



Omówienie norm ASTM stosowanych w badaniach własności mechanicznych

Krzysztof Jan Hübner*

W polskich laboratoriach badawczych i przemyśle normy ASTM są używane w badaniach i kontroli produkcji. Autor w 2013 roku (LAB 1/2013) opracował i opublikował omówienie podstawowych norm dla badań materiałowych [1]. Obecnie autor przygotował takie zestawienie i omówienie najważniejszych norm ASTM stosowanych w badaniach podstawowych własności mechanicznych materiałów. Trzeba tu podkreślić, że w opracowaniu i wdrażaniu nowych metod badań własności mechanicznych organizacja International ASTM – Międzynarodowe Amerykańskie Towarzystwo Badania Materiałów jest światowym liderem. Ta międzynarodowa organizacja, mająca siedzibę w USA, opracowuje i publikuje normy, przewodniki czy tablice wzorców które są dobrowolnie stosowane w badaniach naukowych czy w przemyśle w USA, oraz praktycznie na całym świecie. Normy i procedury są też stosowane w badaniach i kontroli produkcji w polskim przemyśle.

W ramach organizacji ASTM działa Komisja E 28, która zajmuje się opracowywaniem podstawowych norm i procedur na badania własności mechanicznych materiałów. W ramach tej komisji jest szereg podkomisji, które zajmują się opracowaniem norm i procedur:

- Podkomisja E28.01 – kalibracja mechanicznych urządzeń badawczych i aparatury
- Podkomisja E28.02 – plastyczność i testy zginania
- Podkomisja E28.04 – testy dla prób jednoosiowych
- Podkomisja E28.06 – testy twardości metodą działania sił punktowych
- Podkomisja E28.07 – testy udarności
- Podkomisja E28.13 – pomiar naprężeń własnych
- Podkomisja E28.15 – zautomatyzowane systemy testowania
- Podkomisja E28.91 – terminologia

Trzeba tu podkreślić, że dzięki bardzo dobremu i przyjaznemu dla użytkownika oprogramowaniu na serwerze ASTM możliwe jest szybkie wyszukanie potrzebnej normy w zbiorach na podstawie znajomości pojedynczych słów kluczowych, a następnie innych norm czy dokumentów z nimi związanych oraz ich odpowiedników w normach ISO lub EN czy innych krajów. Tutaj omówię tylko wybrane normy ASTM dotyczące badań podstawowych własności mechanicznych z podziałem na trzy grupy obejmujące:

- nazewnictwo i definicje,
- maszyny i podzespoły, wymagania, sprawdzanie i kalibracja,
- prowadzenie pomiarów własności mechanicznych.

W pierwszej grupie norm dotyczących nazewnictwa i definicji mamy bardzo mało znaną normę E6, jest to słownik terminów stosowanych

w badaniach własności mechanicznych. Ich znajomość jest potrzebna aby właściwie interpretować inne normy, a zastosowana w normach terminologia była zrozumiała. Bardzo obszerną grupą norm są wymagania techniczne dla uniwersalnych maszyn wytrzymałościowych i ich podzespołów, sprawdzania, kalibracji i wyposażenia. Tu mamy normę E1856, która dotyczy wymagań dla powszechnie stosowanych komputerowych systemów do sterowania i zbierania danych pomiarowych z uniwersalnych maszyn wytrzymałościowych. Dla kontroli konstrukcji, kalibracji siłowników, czujników i układów w wyposażeniu tych maszyn mamy szereg norm. I tak norma E1012 – w niej opisano warunki sprawdzania konstrukcji maszyny wytrzymałościowej i osiowości uchwytów dla próby rozciągania i ściskania siła osiową.

Dla kalibracji i sprawdzania siłomierzy w maszynach wytrzymałościowych używanych do próby rozciągania czy ściskania są opracowane normy E74 i E4, a dla kalibracji i sprawdzania urządzeń do pomiaru momentu w próbie skręcania są opracowane normy E2428 i E2624.

