

Wytrzymałościowa ocena tworzyw.

Napisał *L. Karasiński*.

1. Próba na rozciąganie, wyróżniająca podstawowe cechy wytrzymałościowe tworzywa, wymaga zachowania obranego stosunku długości pomiarowej L do średnicy D próbki o stałym przekroju kołowym¹⁾. Najmniejszy stosunek $n = L : D$ dla próbek o przekroju kołowym ustalono w Stanach Zjednoczonych, gdzie używana jest tylko jedna próbka, długości dwucalowej, przy $n = 4$. We Francji obrano $n = 7,25$, przy dwóch normalnych długościach 100 i 70 mm. W Niemczech, ze względu na dorobek doświadczalny poprzednich badań, opartych na stosunku dziesięciokrotnym, przepisano równolegle $n = 10$ i 5, przy normalnych długościach 200 i 100 mm. Ten przepis, niewątpliwie tymczasowy, miał na celu powolne przejście do próbek krótkich, mniej kosztownych i bardziej wygodnych w użyciu. Trudno jest jednak powiedzieć, dlaczego obrano stosunek pięciokrotny, a nie najdalej idący czterokrotny? Nadto już zgoda niewiadomo, z jakich powodów przewidziano tam również i próbki normalnych długości 200 i 100 mm, przy dowolnym stosunku n !

Właściwą drogę, zmierzającą ku ostatecznemu ustaleniu obowiązującej próbki krótkiej, obrata Japonja, ustaliła bowiem w 1922 r. równolegle $n = 8$ i 4 bez przepisowych długości normalnych. W roku 1924 poszły za nią Włochy, ograniczając jednak długości próbek do 200 i 150 mm dla $n = 8$, oraz do 100, 80 i 50 mm dla $n = 4$.

U nas to leży jeszcze odłogiem i wymaga rychłego rozwiązania ustawowego. Bez względu na należałoby zachować stosunek $n = 4$ dla przepisowych średnic: 5, 10, 15... mm, a nadto ustalić równolegle $n = 10$, dla średnic: 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25... mm, lub też stosunek $n = 8$ dla średnic: 5, 10, 15... mm. W obu układach długości pomiarowe L są podzielne przez 5 i 10, co umożliwia użycie podziałek 5 i 10 mm samoczynnego przyrządu dzielącego. Ze względu na ściśle podobieństwo podziału długości pomiarowej, układ $n = 4$ i 8 jest nawet właściwszy; za układem $n = 4$ i 10 przemawia możliwość stosowania próbek o bardzo małych średnicach.

2. Cechy wytrzymałościowe. Dla tworzyw metalowych, w pierwszym rzędzie stali, próba na rozciąganie daje trzy naprężenia wytyczne: wytrzymałość R , granicę płynności Q i granicę sprężystości S w kg/cm^2 lub kg/mm^2 , a nadto: przydłużenie A i przewężenie C — w odsetkach. Oznaczmy przez $L' - L$ przyrost pierwotnej długości L próbki po

zerwaniu, przez D' — najmniejszą średnicę w miejscu pęknięcia, a otrzymamy:

$$A = 100 \left[\frac{L'}{L} - 1 \right] \%, \quad C = 100 \left[1 - \left(\frac{D'}{D} \right)^2 \right] \%$$

Granica sprężystości S , czyli naprężenie, przynależne niesprężystemu wydłużeniu $0,00001 L$, wymaga użycia bardzo dokładnych przyrządów pomiarowych, może być jednak zawsze ustalona wyraźnie, zwłaszcza przy prawidłowym wzroście wydłużeń niesprężystych, właściwym wielu rodzajom stali. Zazwyczaj S bywa pomijana ze względu na duże trudności wykonawcze, chociaż stanowi cechę nader doniosłą przy ocenie tworzywa, pracującego pod obciążeniem zmiennym, lub udarowym.

Granica płynności Q zaznacza się na wykresie mniej lub więcej wyraźnym schodkiem (paliel), lub nagłym cofnięciem się linii wykresowej. Przy nieprzerwanym biegu tej linii, zatracą się ściśle pojęcie granicy płynności, a wtedy określa się granicę płynności niewyraźną, jako naprężenie Q , przynależne niesprężystemu wydłużeniu $0,002 L$, aczkolwiek to określenie, zależne tylko od umowy, nastrożca dość poważne wątpliwości.

