przyrządu pomiarowego COD.



Spoiny odgrywają decydującą rolę w zakresie bezpieczeństwa, jakości, niezawodności, wytrzymałości oraz trwałości produktów w wielu dziedzinach przemysłu. Od produkcji samochodów, samolotów i okrętów aż po budowę autostrad, mostów, budynków, zbiorników ciśnieniowych oraz rurociągów, efektywne stosowanie spoin jest czynnikiem o kluczowym znaczeniu dla powodzenia wyrobu końcowego. Różne instytucje normalizacyjne (ASTM, JIS, ISO, EN, SAA i WES) na całym świecie przygotowały normy, które zapewniają spójność w zakresie procedur badań spoin.

Przeprowadza się dynamiczne i statyczne próby spoin. Często wykonywanymi próbami spoin są testy rozciągania, zginania lub giętkości, ścinania, twardości, próby udarowości oraz zmęczeniowe.



## Twardość

### Wyzwanie

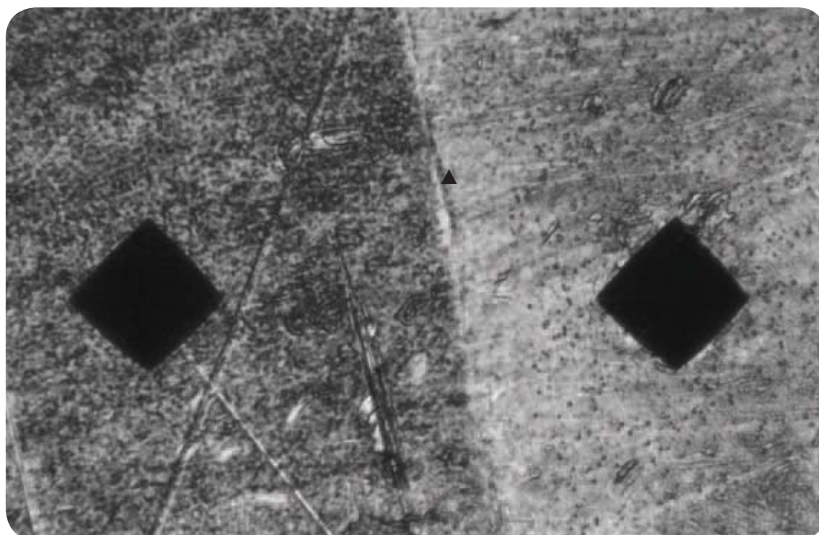
Próba twardości materiału zgrzewanego lub spawanego jest doskonałym przykładem tradycyjnych wyzwań związanych z próbami mikrotwardości. Wykonując serię pomiarów twardości w poprzek spoiny i, co najważniejsze, w strefie wpływu ciepła (HAZ), można określić, czy spoina jest położona prawidłowo i zgodnie z wymaganiami technicznymi.

Tradycyjne metody badania wymagają ręcznego kierowania stolikiem oraz odczytów odcisków poprzez układ mikroskopowy. Uzyskane w ten sposób wyniki są subiektywne i zależą od osobistej interpretacji, dlatego dokładność, spójność i rzetelność tych danych testowych budzi wątpliwości. Inne wady takiego podejścia, to związane z nim koszty, konieczność dużego nakładu pracy oraz czynnik zmęczenia wynikający z powtarzalnych czynności obsługi mikroskopu. Dodatkową trudnością analizy spoiny jest jaskrawy kontrast pomiędzy strefą wpływu ciepła i obszarem otaczającym. Przez lata powodowało to minimalizowanie lub negowanie skuteczności działania pakietów automatycznej analizy odcisków, wymagając stosowania czasochłonnych procedur ręcznego badania.

### Nasze rozwiązanie

Ostatnie postępy w dziedzinie technologii cyfrowych aparatów fotograficznych, oprogramowania aplikacyjnego oraz wyposażenia do badań odegrały istotną rolę w pojawieniu się analizy obrazów, jako realnego narzędzia oceny spoin. Firma Intron® zawarła te osiągnięcia w kompletnym bezobsługowym systemie automatycznego wykonywania odcisków wgłębnika oraz ich analizy. Podstawą tego systemu jest mikrotwardościomierz Tukon™ 2100B firmy Wilson® Instruments.

Dzięki zastosowaniu precyzyjnego stołu przestawnego XY, zautomatyzowanego mikrotwardościomierza, aparatu cyfrowego Sony® o wysokiej rozdzielczości oraz rozbudowanego pakietu oprogramowania, gwarantowana jest dokładność, rzetelność oraz spójność wyników uzyskiwanych przy użyciu twardościomierza Tukon 2100B. Efektywność takiego podejścia zapewnia także wyższą wydajność.



▲ Badanie przekroju poprzecznego rury ze szwem w strefie wpływu ciepła przy użyciu wgłębnika Vickersa 500 g i automatycznego systemu nakierowywania. Obraz jest poddawany analizie w powiększeniu 200X z wykorzystaniem oprogramowania do automatycznej analizy obrazów.

## Spoiny

### Rozciąganie

#### Wyzwanie

Próby rozciągania spoiny to jedyny sposób oceny jej wytrzymałości oraz zdolności do stawienia oporu obciążeniu. Określenie wytrzymałości spoiny zależy od rodzaju części, podstawowej geometrii materiału oraz zastosowania. Aby zagwarantować właściwości mechaniczne przy rozciąganiu podczas wykonywania próby, uchwyty, podstawa oraz rama muszą zachowywać dokładne ustawienie próbki w osi głowicy pomiarowej siły. Gdy ustawienie w osi nie zostanie zachowane, może dojść do przedwczesnego uszkodzenia wskutek rozchodzenia się pęknięć od zewnętrznych krawędzi próbki.



▲ Poszczególne części składowe zgrzewanego lub spawanego zespołu.

### Zginanie / Giętkość

#### Wyzwanie

Próby zginania lub giętkości spoin zapewniają producentom kontrolę jakości, umożliwiając określenie plastyczności i stanu spoiny. Defekty spoin występują zasadniczo wskutek niepełnej penetracji i przetopu spoiny z metalem rodzimym. Defekty tego rodzaju mogą nie być zawsze widoczne w badaniu rentgenowskim, tak więc niszcząca próba zginania lub giętkości jest bardzo ważna dla poznania odporności spoiny. Kilka norm określa odpowiednie grubości próbek i sposób ich prawidłowego ustawienia w osi.



▲ Spoinę sprawdza się wizualnie po wykonaniu próby pod względem występowania pęknięć i defektów.

#### Nasze rozwiązanie

Aby sprostać wyzwaniu związanemu z próbami rozciągania spoin, firma Instron® oferuje bogaty wybór uchwytów, które umożliwiają stosowanie różnych obciążeń oraz mocowanie próbek o różnych kształtach geometrycznych. Te uchwyty i przystawki spełniają lub przekraczają wymagania przemysłowe i można je zestawiać ze specjalnymi urządzeniami do ustawiania w osi i środkowania, co zapewnia prawidłowe umieszczanie próbek w uchwytach. W przypadku unikalnych zastosowań wymagających niestandardowych przystawek, firma Instron posiada odpowiednie oprzyrządowanie i jest gotowa podjąć takie wyzwania.

W zależności od rodzaju spoiny, próbę rozciągania można także skonfigurować w taki sposób, aby była wykonywana w trybie ścinania. Do uzyskania wyników prób dla różnych rodzajów spoin, w tym dla próby ścinania spoiny zakładkowej (lap shear test) oraz spoiny pachwinowej (fillet shear test), można wykorzystywać uchwyty standardowe.



▲ Pneumatyczne uchwyty o działaniu klinowym firmy Instron, o zdolności obciążeniowej 100 kN (22480 lbf), wykorzystywane do oceny wytrzymałości na rozciąganie zgrzewanych lub spawanych elementów.

#### Nasze rozwiązanie

Firma Instron oferuje przystawki do prób zginania z prowadzeniem oraz do prób zginania spoin, zgodne z wymaganiami norm przemysłowych. Dostępne są przystawki o ustalonej lub nastawnej rozpiętości podstawy do wykonywania prób plastyczności spoin. Przystawkę do prób zginania spoin można ustawiać w jednym z czterech położen dostosowanych do różnych grubości próbek. Dla zachowania prawidłowości ustawienia w osi, podstawa przystawki może być osadzona na kołkach ustalających na stole.

Instron oferuje gamę uniwersalnych przyrządów do badań, spełniających wymagania związane z próbami spoin. Ponadto, ramy maszyn do badań firmy Instron można skonfigurować w układzie z dwiema przestrzeniami roboczymi, jedną przeznaczoną do prób rozciągania oraz jedną do prób zginania, co pozwala oszczędzić cenny czas ustawiania i zmiany konfiguracji.