Sprawdzanie systemu do pomiaru przemieszczenia trawersy w maszynach wytrzymałościowych opisane jest w normie E2309, a weryfikacja jej prędkości przemieszczania opisana jest w normie E2658. Pomiarów wymiarów próbek, ich wydłużenia lub skrócenie w czasie próby rozciągania lub ściskania są wykonywane za pomocą ekstensometrów zewnętrznych. Dlatego ich sprawdzanie i klasyfikację opisano w normie E83, a w normie E1319 opisano metodę pomiaru odkształceń próbek rozciąganych w wysokich temperaturach. Dla bezkontaktowego



optycznego systemu pomiaru odkształceń próbek mamy normę E2208.

Drugą techniką pomiaru odkształceń próbek jest metoda tensometrii oporowej, gdzie tensometry są naklejone na powierzchni danego elementu czy próbki. Dla tej techniki badań opracowano grupę norm:

- badanie właściwości i działania tensometrów w normach E251 i E1949,
- instalację tensometrów w normie E1237,
- procedurę i wzory dla wyznaczenie odkształceń kierunkowych za pomocą rozety tensometrycznej w normie E1561.

Dla metod prowadzenia pomiarów podstawowych własności mechanicznych materiałów w jednoosiowym stanie naprężeń opracowano cały szereg norm. Za pomocą uniwersalnych maszyn wytrzymałościowych wykonuje się próby w jednoosiowym stanie naprężeń w celu wyznaczenia szeregu wartości własności materiałów zarówno w temperaturze otoczenia, ale także w niskich i wysokich temperaturach.

Tu najważniejszą jest norma E8, która opisuje standardową próbę rozciągania, a dla próby ściskania materiałów w temperaturze pokojowej stosujemy normę E9. Dla standardowej próby rozciągania materiałów metalowych, ale prowadzonej w temperaturze do 1000 °C została opracowana norma E21. Ponieważ w czasie prowadzenia prób skorzystamy z termopar i związanych z nimi urządzeń do pomiaru temperatury dlatego

wykonanie takich pomiarów opisane jest w normie E633.

Dla dynamicznej próby udarności w normie E2298 opisane są techniczne wymagania dla młota do wykonywania próby Charpy'ego.

Metody wyznaczania modułów sprężystości materiałów zostały opisane w normie E111, wyznaczanie współczynnika Poissona zawarte jest w normie E132, a modułu sprężystości poprzecznej w normie E143. Dla próby ściskania materiałów w specjalnych warunkach, w podwyższonej temperaturze z konwencjonalnymi lub dużymi prędkościami nagrzewania i szybkościami odkształcenia stosujemy normę E209.

Dla próby pełzania, prób pełzania do zerwania próbki oraz próby zniszczenia pod wpływem naprężenia materiału mamy procedury prowadzenia badań, które są opisane w normie E139. W normie E238 opisano specjalną metodę pomiaru nośności krawędzi materiału obciążonego za pomocą dopasowanego sworznia cylindrycznego poprzez otwór znajdujący się w określonej odległości od krawędzi. Sposób przeprowadzania próby rozciągania próbek materiałów z karbem jest opisany w normie E292, a metoda badania rozciągania próbek z folii metalowej przedstawiono w normie E345.

Twardość materiałów to cecha świadcząca o ich odporności na działanie sił punktowych. W badaniach i przemyśle stosowane są powszechnie proste technicznie trzy metody pomiaru. Metodę pomiaru twardości: Brinella opisano

Wykaz norm ASTM

E6-09be1 Standard Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

E1856-97(2008) Standard Guide for Evaluating Computerized Data Acquisition Systems Used to Acquire Data from Universal Testing Machines

E1012-12e1 Standard Practice for Verification of Testing Frame and Specimen Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application

E74-06 Standard Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines

E4-10 Standard Practices for Force Verification of Testing Machines

E2428-08 Standard Practice for Calibration of Torque-Measuring Instruments for Verifying the Torque Indication of Torque Testing Machines

E2624-09 Standard Practice for Torque Calibration of Testing Machines and Devices

E2309/E2309M-05(2011)e1 Standard Practices for Verification of Displacement Measuring Systems and Devices Used in Material Testing Machines

E2658-11 Standard Practices for Verification of Speed for Material Testing Machines

E83-10a Standard Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems

E1319-98(2009) Standard Guide for High-Temperature Static Strain Measurement

E2208 - 02(2010)e1 Standard Guide for Evaluating Non-Contacting Optical Strain Measurement Systems

E251-92(2009) Standard Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gages

E1949-03(2009) Standard Test Method for Ambient Temperature Fatigue Life of Metallic Bonded Resistance Strain Gages
E9-09 Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature

E1237-93(2009) Standard Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages

E1561-93(2009) Standard Practice for Analysis of Strain Gage Rosette Data

E8/E8M-11 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials



w normie E10, metoda Knoop i Vickersa dla pomiarów mikrotwardości zawarta jest w normie E384, a metoda Rockwella została opisana w normie E18. Najmniej popularna, ale używana w przemyśle metoda pomiaru twardości za pomocą skleroskopu, jest opisana w normie E448.

