

# MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA NORM EUROPEJSKICH W BADANIACH EKSPLOATACYJNYCH ELEMENTÓW MASZYN PODSTAWOWYCH

## POSSIBILITY OF USE OF EUROPEAN NORMS IN MID-LIFE FIELD TESTING OF PARTS OF BASIC MACHINES

Lesław Sozański – Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji, Politechnika Wroclawska

Wyniki badań nieniszczących dostarczają informacji o stanie technicznym elementów konstrukcyjnych bez zmiany ich przydatności użytkowej. W artykule omówiono podstawowe normy europejskie, określające elementy procedur badań nieniszczących w zakresie wykrywania i oceny niezgodności powierzchniowych w trakcie badań eksploatacyjnych elementów maszyn podstawowych. Niezgodności te mogą istotnie obniżyć ich wytrzymałość zmęczeniową.

**Słowa kluczowe:** maszyny górnicze, kontrola eksploatacyjna, badania nieniszczące, normalizacja, niezgodności powierzchniowe

Results of non-destructive testing deliver an information about condition of machine components without of any change of its service suitability. Basic European norms determining key elements of non-destructive testing procedures concerning detection and assessment of surface imperfections during mid-life field testing of parts of basic machines were presented in this paper. Such imperfections may substantially reduce its fatigue strength.

**Key words:** mining machines, field testing, non-destructive testing, normalization, surface imperfections

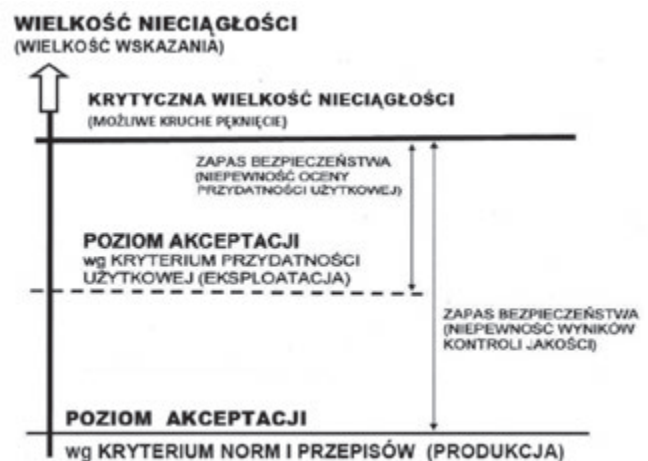
### Wiadomości wstępne

Elementy maszyn podstawowych możemy scharakteryzować, uwzględniając specyfikę badań nieniszczących, jako: konstrukcje skrzynkowe o zamkniętej budowie, elementy smukłe, połączenia spawane, nitowane i śrubowe, osie i sworznie oraz liny [1]. Taka różnorodność elementów potencjalnie przeznaczonych do kontroli eksploatacyjnej wymagała opracowania odpowiednich procedur i zaleceń [2]. Norma PN-G-47000-3 [4], obejmująca tylko zastosowania badań nieniszczących w kontroli produkcyjnej elementów maszyn podstawowych, ustala podstawowe wymagania dotyczące połączeń spawanych elementów konstrukcji koparek wielonaczyniowych i zwałowarek, objętych normami PN-G-46900:2001, PN-G-47010:1997 oraz współpracujących z nimi samojezdnych urządzeń. W normie tej przywołano normy od dawna nieaktualne. Struktura norm europejskich związanych z badaniami nieniszczącymi jest podporządkowana wykrywaniu niezgodności w trakcie wytwarzania i oceny gotowego wyrobu (podział na normy podstawowe, normy badań i normy wyrobu). W badaniach eksploatacyjnych można wykorzystać przede wszystkim normy badań, które określają zasady stosowania poszczególnych metod nieniszczących w kontroli różnych sektorów przemysłowych (np.: złącza spawane, odkuwki, odlewy itd.). Personel wykonujący badanie powinien być certyfikowany zgodnie z normą PN-EN ISO 9712 [5]. W pracy przykładowo analizowano przede wszystkim normy związane z badaniami magnetyczno-proszkowymi, które są jedną z podstawowych metod kontroli eksploatacyjnej elementów maszyn podstawowych.