▲ Próba zginania z prowadzeniem próbki spoiny według normy ASTM E 190.

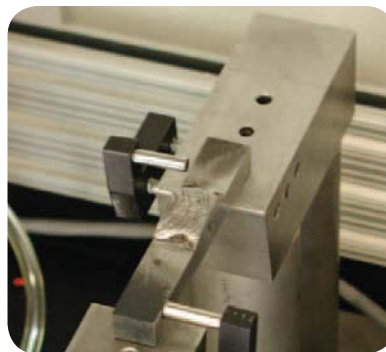
## Udar

### Wyzwanie

Próby udarowościowe materiałów spawanych dostarczają informacji o wytrzymałości udarowościowej oraz właściwościach zachowania się spoiny. Właściwości spoiny mogą przedstawiać się w różny sposób, gdy istniejące pęknięcie w spoinie zostanie narażone na gwałtowny uder, przy czym różnica może być większa w niskich lub wysokich temperaturach. Mając to na względzie, projektanci muszą wiedzieć, jaki wpływ na projektowane konstrukcje mają takie nieprzewidziane zdarzenia, jak aktywność sejsmiczna, zderzenie czołowe lub fruwające odłamki. Wytrzymałość spoiny na pęknięcie zależy od temperatury, tak więc jest bardzo ważne, aby projektant rozumiał stan przejścia kruchości spoiny. Powszechnie wykonywanymi próbami udarowościowymi metali są opadowe próby ścinania oraz próby udarowościowe Charpy'ego z karbem V i U.

### Nasze rozwiązanie

Firma Instron® oferuje całą gamę oprzyrządowanych maszyn opadowych i wahadłowych, przystawek oraz najnowocześniejsze oprogramowanie, aby pomóc klientom spełniać wymagania związane z wykonywaniem prób. Wykonywanie prób z wykorzystaniem oprzyrządowania umożliwia uzyskanie dokładnych danych pomiarowych, wyświetlanych w postaci tabel i wykresów dla wielkości energii, szybkości, czasu i ugięcia. Możliwość analizy krzywych obciążenia lub energii względem czasu pozwala użytkownikowi identyfikować zapoczątkowanie przełomu kruchego w stalach konstrukcyjnych. Ta informacja jest niezbędna przy ocenie zdolności produktu lub części składowej do wytrzymywania obciążenia odpowiadającego wyraźnej granicy plastyczności w obecności niewielkiego defektu.



▲ Niestandardowy test spoiny.



▲ Maszyna Dynatup® model 9250 podczas wykonywania testu udarowościowego Charpy'ego spawanej próbki.

## Zmęczenie

### Wyzwanie

Projekt nowej normy EN ISO 14324, dotyczącej prób zmęczeniowych punktowych połączeń zgrzewanych, stanowi dla dostawców aluminium nowe wyzwanie związane z wykonywaniem prób wytrzymałościowych. Wyzwania te obejmują potrzebę opracowania rozwiązań lekkich i precyzyjnych uchwytów dla próbek poddawanych próbom zmęczeniowym ścinania szwu zakładkowego. Taki uchwyt musi obejmować szeroki zakres grubości próbek od 0,5 mm do 6 mm (0,019 in do 0,24 in) oraz ich szerokości do 90 mm (3,54 in), przy maksymalnym obciążeniu 15 kN (3372 lbf). Aby zapewnić powtarzalność prób, konieczne jest umieszczanie spoiny punktowej bezpośrednio w osi obciążenia maszyny.

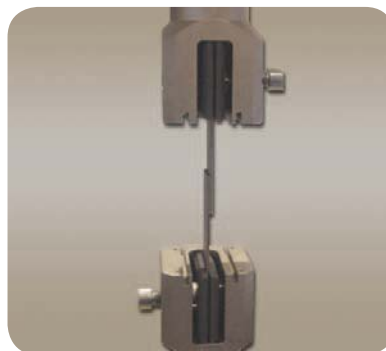
### Nasze rozwiązanie

Firma Instron oferuje unikalny zestaw uchwytów, które spełniają te konkretne wymagania. Zastosowanie jednej nieruchomej wkładki szczęki i jednej przestawnej wkładki na każdym uchwycie pozwoli zakładać próbki do testów ścinania szwu zakładkowego bez konieczności stosowania dodatkowych wkładek odległościowych. Zapewnia to możliwość umieszczenia powierzchni styku obu połówek próbki bezpośrednio w osi obciążenia maszyny do badań.

Przezroczysta przystawka z wytrawionymi oznaczeniami, wsunięta pomiędzy uchwyty, zapewnia powtarzalne i precyzyjne pozycjonowanie środka spoiny w osi obciążenia maszyny do prób z równoczesnym zachowaniem jednakowych odległości od uchwytów. Ta przystawka służy także do zablokowania uchwytów razem podczas ustawiania próby, zapobiegając przykładaniu do próbek jakichkolwiek obciążeń skrętnych podczas zaciskania uchwytów. Uchwyty są niewielkich rozmiarów i są produkowane z aluminium w celu zminimalizowania masy oraz umożliwienia szybszego wykonywania prób.



▲ Pozycjonowanie spoiny punktowej w osi obciążenia.



▲ Próbką ustawiona i zamocowana w uchwytach.



# Kształtowniki konstrukcyjne

Kształtowniki konstrukcyjne są spawanymi lub zgrzewanymi, walcowanymi lub wyciskanymi produktami metalowymi, wykorzystywanymi w budowie mostów, budynków, zbiorników magazynowych, okrętów, szyn oraz innych wyrobów metalowych. Często występują kształtowniki konstrukcyjne o przekroju w kształcie litery W (belki dwuteowe szerokostopowe), w kształcie litery S (belki dwuteowe), w kształcie litery L (kątowniki), w kształcie litery C (ceowniki), teowniki i zetowniki. Skład chemiczny i właściwości mechaniczne określają dane techniczne, gatunek lub klasę kształtownika konstrukcyjnego. Zgodność z tymi danymi technicznymi prowadzi do odpowiedniego wyboru kształtowników przy tworzeniu konstrukcji, które odpowiadają wymaganiom projektowym oraz stosują się do odpowiednich przepisów dotyczących budynków, transportowania lub bezpieczeństwa produktów.

Niektóre blachy grube, pręty, druty przewody rurowe i rury mogą być uważane za konstrukcyjne w zależności od ich rozmiarów oraz zgodności składu chemicznego i właściwości mechanicznych. Informacje o wyzwaniach związanych z wykonywaniem prób takich form oraz oferowanych rozwiązaniach można znaleźć na stronach 10, 14, 24 i 24.



## Rozciąganie

### Wyzwanie

Próbki kątowników o pełnym przekroju stanowią wyjątkowe wyzwania dotyczące mocowania w uchwytach. W przypadku wielu innych kształtowników konstrukcyjnych, takich jak belki dwuteowe szerokostopowe lub belki dwuteowe, można wyciąć ze środka ramienia kształtownika odcinki płaskie lub w kształcie wiosełka i wykonać próby rozciągania zgodnie z ogólnymi wymaganiami technicznymi, jak ASTM A 370 lub EN 10002. Jednakże pomimo prostoty normalnego, płaskiego kształtu, takie próbki mogą być duże, ciężkie i mogą wymagać znacznie większych zdolności obciążeniowych niż próbki wycinane z blachy, ze względu na grubość środka, ramienia lub trzonu kształtownika. Ponadto, dane techniczne kształtownika konstrukcyjnego często wyznaczają minimalne wymagania dotyczące wydłużenia w oparciu o dużą długość pomiarową 200 mm (8 in.).

### Nasze rozwiązanie

Uniwersalne maszyny do prób wytrzymałościowych firmy Instron® o dużej zdolności obciążeniowej zapewniają w pełni wystarczające parametry wymagane do przeprowadzania prób stali konstrukcyjnej. Standardowe modele o dużej zdolności obciążeniowej obejmują zakres zdolności obciążeniowych od 150 kN (33750 lbf) do 3500 kN (800000 lbf), a były również projektowane systemy niestandardowe o zdolnościach obciążeniowych do 10 MN (2250000 lbf). Dla ułatwienia załadunku ciężkich próbek, systemy o układzie pionowym mogą być konfigurowane z uchwytami o otwartych wkładkach szczepek i odwróconymi siłownikami, co zapewnia usytuowanie przestrzeni roboczej na dogodnej wysokości i wyeliminowanie konieczności montażu systemu w zagłębieniu. Alternatywnie, zmęczenie operatora oraz ryzyko doznania obrażeń można zredukować dzięki zastosowaniu poziomego systemu do prób, co pozwala załadowywać bardzo ciężkie próbki przy użyciu suwnicy. W przypadku rozwiązań najbardziej efektywnych ekonomicznie, systemy o układzie pionowym można konfigurować z uchwytami wbudowanymi bezpośrednio w poprzeczne belki pomiarowe ram. Szczełki do testowania próbek kątowników i próbek płaskich o pełnych przekrojach są dostępne zarówno z uchwytami wbudowanymi, jak i zewnętrznymi, i obejmują szeroki zakres rozmiarów.