Tablice porównawcze przeliczania wyników pomiaru twardości Brinella, Knoopa, Vickersa i Rockwella są zamieszczone w normie E140. W praktyce przemysłowej konieczne jest często wykonywanie szybkich kontrolnych pomiarów twardości nie spełniających wymagań wcześniej wymienionych norm. Dlatego opracowano dwie procedury dla pomiarów wykonanych za pomocą przenośnych twardościomierzy E110, a dla szybkich testów twardości E103.

Udarność czyli odporność materiału na pękanie przy obciążeniu dynamicznym jest powszechnie stosowaną metodą w badaniach i przemyśle. Dla klasycznej próby udarności z próbki z karbem V czy U warunki techniczne jej prowadzenia są opisane w normie E23. Z kolei w normie E208 opisano specjalną metodę wykonania próby udarności za pomocą młota spadowego w celu wyznaczenia temperatury przejścia stali ferrytycznej w stan kruchy. Próba dynamicznego badania udarności dla blach została opisana w normie E604, a za pomocą zminiaturyzowanych próbek Charpy'ego z karbem V opracowano normę E2248.

Dla procesów przeróbki plastycznej (tłoczenia) bardzo ważne jest badanie ciągli-

wości blach czyli określanie podatności na odkształcenie trwałe ale bez naruszenia jej spójności. Do tych celów badawczych jest opracowanych szereg norm. Metoda oceny odkształcenia cienkiej blachy metalowej za pomocą kulowego stempla to E643, a pomiar współczynnika anizotropii plastycznej R dla walcowanych cienkich blach to norma E517. Z kolei metodę wyznaczenia wykładnika współczynnika umocnienia (n - wartości) jest opisana w normie E646. Próba zginania, która jest prostą metodą badania plastyczności jest opisana w normie E290, a dla płaskowników metalowych w normie E855, dla oceny plastyczności spoin blach mamy normę E190. Dwie ważne w procesach przeróbki plastycznej normy to: E2218 – metoda określenia krzywych odkształceń granicznych, a pomiaru sprężynowania blach – próba pierścieniowa Demeri w normie E2492.

Dla pomiaru naprężeń własnych mamy dwie techniki ich pomiaru. Najczęściej stosowana jest metoda nawiercania otworów, która została opisana w normie E837. Drugą techniką pomiaru naprężeń własnych jest metoda dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego. Dla tej techniki opracowane są normy:

- kontrola ogniskowania dyfraktometrów E915,
- określenie efektywnego współczynnika sprężystości E1426
- metoda pomiaru naprężeń własnych E2860.

Dzięki temu możliwe jest wykonywanie wiarygodnych pomiarów naprężeń.

E9 - 09 Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature

E21-09 Standard Test Methods for Elevated Temperature Tension Tests of Metallic Materials

E633-00(2005) Standard Guide for Use of Thermocouples in Creep and Stress-Rupture Testing to 1800°F (1000°C) in Air

E2298-09 Standard Test Method for Instrumented Impact Testing of Metallic Materials

E111-04(2010) Standard Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus

E132-04(2010) Standard Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature

E143-02(2008) Standard Test Method for Shear Modulus at Room Temperature

E209-00(2010) Standard Practice for Compression Tests of Metallic Materials at Elevated Temperatures with Conventional or Rapid Heating Rates and Strain Rates

E139-11 Standard Test Methods for Conducting Creep, Creep-Rupture, and Stress-Rupture Tests of Metallic Materials

E238-12 Standard Test Method for Pin-Type Bearing Test of Metallic Materials

E292-09e1 Standard Test Methods for Conducting Time-for-Rupture Notch Tension Tests of Materials

E345-93(2008) Standard Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil

E10-12 Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials

E384 - 11e1 Standard Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials

E18-12 Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

E448-82(2008) Standard Practice for Scleroscope Hardness Testing of Metallic Materials