Nadto są jeszcze brane pod uwagę: twardość Brinell'a B i udarność U ²⁾. Powyższe cechy wytrzymałościowe, zależne od natury samego tworzywa, jego rodzaju, odmiany i stanu, dają podstawę wytrzymałościowej oceny porównawczej, koniecznej do prawidłowego wzorcowania (normalizacji).

3. Ocena wytrzymałościowa. Właściwy wybór tworzywa zależy w pierwszym rzędzie od wytrzymałości R , jako wielokrotnej naprężenia, dopuszczalnego w przewidzianych warunkach pracy; — w drugim — od przydłużenia A , jako miary wymaganej rozciągliwości tworzywa. Nadto w ostatnich czasach słusznie zaczęto zwracać łączną uwagę na granicę płynności Q i udarność U . Granica płynności stanowi rubież wydłużeń nieznacznych, jedynie pożądanych w zastosowaniach praktycznych, pozatem pośrednio poucza zgruba o domniemanej wysokości granicy sprężystości S , jako że leży ponad nią.

Udarność wyrokuje o kruchości tworzywa, występującej przeważnie poniżej zera. Określenie jej wymaga jednak przeprowadzenia szeregu ścisłych prób w obszarze, przewidywanej zmienności temperatur.

Przewężenie C stawiane jest na uboczu. Twardość Brinell'a B uważano dawniej za pochodną wy-

²⁾ W naszym wzorcowaniu należałoby obrac właściwe stopniowanie średnic:

$$d = 10, 5, 2 \text{ i } 1 \text{ mm,}$$

kulki Brinell'a przy potrójnej skali nacisków:

$$P = 30 d^2, 10 d^2 \text{ i } 2 d^2 \text{ kg}$$

ze względu na szerszy zakres i większą prawidłowość wyników próby twardości.

Udarność, w znacznej mierze zależna od temperatury, najściślej i najłatwiej daje się określić na próbce Mesnager'a zapomocą wahadłowego młota Amsler'a typu Charpy.

¹⁾ O tych próbkach tylko tu mowa. Próbki blach i płaskich ścianek kształtowników winny mieć przekrój kwadratowy s^2 o fikcyjnej średnicy $D = 1,13 s$, gdzie s oznacza pierwotną grubość blachy, lub ścianki płaskiej. Mimo zachowania stosunku $L : D$, próba na rozciąganie daje tu mniej dobre wyniki; jeszcze gorsze — przy próbkach płaskich o przekroju prostokątnym grubości s i szerokości, nie przekraczającej $4 s$.

trzymałości, obecnie nadano jej równoległe prawo bytu. Wszystkie tu wymienione cechy wytrzymałościowe dotyczą określonego stanu tworzywa, zazwyczaj wyróżnianego we wzorcowaniu.

Ocena porównacza dwóch stanów winna się opierać na ustalonym stopniowaniu średniej wytrzymałości R przy dostatecznie małych możliwych wahaniami w obie strony. W zakresie zwykłych potrzeb, najlepsze wyniki daje podstawowy szereg wytrzymałości średnich, wyrażonych w dziesiątkach kg/mm^2 , przy skrajnych odchyleniach $\pm 5 kg/mm^2$. Warunki, zwięzające do zera owe uskoki od średniej, dodatnie lub ujemne, wyodrębniają dwa wtórne szeregi o dwukrotnie mniejszych jednakowych przedziałach $5 kg/mm^2$, wystarczających aż nadto do celów praktyki³⁾. Dalsze różniczkowanie jest niewątpliwie zbędne.

Zatem, przy jednakowej wytrzymałości R , lub twardości B i dostatecznym przydłużeniu A — o właściwym wyborze tworzywa, jego rodzaju, odmiany, lub stanu, wyrokuje wysokość granicy płynności Q i dopuszczalnej udarności U , o ile brak danych wzorcowych nie stoi tu na przeszkodzie.