▲ Pneumatyczne uchwyty o działaniu klinowym o zdolności obciążeniowej 300 kN (67500 lbf) oraz automatyczny ekstensometr M300 o długości pomiarowej 200 mm (7,87 in.).



▲ Pozioma maszyna do badań serii SATEC™ o zdolności obciążeniowej 3500 kN (800000 lbf).

Firma Instron® oferuje także wybór rozwiązań ekstensometrów do testowania próbek metalowych z dużymi długościami pomiarowymi. Konstrukcje z czujnikami typu LVDT oraz tensometrycznymi są dostępne dla długości pomiarowych do 200 mm (8 in). Po podłączeniu do systemu Instron ekstensometry te są automatycznie rozpoznawane i rekalirowane, co zapewnia bezpieczne i niezawodne użycie właściwego przyrządu dla danej aplikacji. Instron oferuje kilka automatycznych ekstensometrów, które zapewniają maksymalną wydajność wykonywania prób. Przyrządy te można wykorzystywać w systemach całkowicie automatycznych oraz w systemach z załadunkiem ręcznym do automatycznego ustawiania długości pomiarowej, przymocowania ekstensometru oraz zwalniania ekstensometru.



▲ Klinowe chwyt hydrauliczne o wysokiej zdolności obciążeniowej z przegubowymi szczękami. Uchwyt otwiera się automatycznie, aby ułatwić zakładanie i zdejmowanie próbek o rozmiarach do 127 mm x 127 mm x 1016 mm (5 in x 5 in x 40 in).

## Twardość

### Wyzwanie

Próby twardości stali konstrukcyjnej są związane z wieloma tradycyjnymi wyzwaniami dotyczącymi testów twardości przetworzonych materiałów. Przy ocenie twardości dowolnego przetworzonego materiału konstrukcyjnego należy uwzględnić stabilizację zamocowania i montowania materiału, rodzaj próby, manipulowanie materiałem i zakres przyrządu oraz dokładność testu.

Jedno z takich wyzwań występuje w przypadku próby twardości materiału toru szynowego lub główki szyny. Niewłaściwa obróbka cieplna lub przygotowanie materiału może niekorzystnie wpływać na integralność materiału i spowodować przedwczesne uszkodzenie. Wymagania jakie sugeruje American Railway Engineering and Maintenance Association (AREMA), narzucają wykonywanie odcisków o skomplikowanym rozmieszczeniu na całym przekroju poprzecznym główki szyny w celu zweryfikowania prawidłowości utwardzenia powierzchni oraz płynności stopniowego przejścia w kierunku środka główki szyny.

Próba twardości główki szyny wymaga wykonania przynajmniej 50 indywidualnych testów twardości w celu uzyskania danych niezbędnych dla prawidłowej analizy. Tradycyjny sposób wykonania próby polega na ręcznym kierowaniu stolikiem oraz operowaniu przyrządem probierczym z równoczesnym ustalaniem położenia poszczególnych odcisków. Spełnienie wymagań dotyczących ręcznego rozmieszczenia odcisków w skomplikowanym układzie z zapewnieniem wymaganej dokładności, jest nie tylko nużące i czasochłonne, ale też kosztowne i nieefektywne.

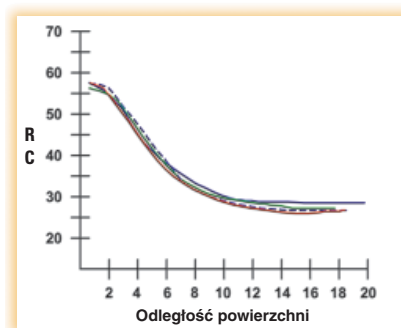
### Nasze rozwiązanie

Dzięki zastosowaniu bardzo dużego automatycznego stołu zaopatrzonego w kołki ustalające oraz zaciski dla próbek, firma Instron bez trudu rozwiązała problem procesu zamocowania. Połączenie stołu wyposażonego w napęd silnikowy z techniką automatycznego nakierowywania i układem automatyki urządzenia do prób tworzy całkowicie bezobsługowy, zautomatyzowany system wykonywania i analizy odcisków. Dzięki wykorzystaniu precyzyjnego stołu podziałowego XY, zautomatyzowanego twardościomierza Rockwella® oraz rozbudowanego pakietu oprogramowania, uzyskano możliwość dokładnej, spójnej i efektywnej analizy główki szyny.

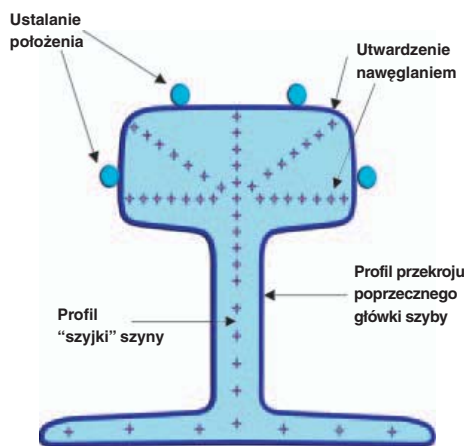
Czynności obsługowe operatora ograniczają się do początkowej konfiguracji, którą można odtwarzać w razie potrzeby. Takie bardziej spójne, bezobsługowe podejście umożliwia uzyskanie radykalnej poprawy efektywności oraz wydajności. Wyczerpujące badanie obszarów obróbki cieplnej, a także odwzorowanie przejścia twardości obrębu główki szyny poprzez szyjkę strukturalną, jest realizowane automatycznie. Dzięki wyeliminowaniu procesów ręcznego testowania, szybko uzyskuje się zwrot nakładów inwestycyjnych.

## Zmęczenie

Producenci często muszą określać zachowanie swych produktów po poddaniu działaniu takich czynników, jak obciążenia podczas pracy, wysokocyklowe i niskocyklowe zmęczenie, występowanie pęknięć, duże szybkości odkształcania oraz zmęczenie termomechaniczne.



▲ Wykres twardości materiału uzyskany jest przy wykonywaniu odcisków od powierzchni zewnętrznej w kierunku wnętrza.



▲ Schemat wymaganego rozmieszczenia odcisków na przekroju poprzecznym główki szyny.

Próby te wykonuje się zazwyczaj zgodnie z normą ASTM E 647 w przypadku propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 w przypadku odporności na kruche pęknięcie. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron dotyczących testów zmęczeniowych.



# Łańcuchy

Łańcuch jest wyrobem stalowym o wielu funkcjach, takich jak podnoszenie ładunków, wiązanie i zabezpieczanie ładunków, holowanie, mechanizmy i zawieszanie. Materiał, budowa, sposób produkcji, wymiary, wykończenie i właściwości mechaniczne określają gatunek lub typ łańcucha. Rzeczywiste zastosowanie narzuca rozmiar i typ łańcucha, jakiego należy użyć. Zastosowania są rozmaite oraz liczne i obejmują zawiesia, zamocowania, wyposażenie boisk i sal gimnastycznych, otwieranie i zamykanie drzwi, zawory, przysuwnice i zasuw, podwieszenie oświetlenia, łańcuchy dla zwierząt, łańcuchy okrętowe oraz łańcuchy bramowe.



## Rozciąganie i sprawdzanie

### Wyzwanie

Łańcuchy są często certyfikowane pod względem spełniania wymagań dotyczących minimalnego, sprawdzającego obciążenia zrywającego oraz wydłużenia. Spełnianie lub przewyższanie takich wymagań dowodzi rzetelności wytwarzania łańcucha i bezpieczeństwa użytkowania w zakresie opublikowanych wartości granicznych obciążenia roboczego. Oprócz często wymaganej wysokiej zdolności obciążeniowej, testowanie łańcucha stanowić wyjątkowe wyzwanie dotyczące mocowania w uchwytach. Średnica materiału może być całkiem duża, co uniemożliwia przejście zaczepu kołkowego lub śruby w kształcie litery U o wystarczającej zdolności obciążeniowej przez oczko ogniwa łańcucha.

