



PRZEPISY

PUBLIKACJA 70/P

**BADANIA NIENISZCZĄCE ODKUWEK STALOWYCH
STOSOWANYCH NA ELEMENTY KADŁUBA I URZĄDZEŃ MASZYNOWYCH**

styczeń
2022

Publikacje P (Przepisowe) wydawane przez Polski Rejestr Statków są uzupełnieniem lub rozszerzeniem Przepisów i stanowią wymagania obowiązujące tam, gdzie mają zastosowanie.

GDAŃSK

Publikacja 70/P – Badania nieniszczące odkuwek stalowych stosowanych na elementy kadłuba i urządzeń maszynowych – styczeń 2022, której podstawą są Zalecenia IACS (Recommendation No. 68 (June 2000)), stanowi rozszerzenie wymagań Części IX – Materiały i spawanie, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich.

Publikacja ta została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 21 grudnia 2021 r. i wchodzi w życie 1 stycznia 2022 r.

Niniejsza Publikacja ma zastosowanie również do innych przepisów PRS, jeżeli jest tam wymieniona.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2022

PRS/RP, 01/2022

SPIS TREŚCI

	Str.
1 Postanowienia ogólne	5
2 Personel	5
3 Badania powierzchni	6
3.1 Postanowienia ogólne	6
3.2 Wyroby.....	6
3.3 Strefy badania powierzchni.....	7
3.4 Przygotowanie powierzchni.....	7
3.5 Badania powierzchni	7
3.6 Kryteria akceptacji i naprawa wad.....	7
3.7 Zapisy.....	9
4 Badania ultradźwiękowe	10
4.1 Postanowienia ogólne	10
4.2 Wyroby.....	10
4.3 Strefy badania metodą ultradźwiękową	11
4.4 Stan powierzchni	11
4.5 Kryteria akceptacji.....	11
4.6 Zapisy.....	12

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Niniejsza *Publikacja* uzupełnia wymagania dotyczące stalowych odkuwek, zawarte w *Przepisach PRS: Część IX – Materiały i spawanie, Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich, Część VI – Urządzenia maszynowe i urządzenia chłodnicze, Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich oraz Publikacji 4/P* i zawiera wytyczne dotyczące metod badań nieniszczących, zakresu badań oraz minimalnych wymagań jakościowych, jakie muszą zostać spełnione w przypadku, kiedy nie podano innych wymagań. *Wymagania zawarte w tej Publikacji mogą być także zastosowane do badań odkuwek z austenitycznych stali nierdzewnych oraz ferrytyczno-austenitycznych stali nierdzewnych (duplex).*

1.2 *Publikacja* zawiera wytyczne dotyczące badania powierzchni metodami wizualną, penetracyjną, magnetyczną oraz badań objętościowych metodą ultradźwiękową.

1.3 Wymagania zawarte w niniejszej *Publikacji* mogą być stosowane także do odkuwek stalowych (takich jak elementy sprzęgieł, przekładni, kotłów i zbiorników ciśnieniowych), innych niż wymienione w *Publikacji*; należy wówczas uwzględnić stosowane materiały, kształt oraz naprężenia, na które będą one narażone.

1.4 Odkuwki należy poddać badaniom w końcowym stanie dostawy. Szczegółowe wymagania podane są w punktach 3.5 oraz 4.5 .

1.5 Jeżeli wytwórnia wykonywała badania pośrednie, to na życzenie inspektora PRS powinna przedstawić ich wyniki do odbioru końcowego.

1.6 Jeżeli wytwórnia dostarcza odkuwki jako półwyroby, to powinna uwzględniać wymagania, jakie wyrób musi spełniać po obróbce końcowej.

1.7 *W przypadku zaawansowanych metod badania ultradźwiękowego, np. PAUD lub TOFD, należy zastosować wymagania z Publikacji 80/P dotyczące ogólnych zasad przy przyjmowaniu i stosowaniu takich metod. Poziomy akceptacji związane z kryteriami akceptacji/odrzućcia powinny być zgodne z mającym zastosowanie rozdziałem tej Publikacji.*

2 PERSONEL

2.1 Personel wykonujący badania nieniszczące musi posiadać *certyfikaty potwierdzające jego uprawnienia wystawione zgodnie z wymaganiami normy ISO 9712 lub równoważnej normy krajowej lub międzynarodowej. Uprawnienia zgodne z innymi systemami certyfikacji, włącznie z opracowanymi przez pracodawców, będą rozpatrywane przez PRS osobno dla każdego przypadku.*