### Kontrola eksploatacyjna

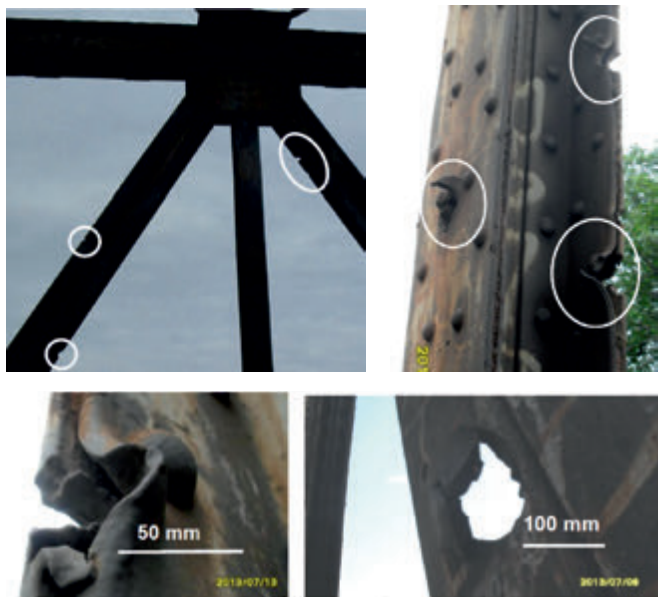
W badaniach eksploatacyjnych określenie granicznych wielkości niezgodności wynika z uwzględnienia zasad związanych z pojęciem przydatności użytkowej (zdolność wyrobu, procesu lub usługi do służenia określonej celowi zgodnie ze specjalnymi warunkami). Jak pokazano na rysunku 1 poziomy akceptacji według tego kryterium są mniej ostre niż poziomy akceptacji według kryteriów norm i przepisów związanych z jakością w produkcji.

Wynika to z uwzględnienia szeregu dodatkowych elementów decyzyjnych, takich jak: właściwości użytego materiału, sposobu obciążenia konstrukcji i stanu naprężeń, warunków



Rys. 1. Poziomy akceptacji w funkcji wielkości wskazań

pracy, wymagań związanych z bezpieczeństwem, a także doświadczeń z dotychczasowej eksploatacji. Często wymaga się dodatkowo wzmożonej kontroli umożliwiającej obserwację ewentualnego rozwoju istniejących niezgodności. Przykładem mogą być stalowe elementy mostu kratownicowego, zbudowanego w latach 30. ubiegłego wieku, które zostały istotnie uszkodzone w czasie działań wojennych w 1945 roku (rys. 2). Z takimi „niezgodnościami” nie mogłyby być dopuszczone do eksploatacji według kryteriów jakości produkcji, ale dopuszczone na zasadzie przydatności eksploatacyjnej pracują już od ponad 60 lat.



Rys. 2. Ubytki materiału jako niezgodności dopuszczone wg kryterium przydatności eksploatacyjnej

### System normalizacji europejskiej w zakresie NDT

Europejska normalizacja elementów procedur badań nieniszczących jest bardzo rozbudowana. Normy podstawowe określają zasady wyboru metody kontroli oraz definiują poziomy jakości w zależności od poziomów akceptacji związanych z zastosowaną metodą kontroli.

Na przykład norma podstawowa PN-EN ISO 17635 [6], związana ze spawalnictwem, w załączniku A-3 podaje zależność między poziomami jakości wg PN-EN ISO 5817 [7], a techniką badań wg PN-EN ISO 17638 [8] i poziomami akceptacji wg PN-EN ISO 23278 [9] (tab. 1).

Opracowane poziomy akceptacji (tab. 2), podane w normie wyrobu PN-EN ISO 23278, mogą być zastosowane pod warunkiem, że badania zostaną wykonane zgodnie z normą

Tablica 1. Normalizacja badania magnetyczno-proszkowych [6]

Poziomy jakości wg PN-EN ISO 5817	Technika i klasa badania wg PN-EN ISO 17638	Poziomy akceptacji wg PN-EN ISO 23278
B	Klasy nie określono	2x
C		2x
D		3x

Poziomy akceptacji 2 i 3 mogą być ustalone z oznaczeniem wstępnym „X”, co oznacza, że wszystkie wykryte wskazania liniowe powinny być oceniane wg poziomem 1. Jednak prawdopodobieństwo wykrycia wskazań mniejszych od podanych przez początkowy poziom akceptacji może być niskie.