W niektórych specyfikacjach dla łańcuchów żąda się wykonywania prób zgodności z wymaganiami dotyczącymi wydłużeń. Taki test wymaga wykonania pewnej liczby pomiarów wymiarów łańcucha przed oraz po wykonaniu próby. Wartości tych pomiarów są wykorzystywane w szeregu równań do obliczenia wydłużenia. Ten test, który jest bardziej nużący niż skomplikowany, oraz związane z nim obliczenia stanowią wyzwanie w przypadkach, gdzie istotną sprawą jest wydajność i efektywność.



▲ Testowane próbki łańcucha.

### Nasze rozwiązanie

Uchwyty łańcuchów firmy Instron® posiadają unikalną konstrukcję, składającą się z czterech nastawnych płytek dotykowych. Położenia tych płytek można łatwo dostosować w taki sposób, aby znajdowały się w obrębie szczeliny ogniwa łańcucha, co zapewnia duże pole powierzchni, o które może opierać się ogniwo łańcucha. Ponieważ można regulować ustawienie uchwytów, dzięki czemu mogą one obsługiwać łańcuchy o szerokim zakresie rozmiarów, to rozwiązanie zapewnia ekonomiczną alternatywę dla wkładek uchwytów, których budowa umożliwia obsługiwanie łańcuchów w węższym zakresie rozmiarów. Ponadto, w miarę zużywania się płytek dotykowych można je obracać i odwracać, co czterokrotnie wydłuża okres ich przydatności do użytkowania. Uchwyty firmy Instron zintegrowane z hydrauliczną (serii SATEC™) lub elektromechaniczną maszyną firmy Instron stanowią ekonomiczne i elastyczne rozwiązanie układu do prób łańcuchów o ogniwach zgrzewanych lub bez szwu w pełnym asortymencie gatunków i rozmiarów.

Oprogramowanie i systemy sterowania firmy Instron zapewniają rzetelność i efektywność wykonywania prób i obliczenia wydłużenia. Oprogramowanie aplikacyjne można skonfigurować w taki sposób, aby włączyć automatyczne wstrzymywanie próby przez sterownik serwomechanizmu po osadzeniu ogniwa łańcucha w uchwytach oraz uaktywnić funkcję podpowiedzi operatorowi np. o konieczności wykonania odpowiednich pomiarów ogniwa łańcucha.



▲ Urządzenie VTL serii SATEC z uchwytami do łańcuchów.

Te pomiary mogą być opcjonalnie wykonywane przez cyfrowy sprawdzian szczękowy i automatycznie wprowadzone do programu. Po wykonaniu potrzebnych pomiarów można zakończyć próbę i doprowadzić do zerwania łańcucha naciskając po prostu przycisk na panelu sterowania systemem lub klawisz w komputerze PC. Po zakończeniu testu system przypomina operatorowi o wprowadzeniu końcowych pomiarów ogniwa łańcucha, a oprogramowanie aplikacyjne automatycznie oblicza wyniki wydłużenia.



# Odlewy i odkuwki

Przemysł samochodowy oraz lotniczy i astronautyczny stale poszukują bardziej trwałych, wytrzymałych i możliwie lekkich materiałów. Na przykład, odlewy wykorzystywane przez przemysł samochodowy na części układów zawieszenia wykonuje się obecnie z aluminium, co dzięki mniejszej masie poprawia ekonomię zużycia paliwa. Do określania wytrzymałości granicznej, trwałości oraz okresu przydatności tych odlewów stosuje się różne metody. Zasadniczo, części odlewane są używane w zastosowaniach, gdzie wymaga się masowej produkcji lekkich części o dużej wytrzymałości, takich jak bloki silników, obudowy przekładni i zawory.

Chociaż pomiędzy elementami odlewanyymi i kutymi występują znaczne różnice, są też podobieństwa ich zastosowań. Części kute, takie jak ramiona zwrotnic, wałki, dźwignie uchylne, bębny podwozi samolotów oraz zawieszenia silników często występują w zastosowaniach, gdzie muszą wytrzymać skrajne wartości naprężeń, ciśnienia oraz sił uderzeń.



## Twardość

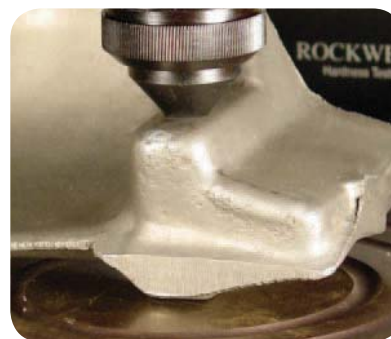
### Wyzwanie

Próby twardości odlewów wykonuje się zazwyczaj przy użyciu twardościomierza Brinella ze względu na ziarnistą strukturę oraz szorstką powierzchnię. Ze względu na zmianę odlewów stalowych na odlewy aluminiowe w przemyśle samochodowym, coraz więcej części wymaga wykonywania prób jakościowych w 100%. W wyniku tego, konieczne są metody testowania zapewniające większą wydajność oraz wyższą dokładność. W przypadkach, gdzie odlewy wytwarza się z bardziej drobnoziarnistego materiału, jak na przykład odlewy w wielu silnikach, preferowana jest metoda Rockwell® ze względu na szybkość oraz łatwość wykonywania pomiarów. Jednakże większość prób twardości odlewów i odkuwek przypada na próby twardości według Brinella.

### Nasze rozwiązanie

Firma Wilson® Instruments opracowała produkcyjny test Brinella jako unikalną metodę automatycznego i dokładnego określania twardości Brinella. Produkcyjny test twardości Brinella służy do szybkiego i dokładnego wykonywania prób w warunkach wysokiego natężenia produkcji. Został on opracowany w celu wyeliminowania procedur o dużych nakładach robocizny związanej z wykonywaniem tradycyjnych testów Brinella i jest wystarczająco szybki dla zastosowań na linii produkcyjnej. Powoduje to, że produkcyjny test Brinella jest idealnym rozwiązaniem w przypadku środowisk produkcyjnych o dużym natężeniu czynności inspekcyjnych.

Cała sekwencja testu trwa w przybliżeniu sześć sekund. System może być zamontowany niestandardowo w istniejącej ramie, zintegrowany z istniejącym systemem produkcyjnym albo zamontowany na standardowym modelu ramy stacjonarnej Wilson Instruments.



▲ Zaciskowy twardościomierz Rockwella firmy Wilson podczas wykonywania testu twardości Rockwella na odlewie pręta.



▲ Dwugłowicowy produkcyjny twardościomierz Brinella.

## Odlawy i odkuwki

### Udar

#### Wyzwanie

Producenci samochodów muszą doskonale zdawać sobie sprawę z różnych warunków, które mogą spowodować zużycie i w końcu uszkodzenie określonej części pojazdu. Metal może rozerwać się wskutek działania dużych sił uderzeń. Klasycznym przykładem jest wpływ kolizji drogowej na odlewaną część w mechanizmie zamka drzwi. Jeżeli odlew nie spełnia wymagań dotyczących znamionowych sił uderzenia, część ulegnie uszkodzeniu i spowoduje przedwczesne zablokowanie drzwi, co zagraża potencjalnym uwięzieniem pasażerów wewnątrz pojazdu. Test udarnościowy może pomóc w identyfikacji nie tylko udarności danej części składowej, lecz także w ocenie prawidłowości doboru materiału.

#### Nasze rozwiązanie

Maszyna Mini-Tower™, skonfigurowana do prób udarnościowych zgodnie z wymaganiami dla belki wspornikowej, nadaje się idealnie do przeprowadzania badań różnego rodzaju materiałów odlewów. Standardową przystawkę Izoda można zmodyfikować w taki sposób, aby można było przytrzymywać próbkę badaną w próbie udarnościowej. Wykorzystując bijak z oprzyrządowaniem i system zbierania danych Impulse™ firmy Instron®, można uzyskiwać wykresy krzywych zależności obciążenia całkowitego w funkcji czasu dla każdego uderzenia. Analiza tej krzywej zapewnia wyraźne i dokładne wskazanie tych części odlewu, które wykazują przełom kruchy względem innych, które charakteryzuje dłuższy przełom plastyczny.



▲ System do prób udarnościowych Mini-Tower wyposażony w system zbierania danych Impulse.

### Rozciąganie

#### Wyzwanie

Procesy odlewania mogą zapewnić korzyści ekonomiczne, gdy są stosowane przy produkcji części o skomplikowanych kształtach. Obróbka skrawaniem części, od kęsa hutniczego po ostateczny kształt, może być czasochłonna i kosztowna. W procesie odlewania można wytwarzać części o kształcie końcowym lub zbliżonym do końcowego, minimalizując konieczne czynności obróbki skrawaniem. Podobnie jak w przypadku odlewów, odkuwki posiadają często nieregularne kształty. W wielu przypadkach właściwości standardowej próbki wyznaczone w określonej części odlewu lub odkuwki mogą nie reprezentować właściwości całej części. Dlatego konieczne jest wykonywanie próby całej części odlewanej lub kutej. Ze względu na różnorodność kształtów i rozmiarów mocowanie tych części w uchwytach może być trudne, a test zazwyczaj wymaga stosowania względnie dużych sił.