4. Miary stanu. Te braki wzorcowania, połączone z trudnością ścisłego ustalania stanu, w jakim tworzywo zostało dostarczone, zmuszają do szukania zmiennych, wyróżniających ów stan tworzywa. Ma o nim wyrokować miara Martens'a

$$M = 100 \frac{Q}{R} \%,$$

już dość dawno znana. Ta miara nie jest zbyt szczęśliwie pomyślana, ze względu na niejednorodność granic płynności — istotnej i niewyraźnej. Nadto zmienność tej miary niekiedy jest zbyt powolna, aż do niewrażliwości w stosunku do wydatnych zmian stanu, przynależnych różnym stopniom tak zwanego wzmacniania (ulepszania) pewnych rodzajów stali.

W pięknej, źródłowej pracy (P. T. 1928, str. 69) prof. dr. inż. Feszczenko-Czopiński dał miarę stanu pokrewną, w postaci bardziej dogodnej:

$$FC = \frac{B}{Q}.$$

Istnieje pewien związek odwrotnych zmienności B i U , dotychczas zresztą jeszcze we wzór nie ujęty, ta miara przeto może stanowić o kruchości tworzywa w tym zakresie, jakki ustalił dla niej autor.

Znacznie ściślejszy związek jednokierunkowych zmienności C i U nadaje prawo bytu zgoła odmiennej mierze stanu:

$$K = \frac{C}{A},$$

którą dość dawno już podałem w druku pod nazwą miary zmęczenia. Jej słuszność łatwo oceni każdy, kto ma do czynienia ze zwykłą próbą na rozciąganie, sądziłem przeto, że ogłaszanie mych własnych

danych doświadczalnych byłoby wprost zbędne. Chciałem tę miarę oddać na sąd ogółu: jakóż istotnie znaleźli się ci, co ją docenili.

Nazwałem K miarą zmęczenia, wzorując się na określeniu: „fatigue”, które oznacza stan zmęczenia a zarazem i stan napięcia (np. „la charge de la fibre la plus fatiguée” — czyli wprost naprężenie najwyższe). Inaczej mówiąc, wyraz „fatigue” oznacza zarówno stan napięcia, jak i pozostały po nim ślad w postaci zmiany pierwotnego stanu tworzywa, czyli jego zmęczenie. Zatem polski wyraz „zmęczenie” w najogólniejszym znaczeniu należy pojmować, jako zmianę stanu wytrzymałościowego tworzywa, jednostajną w całej masie, lub niejednostajną, a nawet umiejscowioną, a skojarzoną z odchyleniami od wartości poszczególnych cech wytrzymałościowych, wyróżniających stan wzorcowy, normalny. Wszelki inny stan, różny od wzorcowego, jest wobec tego stanem zmęczenia. Nie byłoby chyba właściwe nazywać go „nienormalnym” a zwłaszcza „odmiennym”.

W tem najszerszym pojęciu, zmęczenie może być celowe, jak przy wzmacnianiu mechanicznym, lub termicznym; może być również i niepożądane, a nawet zgoła niebezpieczne, jak przy obciążeniach zmiennych, lub stałych, lecz długotrwałych. W polskim słownictwie technicznym zastałem niewieścią nazwę „znużenia” dla określenia skutków działania obciążeń przemiennych. To pojęcie mieści się w ogólnem, wyżej wysłownionem⁴⁾. W Niemczech Ermüdung oznacza zmęczenie przy obciążeniach zmiennych, uderowych, a obecnie już i stałych długotrwałych: wąskie pojęcie znużenia uległo znacznemu rozszerzeniu.

5. Miara K służy do wyodrębniania stanu wytrzymałościowego tych tworzyw, dla których A i C wyraźnie dają się określić z próby na rozciąganie. Zależy od obranego stosunku n ; niżej wyłącznie będę mówił o dziesięciokrotnym. Przy wyznaczaniu K trzeba zwracać łbaczną uwagę na prawidłowość pęknięcia próbki, nieraz bowiem drobna powierzchnia przerwa ciągłości, lub zbyt głęboka ryska podziałowa, powodują pęknięcie przedwczesne, zniekształcające A i C , a więc i K . Tylko wtedy można uważać próbę za miarodajną, gdy obie powierzchnie pęknięcia ściśle przystają w zetknięciu.