Tab. 2. Poziomy akceptacji wskazań [9]

Rodzaj wskazania	Poziomy akceptacji 1)		
	1	2	3
Wskazanie liniowe l – długość wskazania [mm]	$l \leq 1,5$	$l \leq 3$	$l \leq 6$
Wskazanie nieliniowe d – wymiar większej osi [mm]	$d \leq 2$	$d \leq 3$	$d \leq 4$

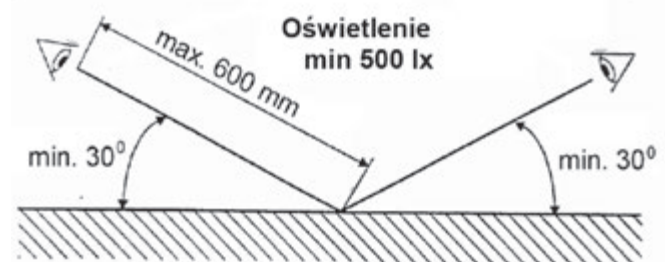
1) Poziomy akceptacji 2 i 3 mogą być ustalone z oznaczeniem wstępnym „X”, co oznacza, że wszystkie wykryte wskazania liniowe powinny być oceniane wg poziomem 1. Jednak prawdopodobieństwo wykrycia wskazań mniejszych od podanych przez początkowy poziom akceptacji może być niskie

badania wg PN-EN ISO 17638.

### Normy badań w kontroli eksploatacyjnej

W badaniach eksploatacyjnych maszyn podstawowych można w pełni wykorzystać europejskie normy badań, które są najczęściej bardzo dobrze opracowane. Na przykład ogólne zasady badań wizualnych (określenie zgodności cech jakościowych elementu z ustalonymi wymaganiami za pomocą ludzkiego oka) zdefiniowano w normie PN EN 13018 [10]. Norma wprowadza też podział na badania bezpośrednie i zdalne bazując na różnicy w przebiegu ścieżki optycznej pomiędzy okiem obserwatora, a powierzchnią badaną.

Podstawowe procedury badań magnetyczno-proszkowych



Rys. 3. Ogólne warunki badań wizualnych bezpośrednich miejscowych

(MT) zdefiniowano w normie badań EN ISO 9934-1 [11]. W normie tej ustalono sposób przygotowania badanej powierzchni do badań, stosowane techniki magnesowania, wymagania stawiane środkom wykrywającym rozproszone pole i sposobu ich użycia, a także zapis i interpretacja uzyskanych wyników. Dla badań metodą magnetyczno-proszkową opracowano specjalną normę terminologiczną PN EN 1330-7 [12], w której zdefinio-



Rys. 4. Przykładowe zamalowane niezgodności (istotne ubytki korozyjne na powierzchni elementu) ujawnione w trakcie badań wizualnych

wano terminy stosowane w tych badaniach oraz alfabetyczny indeks krzyżowy w języku polskim. Istotne właściwości materiałów do badań magnetyczno-proszkowych (wliczając w to zawiesinę proszku magnetycznego, proszek, ciecz nośną, kontrast i farby) oraz metody sprawdzania ich właściwości określono w normie PN EN ISO 9934-2 [13], zaś stosowaną aparaturę w normie PN EN ISO 9934-3 [14]). Na rysunku 5 pokazano przykładowy defektogram proszkowy pęknięcia eksploatacyjnego.

Dla badań metodą penetracyjną opracowano normę terminologiczną PN EN ISO 12706:2003 [15], w której podano terminy i definicje stosowane w badaniach penetracyjnych (PT). Zamieszczono 38 terminów w porządku alfabetycznym



Rys. 5. Defektogram proszkowy pęknięcia eksploatacyjnego

w języku angielskim, niemieckim i francuskim.

Ogólne zasady badań penetracyjnych określa norma PN EN 571-1 [16]. W normie tej ustalono zasady przygotowania badanej powierzchni, wymagania stawiane środkom wykrywającym i sposobu ich użycia, a także zapis i interpretacja uzyskanych wyników [3].

W normie PN-EN ISO 3452-2 [17] określono wymagania techniczne i procedury badawcze dla materiałów penetracyjnych celem zbadania typu i partii użytych materiałów.

Norma PN-EN ISO 3452-3 [18] charakteryzuje dwa typy próbek odniesienia: próbkę typu 1 - używaną do określenia poziomów czułości fluorescencyjnego i barwnego zestawu preparatów penetracyjnych oraz próbkę typu 2 - stosowaną do rutynowej oceny możliwości urządzeń na fluorescencyjne i barwne preparaty penetracyjne oraz poszczególne pojemniki

W normie PN-EN ISO 3452-4 [19] sprecyzowano charakterystyczne cechy wyposażenia używanego w badaniach penetracyjnych w zależności od liczby badań, które mają być wykonane i od wielkości badanych elementów. Opisano dwa typy wyposażenia: wyposażenie do badania lokalnego oraz wyposażenie instalacji stacjonarnych.