#### Nasze rozwiązanie

Aby umożliwić spełnienie wymagań dotyczących wyprasek, a także metalowych części odlewanych i kutych, firma Instron oferuje stołowe modele ram o zdolności obciążeniowej do 50 kN (11250 lbf) oraz modele wolnostojące o zdolnościach obciążeniowych do 3000 kN (600000 lbf). Maszyny te mogą być wyposażone w gamę uchwytów do wykonywania testów standardowych próbek oraz różne ekstensometry, aby zapewnić uzyskiwanie dokładnych wyników pomiaru modułu i plastyczności.

W przypadku wykonywania prób złożonych części, ramę można wyposażyć w niestandardowe uchwyty, stół z rowkami teowymi lub specjalne przystawki, aby dostosować ją do kształtu części. Projektanci Instron współpracują ściśle z klientami, aby w pełni zrozumieć i zdefiniować zastosowanie, warunki próby oraz charakterystykę materiału w celu dostarczenia rozwiązania precyzyjnego zamocowania, odpowiadającego wymaganiom.

### Zmęczenie

Producenci często muszą określać zachowanie swych produktów w warunkach obciążenia podczas pracy, wysokocyklowego i niskocyklowego zmęczenia, występowania pęknięć, dużej szybkości odkształcania oraz zmęczenia termomechanicznego. Próbę tę wykonuje się zazwyczaj zgodnie normą ASTM E 647 w przypadku propagacji pęknięć zmęczeniowych oraz ASTM 1820 w przypadku odporności na kruche pęknięcie. Na stronie 41 można znaleźć więcej informacji o rozwiązaniach firmy Instron dotyczących testów zmęczeniowych.



▲ Uchwyty klinowe o zasilaniu hydraulicznym do osiowych prób statycznych oraz dynamicznych przy zmiennym obciążeniu.



# Asortyment produktów

W związku z silną konkurencją na rynku metali dostawcy i producenci materiałów oczekują najwyższej jakości oraz wysokiej wydajności i niższych kosztów. Systemy firmy Instron® do badań materiałów pozwalają klientom uzyskiwać wszystkie te cele. Zachowując respektowane nazwy firm Wilson Instruments, Wolpert™, Dynatup® oraz SATEC™, firma Instron zaopatruje swych klientów we wszystkie potrzebne urządzenia, od przyrządów podstawowych po w pełni zautomatyzowane systemy do testów wytrzymałościowych.



▲ Maszyny serii SATEC, modele 300 DX, 1500 KN i 5582 (od lewej do prawej strony).

## Uniwersalne systemy do prób statycznych

(rozciąganie, ściskanie, zginanie i ścinanie)

Instron oferuje zarówno elektromechaniczne, jak i hydrauliczne uniwersalne maszyny do prób rozciągania, ściskania, zginania i ścinania elementów metalowych o różnych kształtach, rozmiarach i parametrach wytrzymałościowych.

Elektromechaniczne systemy do prób wytrzymałościowych są najpowszechniej wykorzystywanymi i rozpoznawanymi produktami firmy Instron. Systemy te, dostępne w wersjach o zdolnościach obciążeniowych od 0,5 kN (112 lbf) do 600 kN (135000 lbf), zapewniają duże szybkości, duże przestrzenie robocze, długi skok oraz precyzyjne pomiary położenia.

Przeznaczone do wykonywania prób z dużą wydajnością, maszyny Instron serii SATEC wykorzystują układy hydrauliczne jako efektywny ekonomicznie sposób uzyskiwania obciążeń od 150 kN (33750 lbf) do 3000 kN (600000 lbf). Systemy te są często używane do badania próbek metali, prętów zbrojeniowych, przewodów rurowych, drutów, prętów stalowych oraz elementów złącznych.

## Systemy do prób twardości

Wilson Instruments jest pomysłodawcą twardościomierza Rockwella®. Próba twardości Rockwella jest najczęściej stosowaną metodą oceny twardości. Zarówno maszyna Rockwell 2000, jak i Tukon™ 2100 są uznawane za najbardziej precyzyjne, powtarzalne i dokładne przyrządy do prób twardości. Dzięki zastosowaniu technologii pętli zamkniętej cyfrowego układu sterowania firmy Instron, te twardościomierze Rockwella oferują powtarzalność i rzetelność, jakiej nie mogą dorównać żadne inne urządzenia dostępne obecnie na rynku.



▲ Maszyny Rockwell 2000 (z lewej strony) i Tukon 2100 (z prawej strony).

## Systemy niestandardowe

Firma Instron jest gotowa do podjęcia wyzwań związanych z przeprowadzaniem badań metali przez swoich klientów. Wykorzystując systemy o zdolnościach obciążeniowych 10 MN (225000 kip) firma Instron opracowała unikalne systemy do prób lin gondol o wysokiej wytrzymałości, dwuteowników, stali konstrukcyjnej, łańcuchów, kątowników stalowych i innych elementów.



▲ System do prób zmęczeniowych o zdolności obciążeniowej 5 MN (112500 kip), wyposażony w uchwyty o działaniu bocznym.



## Asortyment produktów

### Systemy do prób skręcania

Seria urządzeń firmy Instron® do wykonywania prób skręcania obejmuje systemy do zastosowań zmęczeniowych i statycznych, spełniające wymagania zarówno prób skręcania, jak i prób skręcania z rozciąganiem lub ściskaniem. Systemy te, dostępne w wersjach o zdolnościach obciążeniowych od 12 Nm (100 in-lb) do 13000 Nm (120000 in-lb), są powszechnie wykorzystywane do wykonywania prób elementów złącznych, drutów, prętów i elementów metalowych.

### Systemy do prób udarowościowych

Przyrządy do prób udarowościowych Dynatup® wykorzystuje się do wyznaczania charakterystyk absorpcji energii próbek testowych lub części. Dostępny jest pełny asortyment modeli, z których każdy spełnia określone wymagania dotyczące energii, obciążenia i szybkości. Dla ułatwienia automatycznego sterowania, zbierania danych, wyświetlania wyników testu w postaci graficznej, obliczania wyników, tworzenia raportów oraz zarządzania bazą danych można dołączyć pakiet oprogramowania Impulse™. Dostępne są opcjonalne przystawki obsługujące próby podstawowe (np. Charpy'ego, Izoda), a także bardzo wyrafinowane protokoły prób w połączeniu z określonymi normami ASTM, ISO, EN, DIN oraz normami przemysłowymi.

Seria VHS systemów do badań o wysokiej szybkości odkształcania wykorzystuje technologię układów serwohydraulicznych połączoną ze sterownikiem FastTrack™ 8800 do oceny własności metali. Urządzenia serii VHS zapewniają obciążenia udarowe do 100 kN (22 kip) z prędkościami do 25 m/s (81 ft/s). Oprócz unikalnej technologii sterowania i zbierania danych, dostępny jest bogaty asortyment uchwytów i akcesoriów spełniających wymagania aplikacyjne.



▲ Maszyna do prób skręcania Dynamight™ oraz 55MT1.



▲ Maszyna udarowościowa Dynatup wahadłowa (z lewej strony) i opadowa (z prawej strony).



▲ System do prób VHS o wysokiej szybkości, zapewniający uzyskanie parametrów działania 50 kN / 20 m/s.

## Systemy do prób zmęczeniowych

Do testowania materiałów i części w cyklu zmęczeniowym w celu symulowania długotrwałego działania zazwyczaj wykorzystuje się systemy serwohydrauliczne. Rodzina urządzeń do prób zmęczeniowych firmy Instron® obejmuje asortyment systemów o zdolnościach obciążeniowych od 25 kN (5,6 kip) do 10 MN (225000 kip). Systemy te są zdolne do wykonywania standardowych prób zmęczeniowych, takich jak zmęczenie wysokocyklowe i o dużej szybkości odkształcania, mechanika pękania, rozciąganie i ściskanie, a także spełniające takie zaawansowane wymagania, jak zmęczenie termomechaniczne, zmęczenie wieloosiowe oraz próby o dużej szybkości odkształcania. Dla zapewnienia jeszcze większej elastyczności funkcjonalnej, seria 8800 w pełni cyfrowych sterowników układów serwohydraulicznych firmy Instron, jest przeznaczona do obsługi prób jednoosiowych i wieloosiowych.