Stan właściwego wyżarzania zazwyczaj uważany jest za wzorcowy. Miara K ma dlań ściśle określoną wartość, wahającą się w nader szczupłych granicach dla danego rodzaju, lub odmiany tworzywa. Wszelkie odchylenia wskazują na nieprawidłowość wyżarzania, lub wyodrębniają stan, niewłaściwie podany za wzorcowy. Tak np., dla zwykłej stali węglistej oraz sprężynowej manganowej i krzemowo-manganowej, miara K stanu wyżarzania zawarta jest w granicach 2—2,5. Dla najczęściej uży-

³⁾ Ten prosty układ mógłby stanowić właściwą podstawę Polskiego wzorcowania stali, przyczem np. stal węglista, miałaby pięć odmian: C 4, C 5, C 6, C 7 i C 8 o średniej wytrzymałości: 40, 50, 60, 70 i 80 kg/mm^2 , przy dopuszczalnych wahaniami w granicach: 35—45, 45—55, 55—65, 65—75 i 75—85 kg/mm^2 najzupełniej wystarczających. Inne rodzaje stali mieściłyby się również w powyższym szeregu, odpowiednio przedłużonym.

⁴⁾ Le phénomène connu sous le nom de fatigue des métaux aux sollicitations répétées devrait être dénommé défaillance progressive des métaux. L'explication la plus probable de ces phénomènes semble être la suivante: cette défaillance découle de l'extension de ruptures microscopiques dues à la surcharge locale de noyaux de très petites dimensions qui sont endommagés par une rayure, une faute, une impureté, ou une irrégularité de la matière, ou surchargés par suite du traitement thermique. (P. Breuil. Les essais de fatigue des métaux. Paris, 1925 p. 67).

wanych stali niklowych i chromo-niklowych (np. normalnych (o zawartości Cr $<$ 1,5% oraz Ni $<$ 6%), miara ta waha się w granicach 3 — 4.

Niższe wartości K wyrokują o niewłaściwym walcowaniu, lub wyżarzaniu, przeważnie połączone z kruchością tworzywa. Tak np. stal węglista przy $K <$ 1,8 wogóle nie nadaje się do zastosowań praktycznych.

Przy hartowaniu, miara K wzrasta dwukrotnie i wyżej w stosunku do stanu wzorcowego. Pośredni obszar zmienności tej miary wyróżnia szereg stanów wzmocnienia, przynależny stopniowaniu temperatur odpuszczania. Poważne źródła dają aż nadto danych na potwierdzenie tych słów.

Nadto — wyższe wartości K dotyczą również stanu zmęczenia mechanicznego, które polega na pojawianiu się odkształceń niesprężystych tworzywa w obszarach skończonych, lub znikomo małych. Te ostatnie, zazwyczaj pomiarowo nieuchwytnie, zachodzą przy długotrwałych obciążeniach powtarzalnych, lub przemennych, i dają wyżej wspomniane znużenie tworzywa.

Pierwsze zaś — występują przy obciążaniu trwałym — ponad granice sprężystości tworzywa, a nadto stanowią istotę wszelkich zniekształceń, dokonywanych mechanicznie na zimno, to jest przy temperaturach, niższych od krytycznej.

Zależność miary K od znużenia można ustalić bezpośrednio, biorąc próbki dobrze już wyłu-

nych, lub przez długotrwałą pracę zniszczonych ogniw ustrojów mechanicznych. Ta droga jest zawsze najwłaściwsza; inna — polega na próbach zmęczenia pod długotrwałym obciążeniem, powtarzaniem lub przemienne. Najlepsze wyniki dają obciążenia jednostajne dla całej długości pomiarowej próbki, a więc: osiowe, skręcające i zginające typu Lamarle'a o stałym momencie; ta sama próbka o stałym przekroju kołowym służy potem do próby na rozciąganie, dającej K dla stanu znużenia. Przy odkształceniach pomiarowo nieuchwytnych, przyrost K , zależny od stopnia znużenia, jest dość powolny; ta miara natomiast wzrasta nader szybko, gdy pod działaniem obciążeń zmiennych próbka ujawnia wyraźne odkształcenie niesprężyste. Dotyczy to również i obciążeń trwałych, ponad granice sprężystości. Próbka, wytoczona z próbki grubszej, rozciągniętej, ściśniętej, wygiętej lub skręconej, daje wartość K tem wyższą od pierwotnej, im większe było odkształcenie niesprężyste.