Zasady badań w różnych temperaturach uściślono w dokumentach: powyżej 50 °C w normie ISO 3452-5 [20] i poniżej 10 °C w normie ISO 3452-6 [21]. Warunki obserwacji, podobnie jak dla badań magnetyczno-proszkowych, zawarto w normie PN EN ISO 3059 [21]).

## Podsumowanie

Zadaniem badań nieniszczących w analizowanym zakresie kontroli eksploatacyjnej jest wykrycie niezgodności powierzchniowych oraz określenie ich wielkości, położenia i nasilenia. Badania wizualne, penetracyjne i magnetycznoproshkowe stanowią podstawowe techniki stosowane do wykrywania niezgodności na dostępnych powierzchniach. Umożliwiają ujawnienie nieciągłości mogących zainicjować pęknięcia zmęczeniowe lub spowodować nieszczelność. Przy opracowywaniu procedur kontrolnych w omawianym zakresie można korzystać z cytowanej, szerokiej puli europejskich norm badań. Analiza wskazań, uzyskanych w trakcie badań oraz oszacowanie niepewności zastosowanych metod kontrolnych, umożliwi opracowanie miarodajnego obrazu stanu elementów maszyn podstawowych, warunkujących ich dalszą, bezawaryjną eksploatację.

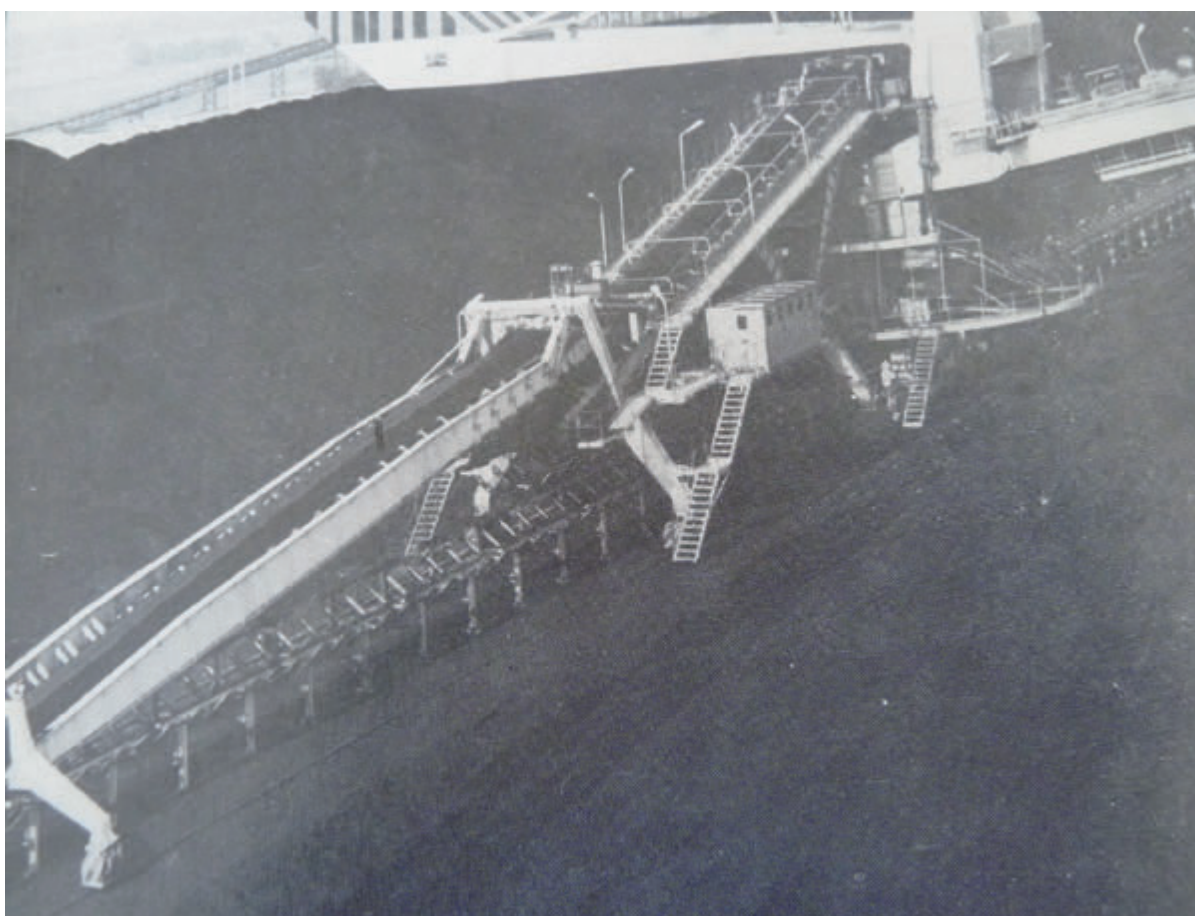
## Literatura i normy

- [1] Sozański L.: *Wybrane aspekty wykorzystania badań nieniszczących w kontroli maszyn podstawowych górnictwa odkrywkowego*. Materiały 39 KKBN, PTBNiDT SIMP, Szczyrk 2010
- [2] Kowalczyk M., Szewczyk B.: *Instrukcja kontroli stanu technicznego elementów, zespołów i urządzeń koparki KWK-1200M*. SKW Biuro Projektowo-Techniczne. Zgorzelec 2002
- [3] Sozański L., Sullik P.: *Analyza normalizace zkoušení svaru kapilarni metodou*. 42. Me-zinárrodní Konference a Výstava NDT Techniky : DEFECTOSKOPIE 2012. Sborník příspěvků, Sec u Chrudimi, Czech Republic
- [4] PN-G-47000-3:2006. *Górnictwo odkrywkowe - Koparki wielonaczyniowe i zwalowarki - Część 3: Połączenia spawane*
- [5] PN-EN ISO 9712:2005. *Badania nieniszczące - Kwalifikacja i certyfikacja personelu*