▲ System do prób zmęczeniowych 8801 (z lewej strony) oraz 8805 (z prawej strony).

## Systemy do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia

Wielu producentów metali oraz producenci swych produktów w warunkach działania stałych obciążeń zarówno w temperaturach otoczenia, jak i w podwyższonych temperaturach. Próby te przeprowadzane są zazwyczaj jako próby długotrwałe, trwające czasami do 10000 godzin.

Aby spełnić takie potrzeby, firma Instron oferuje zarówno uniwersalne maszyny do badań, jak i modele przeznaczone do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia. Rozwiązania firmy Instron dla prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia, w połączeniu z specjalizowanymi ramami, systemami piecowymi i przystawkami, pomogły opracować normy dla prób tego rodzaju. Uwzględniając dane historyczne sięgające wstecz do lat pięćdziesiątych, maszyny te są w stanie obecnie przykładać stałe obciążenia o wartościach do 3000 kg (6000 lbf) w okresie do 10000 godzin. Układ obciążania, działający na zasadzie dźwigni powoduje, że system jest zarówno efektywny ekonomicznie, jak i w wysokim stopniu niezawodny. Wiele pieców i akcesoriów takich samych, jakich używa się w urządzeniach firmy Instron do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia, daje się zaadoptować także do tradycyjnych, uniwersalnych maszyn do prób rozciągania na gorąco.



▲ Model M3 systemu do prób pełzania i destrukcji materiałów pod wpływem naprężenia.

## Zautomatyzowane systemy do prób

System automatyki TestMaster™ firmy Instron przygotowuje warunki do przeprowadzenia próby oraz wymagania dotyczące manipulowania. Robot chwytá próbkę, odczytuje kod paskowy i określa sekwencję próby - rozpoznaje on nawet kody geometrii identyfikujące próbki ASTM, EN, ISO i JIS. Robot dokonuje pomiarów wymiarów próbki, przenosi próbkę do maszyny do badań i umieszcza ją w prawidłowym położeniu. Następnie przeprowadza próbę, oblicza wszystkie wartości oraz automatycznie przekazuje wyniki do bazy danych stalowni. Jeżeli ma być wykonana próba twardości oraz próba rozciągania, robot przenosi najpierw próbkę do twardościomierza Rockwella® firmy Wilson®, a następnie umieszcza ją w maszynie do prób rozciągania. System ten zapewnia precyzję, efektywność oraz niezawodność, które są kluczowymi czynnikami w kwestii automatyzacji stalowni.



▲ System automatyki TestMaster.



# Akcesoria do badań metali

Firma Instron®, oferuje bogaty wybór akcesoriów, w tym uchwyty, przystawki i pakiety oprogramowania, które można łatwo dostosować do dowolnej ramy mając gwarancję pełnego zaspokojenia praktycznie wszelkich potrzeb związanych z wykonywaniem badań wytrzymałościowych materiałów. W przypadkach, gdy standardowe rozwiązanie nie zapewnia obsługi próbki lub nie odpowiada wymaganiom wykonywania próby, nasze bogate doświadczenie w dziedzinie badań wytrzymałościowych oraz umiejętności techniczne umożliwiają opracowanie unikalnego rozwiązania, dostosowanego do wymagań klienta.



## Ekstensometry

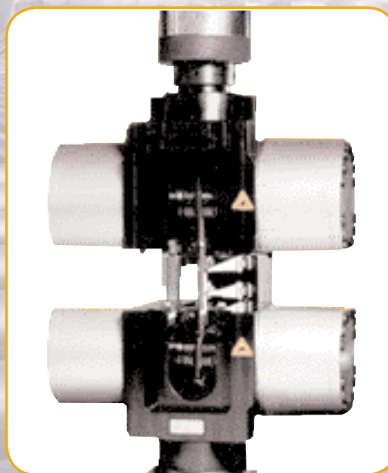
- automatyczny
- zaciskany na próbce
- wideo



▲ Ekstensometr o małej długości pomiarowej (serii 2630).

## Uchwyty i przystawki

- o działaniu klinowym
- dynamiczne
- specyficzne dla zastosowania (element złączny, drut / kabel itd.)
- do prób zginania / giętkości
- do prób ścinania



▲ Podwójne uchwyty hydrauliczne o działaniu bocznym (serii 2718).

## Akcesoria do prób twardości

- bogaty asortyment bloków wzorcowych do prób, wgłębników oraz przystawek do podpierania próbki



▲ Bloki wzorcowe do prób twardości oraz wgłębnik twardościomierza.



## Komory i piece

- komory środowiskowe do badań w wysokiej i niskiej temperaturze
- asortyment pieców
- specjalizowane systemy ogrzewania do zastosowań badawczych
- dostępne jako systemy autonomiczne lub zintegrowane z większymi systemami badawczymi



▲ Komora serii 3119.

## Oprogramowanie

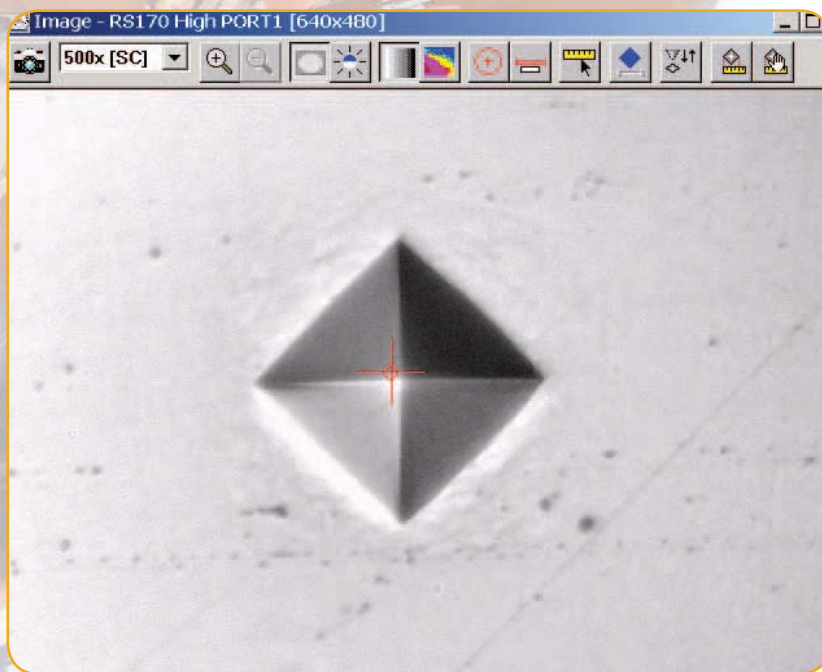
- Partner™ - zaawansowane oprogramowanie do prób statycznych i skrętnych
- Bluehill® - W pełni zintegrowany pakiet modułów aplikacyjnych do wszelkiego rodzaju badań materiałowych statycznych i wolnoziennych
- ATA™ - oprogramowanie Wilson®-Wolpert™ do prób twardości
- Impulse™ - zbieranie i analiza danych dla prób uderzeniowych
- Pakiet aplikacyjny FastTrack™ - Zaawansowane aplikacje do badań zmęczeniowych, cyklicznych i dynamicznych



▲ Ustawienia do badań metali przy użyciu oprogramowania Bluehill.



▲ Krótki piec o temperaturze +1400 °C (+2552 °F) oraz uchwyty hydrauliczne z chłodzeniem wodnym.














▲ W pełni zautomatyzowany system analizy obrazowej.