Te same wyniki daje zniekształcenie na zimno: miara K dla drutu stalowego zawarta jest w granicach 6—9; dla bardzo twardych drutów podnosi się nawet do 12 i wyżej.

Przy zniekształcaniu, zwłaszcza powtarzaniem, bez przerw dłuższych, powstają zjawiska termiczne, dające bardzo ciekawe zmiany K . Pomówię o tem wkrótce.

Nowe rzeźnie miejskie w Radomiu i Lublinie.

Napisali inżynierowie mechanicy A. Tchórzewski i K. Kosinski.

Zagadnienie zaopatrzenia większych skupień ludności w zdrowe mięso zostało już rozwiązane przez budowę wielkich chłodni na mięso wwożone do kraju, lub przez budowę centralnych rzeźni z chłodniami, w krajach spożywających produkty własnej hodowli. Dzięki temu zrobiono nie tylko wielki krok naprzód pod względem higieny odżywiania, umożliwiając utrzymywanie przez długie tygodnie świeżego zupełnie mięsa, ale także w związku z tem umożliwione zostało regulowanie cen i uniezależnienie się od chwilowego stanu targu na bydło i trzodę. W Polsce środkowej i wschodniej¹⁾ panowały pod tym względem stosunki bardzo pierwotne, które jednak, wraz z rozwojem miast, stają się nie do utrzymania, szereg więc gmin miejskich, korzystając ze zmienionych warunków, przystąpiło do budowy lub do projektowania rzeźni miejskich, by uporządkować panujące w tej dziedzinie stosunki. Wobec aktualności tego zagadnienia, podajemy tutaj ogólne zarysy projektów rzeźni miejskich w Radomiu i Lublinie, których budowa jest na ukończeniu.

Obydwie te rzeźnie są budowane przez amerykańskie towarzystwo Ulen & Company, przyczem cały projekt budowy wraz z urządzeniami we-

wnętrznymi rzeźni (w rysunkach warsztatowych) został wykonany przez powyższą firmę w kraju.

Jak zazwyczaj w Europie, rzeźnie składają się z czterech zasadniczych części: właściwej rzeźni, targowiska rzeźnego, targowiska bydła hodowlanego i kwarantanny; przez takie połączenie uzyskuje się szereg korzyści, jak centralizację i polepszenie kontroli weterynaryjnej nad bydłem i mięsem, mniejsze zmęczenie bydła podczas transportowania i wynikające stąd zmniejszenie strat na wadze bydła, oraz polepszenie jakości mięsa; wreszcie łatwy ubój w razie wybuchu epidemji wśród bydła zebranego na targowisku.

Ze względów sanitarnych, wymienione wyżej części rzeźni nie mają bezpośredniej komunikacji ze sobą, gdyż tylko targowisko rzeźne łączy się bramą z rzeźnią, natomiast gospodarczo są uniezależnione jedna od drugiej, to znaczy posiadają każda swoje obory dla bydła, wagi, gnojownie, wozownie, stajnie oraz rampy kolejowe.

Obydwie rzeźnie wyposażone są w połączenie z torem kolejowym, wobec czego bydło rzeźne wyładowuje się z wagonów bezpośrednio w obręb targowiska rzeźnego, czy też właściwej rzeźni na rampy, podzielone na zatoki. Tu bydło jest poddawane oględzinom przez personel weterynaryjny. Przy dalszym transporcie bydła już wewnątrz rzeźni, zachowana jest zasada posuwania się bydła w jednym kierunku, bez powrotu na już raz przebyta

¹⁾ Wskutek skrępowania zarządów miast w okresie okupacyjnym i braku odpowiednich kapitałów własnych.