E140-07 Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness

E110-10 Standard Test Method for Indentation Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers



Wnioski

Z dokonanego tu omówienia norm wynika, że wszystkie obecnie produkowane urządzenia do badań własności mechanicznych mają zainstalowane systemy komputerowe, które służą do sterowania, zbierania i przetwarzania danych pomiarowych otrzymanych w czasie badania. To wymagało opracowania procedur i norm, a przykładem są bezdotykowe ekstensometry różnej konstrukcji do pomiaru wydłużenia próbek. Obecne potrzeby badawcze są takie, że wymagane są pomiary kontrolne własności mechanicznych np.: nici chirurgicznych, lin stalowych, śrub czy blach okrętowych.

Konstrukcje nowoczesnych maszyn do badań wytrzymałościowych czy młotów do prób udarności to zespoły urządzeń gdzie próby i pomiary wykonywane są bez udziału obsługi, a próbki do badań są przechowywane w specjalnych magazynach i automatycznie podawane przez robota do uchwytów maszyn.

Również w pomiarach twardości stosowane są powszechnie: automatyczne systemy sterowania siłą w czasie pomiaru, pomiar odkształcenia i wizyjne systemy do pomiaru wielkości odcisków, sterowane położenie stolika z próbką oraz cyfrowa rejestracja i przetwarzanie wyników. Pomiary wykonuje się na gotowych elementach pobranych z procesu produkcji.

Technologia tłoczenia jest powszechnie stosowana

w przemyśle, wymaga by systemy komputerowe projektowania i kontroli produkcji dysponowały informacjami dla kontroli i korekcy parametrów procesu, co wymaga ciągłego zbierania danych. Dlatego w badaniach ciągłości blach coraz częściej używa się urządzeń, które są sterowane komputerowo, automatycznie przygotowują materiał do badań, prowadzą próby i pomiary. Otrzymane wyniki służą do korekty procesu technologicznego. Również próby zginania już można wykonywać automatycznie.

Wreszcie dla pomiaru wielkości naprężeń własnych metodą nawiercania otworów są produkowane urządzenia przenośne do wykonywania takich pomiarów oraz wielokanałowe modułowe systemy do pomiarów tensometrycznych całych elementów i konstrukcji. Dla metody dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego dysponujemy już przenośnymi polowymi dyfraktometrami, które wykonują lokalne pomiary naprężeń jak i analizę strukturalną w danym miejscu.

Literatura

[1] Krzysztof Jan Hübner, Omówienie norm ASTM stosowanych w badaniach mikrostruktury, Hübner, K. J. LAB Laboratoria, Aparatura, Badania 2013 R. 18, nr 1 52-55

* *Mgr inż. Krzysztof Jan Hübner, Politechnika Krakowska, Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji – Laboratorium Badań Stosowanych, Kraków*

E103-12 Standard Practice for Rapid Indentation Hardness Testing of Metallic Materials

E23-12c Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials

E208-06(2012) Standard Test Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels

E604-83(2008) Standard Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials

E2248-12 Standard Test Method for Impact Testing of Miniaturized Charpy V-Notch Specimens

E643 - 09 Standard Test Method for Ball Punch Deformation of Metallic Sheet Material

E517 - 00(2010) Standard Test Method for Plastic Strain Ratio r for Sheet Metal

E646 - 07 Standard Test Method for Tensile Strain-Hardening Exponents (n -Values) of Metallic Sheet Materials

E290-09 Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility

E855 - 08(2013) Standard Test Methods for Bend Testing of Metallic Flat Materials for Spring Applications Involving Static Loading

E190-92(2008) Standard Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds

E2218-02(2008) Standard Test Method for Determining Forming Limit Curves

E2492-07(2012) Standard Test Method for Evaluating Springback of Sheet Metal Using the Demeri Split Ring Test

E837-08e1 Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method

E915-10 Standard Test Method for Verifying the Alignment of X-Ray Diffraction Instrumentation for Residual Stress Measurement

E1426-98(2009)e1 Standard Test Method for Determining the Effective Elastic Parameter for X-Ray Diffraction Measurements of Residual Stress

E2860-12 Standard Test Method for Residual Stress Measurement by X-Ray Diffraction for Bearing Steels