- [6] PN-EN ISO 17635:2010. *Badania nieniszczące złączy spawanych. Zasady ogólne dotyczące metali*
- [7] PN EN ISO 5817:2010. *Badania nieniszczące złączy spawanych. Zasady ogólne dotyczące metali*



- [8] PN EN ISO 17638:2006. Badania nieniszczące spoin – Badania magnetyczno-proszkowe spoin
- [9] PN-EN ISO 23278:2010. Badania nieniszczące spoin – Badania magnetyczno-proszkowe spoin – Poziomy akceptacji
- [10] PN EN 13018:2004. Badania nieniszczące - Badania wizualne - Zasady ogólne
- [11] PN-EN ISO 9934-1: 2005. Badania nieniszczące – Badania magnetyczno-proszkowe. Część 1: Zasady ogólne
- [12] PN EN 1330-7:2007. Badania nieniszczące. Terminologia. Część 7: Terminy stosowane w badaniach
- [13] PN-EN ISO 9934-2:2003. Badania nieniszczące – Badania magnetyczno-proszkowe. Część 2: Środki wykrywające
- [14] PN-EN ISO 9934-3:2003. Badania nieniszczące – Badania magnetyczno-proszkowe. Część 3: Aparatura
- [15] PN-EN ISO 12706:2010. Badania nieniszczące – Terminologia – Terminy stosowane w badaniach penetracyjnych
- [16] PN EN 571-1:1999. Badania nieniszczące – Badania penetracyjne. Zasady ogólne
- [17] PN-EN ISO 3452-2:2006. Badania nieniszczące-Badania penetracyjne-Cz. 2 Badania materiałów penetracyjnych
- [18] PN-EN ISO 3452-3:2001. Badania nieniszczące – Badania penetracyjne. Część 3: Próbki odniesienia
- [19] PN-EN ISO 3452-4:2001. Badania nieniszczące – Badania penetracyjne. Część 4: Wypo-sażenie
- [20] ISO 3452-5:2008. Non-destructive testing – Penetrant testing – Part 5: Penetrant testing at temperatures higher than 50 °C
- [21] ISO 3452-6:2008. Non-destructive testing – Penetrant testing – Part 6: Penetrant testing at temperatures lower than 10 °C
- [22] PN EN 3059:2005. Badania nieniszczące. Badania penetracyjne i badania magnetyczno-proszkowe. Warunki obserwacji

*Z cyklu: Sentymtalne wędrówki po meandrach polskiej myśli techniki górniczej*



Reprint Renata S-K

Ładowarko-zwałowarka ŁZKS 1600 na kopalnianym placu uśredniania węgla