# Skorowidz według norm

Norma	Opis
AMS 7479C	Sworznie i śruby, stalowe, utwardzane cieplnie, odporne na korozję i żaroodporne, z gwintem walcowanym
ASTM A 6	Wymagania ogólne dla walcowanych stalowych prętów konstrukcyjnych, blach grubych oraz kształtowników
ASTM A 36	Konstrukcyjna stal węglowa
ASTM A 131	Stal konstrukcyjna do budowy okrętów
ASTM A 139	Standardowe wymagania techniczne dla rur stalowych ze szwem, spawane łukiem elektrycznym (znamionowy rozmiar rury (NPS) cztery i więcej)
ASTM A 185	Zbrojenia zgrzewane z drutów stalowych, zwykle, do betonu
ASTM A 327	Próby udarnościowe żeliwa
ASTM A 370	Standardowe metody prób i definicje mechanicznych badań wyrobów stalowych
ASTM A 391	Łańcuchy ze stali stopowej gatunek 80
ASTM A 413	Łańcuchy ze stali węglowej
ASTM A 416	Skrętka stalowa, bez pokrycia, siedmiodrutowa, do betonu sprężonego
ASTM A 453	Materiały na połączenia śrubowe do pracy w wysokich temperaturach, o współczynnikach rozszerzalności porównywalnych z austenitycznymi stalami nierdzewnymi
ASTM A 466	Łańcuchy niezgrzewane
ASTM A 467	Łańcuchy obrabiane i łańcuchy ogniwoowe zwykłe
ASTM A 496	Drut stalowy, żebrowany, do zbrojenia betonu
ASTM A 497	Zbrojenia zgrzewane z drutów stalowych żebrowanych, do betonu
ASTM A 517	Standardowe metody badań współczynnika anizotropii plastycznej r dla blach cienkich
ASTM A 529	Stal manganowa o małej zawartości manganu, o wysokiej wytrzymałości, o jakości stali konstrukcyjnej
ASTM A 608	Standardowe wymagania techniczne dla odlewanych odśrodkowo wysokostopowych rur żelwno-chromowo-niklowych dla zastosowań ciśnieniowych, do pracy w wysokich temperaturach
ASTM A 615	Standardowe wymagania techniczne dla żebrowanych i gładkich stalowych prętów do zbrojenia betonu
ASTM A 616	Patrz ASTM A 996
ASTM A 617	Patrz ASTM A 996
ASTM A 646	Standardowe metody prób dla odkształceniowych wykładników umocnienia (wartości n) materiałów na blachy cienkie
ASTM A 732	Odlewy, wykonywane metodą traconego wosku, ze stali węglowej lub niskostopowej ogólnego przeznaczenia oraz ze stopów kobaltowych o wysokiej wytrzymałości w wysokich temperaturach
ASTM A 769	Kształtowniki konstrukcyjne zgrzewane oporowo, ze stali węglowej i stali o wysokiej wytrzymałości
ASTM A 906	Zawiesia łańcuchowe do podnoszenia ładunków, ze stali stopowej gatunku 80 i gatunku 100
ASTM A 931	Standardowe metody prób rozciągania lin i skrętek drutowych
ASTM A 973	Łańcuchy ze stali stopowej gatunku 100
ASTM A 996	Standardowe wymagania techniczne dla żebranych prętów ze stali szynowej i stali na osie do zbrojenia betonu
ASTM B 498	Standardowe wymagania techniczne dla cynkowanego (galwanicznie) rdzenia stalowego przewodów aluminiowych ze wzmocnieniem stalowym (ACSR)
ASTM B 557	Standardowe metody prób rozciągania wyrobów z przerabianego i lanego aluminium oraz ze stopów magnezowych
ASTM E 8	Standardowe metody prób rozciągania materiałów metalowych
ASTM E 10	Twardość materiałów metalowych według Brinella
ASTM E 18	Standardowe metody prób twardości Rockwella® i twardości powierzchniowej Rockwella materiałów metalowych
ASTM E 23	Próby udarności z karbem materiałów metalowych
ASTM E 92	Standardowe metody prób twardości według Vickersa materiałów metalowych
ASTM E 103	Standardowe metody prób twardości materiałów metalowych z szybkim wykonywaniem odcisków wgłębnikiem
ASTM E 110	Standardowe metody prób twardości materiałów metalowych, mierzonej wgłębnikiem przy użyciu przenośnych twardościomierzy
ASTM E 111	Moduł sprężystości wzdłużnej, styczny moduł sprężystości i moduł sprężystości wzdłuż cięciwy
ASTM E 139	Standardowe metody przeprowadzania prób pełzania, prób pełzania do zerwania próbki oraz prób destrukcji pod wpływem naprężenia materiałów metalowych
ASTM E 143	Moduł sprężystości poprzecznej w temperaturze pokojowej
ASTM E 190	Standardowe metody prób zginania z prowadzeniem dla oceny plastyczności spoin
ASTM E 208	Standardowa metoda przeprowadzania próby kafarowej w celu wyznaczenia temperatury przejścia stali ferrytycznych w stan kruchy
ASTM E 290	Standardowe metody prób zginania materiału dla oceny plastyczności
ASTM E 292	Standardowe metody przeprowadzania prób czasu rozciągania materiałów z karbem aż do zerwania
ASTM E 384	Standardowe metody prób twardości materiałów metalowych za pomocą wgłębnika mikrotwardościomierza
ASTM E 399	Standardowa metoda próby odporności materiałów metalowych na kruche pęknięcie płaskiego stanu odkształcenia
ASTM E 436	Standardowa metoda próby kafarowej rozdzierania stali ferrytycznych
ASTM E 604	Dynamiczna próba rozdzierania materiałów metalowych
ASTM E 643	Standardowa metoda deformacji cienkiej blachy metalowej stemplem kulowym
ASTM E 855	Próba zginania płaskowników metalowych przeznaczonych na sprężyny
ASTM F 606	Standardowe metody badań właściwości mechanicznych elementów złącznych o gwintach zewnętrznych i wewnętrznych, podkładek i nitów
ASTM F 2063	Stopy niklowo-tytanowe do przeróbki plastycznej, posiadające pamięć kształtu, do stosowania w urządzeniach medycznych oraz na implanty chirurgiczne
ASTM Volume 1.01	Liczne normy dotyczące prób rozciągania, ściskania, zginania, twardości, spoin oraz spłaszczania przewodów rurowych i rur
BS 288	Procedury spawania materiałów metalowych
BS 4449	Wymagania techniczne dla prętów ze stali węglowej do zbrojenia betonu - dokument numer: BS 4449:1997
BS 4482	Wymagania techniczne dla drutu stalowego walcowanego na zimno do zbrojenia betonu - dokument numer: BS 4482:1985
BS 4483	Struktura stali do zbrojenia betonu

Powyższy wykaz zawiera niektóre częściej cytowane normy dotyczące badań metali oraz odsyła do stron niniejszej broszury zawierających odpowiednią treść.

 Blachy cienkie (strona 6)	 Blachy grube (strona 10)	 Pręty (strona 14)	 Pręty zbrojeniowe do żelbetu (strona 18)	 Elementy złączne (strona 20)	 Druty i liny (strona 24)	 Przewody rurowe i rury (strona 27)	 Spoiny (strona 31)	 Stal konstrukcyjna (strona 34)	 Łańcuchy (strona 36)	 Odlewy (strona 37)
				X						
	X	X					X			
							X			
						X				
					X				X	
X	X	X	X	X	X	X	X		X	
								X		
					X			X		
				X				X		
					X					
X					X					
						X				
		X	X				X			
		X	X							
X		X	X							
									X	
							X			
					X					
								X		
					X					
X	X	X			X	X	X		X	
X	X	X			X	X	X		X	
X	X	X				X	X		X	
X	X	X	X	X		X	X	X		
		X							X	
X	X	X		X			X			
						X	X			
X	X	X				X	X			
							X			
X										
		X								
				X						
					X					
						X				
							X			
X										
			X							
					X					
						X				
							X			
					X					
			X							
					X					



## Skorowidz według norm

Norma	Opis
DIN 488	Stal konstrukcyjna do budowy okrętów, stal zbrojeniowa, gatunki, właściwości, oznaczenia
EN 895	Badania niszczące spoin materiałów metalowych
EN 10002-1	Materiały metalowe - Próba rozciągania - Część 1: metoda przeprowadzania prób w temperaturze otoczenia
EN 10045	Próba udarnościowa Charpy'ego materiałów metalowych
EN 10080	Stal na zbrojenia do betonu - zgrzewalna stal zbrojeniowa żebrzana B 500 - wersja niemiecka EN 10080:1995
EN 10130	Walcowane na zimno płaskowniki ze stali węglowej do formowania na zimno; warunki techniczne dostaw
ISO 148	Próba udarnościowa Charpy'ego (z karbem trójkątnym) do określania odporności stali na uderzenia
ISO 783	Materiały metalowe - próby rozciągania w podwyższonej temperaturze
ISO 1834	Łańcuchy krótkoogniowe do celów podnoszenia ładunków - ogólne warunki odbioru
ISO 1835	Łańcuchy krótkoogniowe do podnoszenia ładunków - klasa M (4), niekalibrowane, na zawiesia łańcuchowe itd.
ISO 1837	Haki do podnoszenia ładunków - nazewnictwo
ISO 2308	Haki do podnoszenia kontenerów o pojemności do 30 ton - wymagania podstawowe
ISO 2415	Szaki kute dla ogólnych zastosowań podnoszenia ładunków - szaki w kształcie litery D i kabłąkowe
ISO 3056	Niekalibrowane łańcuchy ze stalowymi ogniwami okrągłymi do podnoszenia ładunków i zawiesia łańcuchowe - użytkowanie i konserwacja
ISO 3075	Łańcuchy krótkoogniowe do podnoszenia ładunków - klasa S (6), niekalibrowane, na zawiesia łańcuchowe itd.
ISO 3076	Łańcuchy krótkoogniowe do podnoszenia ładunków - klasa T (8), niekalibrowane, na zawiesia łańcuchowe itd.
ISO 3077	Łańcuchy krótkoogniowe do podnoszenia ładunków - klasa T, (typ T, DAT i DT), łańcuchy wciągników klasy dokładnej
ISO 4136	Badania niszczące spoin materiałów metalowych
ISO 4778	Zawiesia łańcuchowe o konstrukcji zgrzewanej - klasy M (4), S (6) i T (8)
ISO 5173	Badania niszczące spoin materiałów metalowych
ISO 5178	Badania niszczące spoin materiałów metalowych - próba rozciągania wzdłużnego spoin połączeń spawanych z przetopem
ISO 6507	Materiały metalowe - próba twardości według Vickersa
ISO 6508	Materiały metalowe - próba twardości według Rockwella
ISO 6892	Materiały metalowe - próby rozciągania w temperaturze otoczenia
ISO 7438	Materiały metalowe - próba rozciągania
ISO 7593	Zawiesia łańcuchowe o połączeniach innych niż zgrzewane - klasa T(8)
ISO 7597	Haki stalowe kute do podnoszenia, oczkowe, do stosowania z łańcuchami stalowymi klasy T(8)
ISO 8539	Elementy stalowe kute wyposażenia, do podnoszenia ładunków, do stosowania z łańcuchami klasy T(8)
ISO 9015	Badania niszczące spoin materiałów metalowych
ISO 9016	Badania niszczące spoin materiałów metalowych
ISO 9017	Badania niszczące spoin materiałów metalowych
ISO 10113	Materiały metalowe - blachy i taśmy - wyznaczenie współczynnika anizotropii plastycznej
ISO 10275	Materiały metalowe - blachy i taśmy - wyznaczenie odkształceniowych wykładników umocnienia
ISO 10606	Stal do zbrojenia betonu - wyznaczenie wartości procentowej całkowitego wydłużenia pod działaniem maksymalnej siły
ISO 16798	Ogniwa klasy 8 na zawiesia
JIS B 1051	Właściwości mechaniczne elementów złącznych wykonanych ze stali węglowej i stali stopowej - Część 1: Sworznie, śruby i śruby dwustronne
JIS B 8812	Łańcuchy zwykłe dla wciągników łańcuchowych
JIS G 0306	Odkuwki stalowe - ogólne wymagania techniczne
JIS G 0307	Odkuwki stalowe - ogólne wymagania techniczne dostaw
JIS G 0567	Metody prób rozciągania w podwyższonych temperaturach dla stali i stopów żaroodpornych
JIS G 3112	Pręty stalowe do zbrojenia betonu
JIS G 3445	Rury ze stali węglowej do budowy maszyn
JIS G 3452	Przewody rurowe ze stali węglowej na rurociągi zwykłe
JIS G 3525	Liny stalowe
JIS Z 2241	Metody prób rozciągania materiałów metalowych
JIS Z 2242	Metody prób udarnościowych materiałów metalowych
JIS Z 2248	Metody prób zginania materiałów metalowych
JIS Z 2253	Metody wyznaczania odkształceniowych wykładników umocnienia materiałów metalowych
JIS Z 2254	Metody wyznaczania współczynników anizotropii plastycznej blach cienkich i taśm metalowych
JIS Z 311	Metody prób rozciągania i prób udarnościowych stopiwa
JIS Z 3121	Metody prób rozciągania złączy spawanych doczołowych
NASM 1312	Wymagania techniczne rządu USA dla elementów złącznych (poprzednio MIL-STD-1312)
NASM 1312-7	Metoda 7 prób elementów złącznych, drgania
NASM 1312-8	Metoda 8 prób elementów złącznych, wytrzymałość na rozciąganie
NASM 1312-10	Metody prób elementów złącznych - metoda 10 destrukcja materiału pod wpływem naprężenia
NASM 1312-13	Metoda 13 prób elementów złącznych, próba ścinania podwójnego
NASM 1312-20	Metoda 20 prób elementów złącznych, próba ścinania pojedynczego
Public Law 101-592	Akt prawny o jakości elementów złącznych

Powyższy wykaz zawiera niektóre częściowo cytowane normy dotyczące badań metali oraz odsyłacze do stron niniejszej broszury zawierających odpowiednią treść.





Aby uzyskać więcej informacji dotyczących produktów i usług firmy Instron®, należy skontaktować się z lokalnymi biurami sprzedaży, usług i wsparcia technicznego:

#### Przedstawiciel w Polsce:

Spectro-Lab  
Ul. Siedzibna 22  
03-317 Warszawa  
Tel.: +48 22 675 25 67  
Faks: +48 22 811 98 18

#### Siedziba główna

Instron Corporation  
825 University Avenue  
Norwood, MA 02062-2643 USA  
Tel.: +1 800 564 8378  
+1 781 575 5000  
Faks: +1 781 575 5751

#### Siedziba w Europie

Instron Limited  
Coronation Road  
High Wycombe, Bucks  
HP12 3SY United Kingdom  
Tel.: +44 1494 464646  
Faks: +44 1494 456814

#### Industrial Products Group

900 Liberty Street  
Grove City, PA 16127-9005 USA  
Tel.: +1 800 726 8378  
+1 724 458 9610  
Faks: +1 724 458 9614

#### IST GmbH

Landwehrstrasse 65  
Darmstadt, D-64293 Niemcy  
Tel.: +49 6151 3917-0  
Faks: +49 6151 3917-500

#### USA

##### North America IMT Sales and Service Center

Sprzedaż Tel.: +1 800 564 8378  
Serwis i wsparcie techniczne Tel.: +1 800 473 7838

##### North America IST Sales and Service Center

Sprzedaż i serwis Tel.: +1 248 553 4630

#### KANADA

Toronto Tel.: +1 905 333 9123  
+1 800 461 9123

#### AMERYKA POŁUDNIOWA, AMERYKA ŚRODKOWA, MEKSYK I KARAIBY

**Brazylia**  
Sao Paulo Tel.: +55 11 4689 5480  
**Karaiby, Meksyk, Ameryka południowa  
i Ameryka Środkowa**  
Norwood Tel.: +1 781 821 2770

#### EUROPA

**Wielka Brytania, Irlandia,  
Szwecja, Norwegia i Finlandia**  
High Wycombe Tel.: +44 1494 456815  
**Beneluks i Dania**  
Edegem Tel.: +32 3 454 0304  
**Francja**  
Paryż Tel.: +33 1 39 30 66 30  
**Szwajcaria**  
Zurych Tel.: 0800 561 550  
**Niemcy i Austria**  
Darmstadt Tel.: +49 6151 3917 444  
**Włochy**  
Milan Tel.: +39 02 390 9101  
**Hiszpania i Portugalia**  
Barcelona Tel.: +34 93 594 7560

#### AZJA

**Chiny**  
Pekin Tel.: +86 10 6849 8102  
Shanghai Tel.: +86 21 6215 8568  
**Indie**  
Chennai Tel.: +91 44 2 829 3888  
**Japonia**  
Tokio Tel.: +81 44 853 8520  
Osaka Tel.: +81 6 6380 0306  
Nagoya Tel.: +81 52 201 4541  
**Korea**  
Seul Tel.: +82 2 552 2311/5  
Singapur Tel.: +65 6774 3188  
**Tajwan**  
Hsinchu Tel.: +886 35 722 155/6  
**Tajlandia**  
Bangkok Tel.: +66 2 513 8751/52  
**AUSTRALIA**  
Melbourne Tel.: +61 3 9720 3477

#### Przedstawiciel w Polsce

Spectro-Lab  
Ul. Siedzibna 22, 03-317 Warszawa  
Tel.: +48 022 675 25 67  
Faks: +48 022 811 98 18  
e-mail: info@spectro-lab.pl



Instron jest zastrzeżonym znakiem towarowym firmy Instron Corporation.  
Inne używane w tym dokumencie nazwy, znaki graficzne, ikony i symbole identyfikujące produkty oraz usługi firmy Instron są znakami towarowymi firmy Instron Corporation, które nie mogą być używane bez pisemnej zgody firmy Instron.  
Inne używane w dokumencie nazwy produktów i firm są znakami towarowymi lub nazwami handlowymi odpowiednich firm.  
Copyright © 2005 Instron Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone.  
Wszystkie dane techniczne, zamieszczone w niniejszej broszurze, mogą ulec zmianie bez powiadomienia.

[www.instron.com](http://www.instron.com)

WB1212-PL