2.2 *Certyfikaty i uprawnienia personelu wykonującego badania nieniszczące powinny obejmować wszystkie branże i techniki przemysłowe stosowane przez producenta i jego podwykonawców.*

2.3 *Ww. certyfikaty powinny być udostępniane na życzenie do weryfikacji PRS.*

2.4 *Personel 3 stopnia powinien zatwierdzić procedury odpowiednich metod badań nieniszczących.*

2.5 *Operator wykonujący badania nieniszczące oraz interpretujący wskazania przyrządów powinien posiadać uprawnienia i certyfikaty co najmniej 2 stopnia rozpatrywanych badań NDT. Jednakże, operatorzy wykonujący jedynie gromadzenie danych przy zastosowaniu dowolnej metody NDT, a nie wykonujący interpretacji lub analizy danych, mogą posiadać uprawnienia i certyfikaty odpowiednie dla stopnia 1.*

Operator powinien posiadać odpowiednią wiedzę dotyczącą materiałów, spoin, konstrukcji i komponentów, sprzętu i ograniczeń NDT, która wystarcza do zastosowania odpowiedniej metody NDT.

3 BADANIA POWIERZCHNI

3.1 Postanowienia ogólne

3.1.1 Badania powierzchni mogą być prowadzone metodami: wizualną, penetracyjną, magnetyczną, w celu wykrycia odpowiednich wskazań oraz ich oceny, zgodnie z kryteriami akceptacji/odrzućcia podanymi w tej Publikacji.

3.1.2 Procedury badań, wyposażenie do badań, warunki oraz materiały pomocnicze powinny spełniać wymagania odpowiednich norm krajowych i międzynarodowych związanych z prowadzonymi badaniami (np. PN-EN 13018¹, PN-EN 10228-2², PN-EN 10228-1³).

3.1.3 Inne metody badania powierzchni, takie jak badania za pomocą prądów wirowych, mogą być wymagane przez PRS jako metoda uzupełniająca, np. w celu potwierdzenia wskazań lub do wykrycia nieudokumentowanych napraw spoin. Ta *Publikacja* nie zawiera kryteriów akceptacji/odrzućcia właściwych do tych metod i zostały one wspomniane jedynie do informacji.

3.2 Wyroby

3.2.1 Odkuwki podlegające wymaganiom niniejszej *Publikacji* muszą być poddane kontroli wizualnej przez producenta, obejmującej 100% wszystkich dostępnych powierzchni tych odkuwek, a wyniki kontroli powinny być przekazane inspektorowi PRS. W przypadku produkcji seryjnej zakres badań podlega osobnemu uzgodnieniu z PRS.

3.2.2 *Przepisy PRS* nie uwzględniają wszystkich odkuwek, które mogą być przedmiotem klasyfikacji (np. odkuwek pierścieni wieńcowych). W takich przypadkach, gdy określony komponent nie jest uwzględniony w *Przepisach* lub w tej *Publikacji*, w celu określenia odpowiednich procedur prób oraz kryteriów akceptacji wad mogą być zastosowane odpowiednie normy krajowe lub międzynarodowe.

3.2.3 W odpowiednich rozdziałach dotyczących badań powierzchni oraz badań objętościowych uwzględniane są szczegółowe kryteria akceptacji odkuwek z austenitycznych stali nierdzewnych oraz ferrytyczno-austenitycznych stali nierdzewnych (duplex), jednakże mogą być zastosowane inne kryteria akceptacji oraz postanowienia norm krajowych i międzynarodowych po uprzednim uzgodnieniu z PRS.

3.2.4 W przypadku gdy takie normy stosowane są lub przywoływane jako podstawa kryteriów akceptacji i odrzućcia, zgodnie z poziomem jakości powinny być one równoważne z dopuszczalnymi kryteriami podanymi w odpowiednich tabelach tej *Publikacji*. Zgodnie z poziomem jakości należy zakładać zwykle najwyższe lub najsurowsze kryteria, aby były one odpowiednio równoważne z podanymi w tej *Publikacji*.

3.2.5 Badania powierzchni metodą penetracyjną lub magnetyczną mają zastosowanie do badania następujących odkuwek:

- wszystkich wałów korbowych,

¹ PN-EN 13018:2004 – Badania nieniszczące. Badania wizualne. Zasady ogólne.

² PN-EN 10228-2:2000 – Badania nieniszczące odkuwek stalowych. Część 2. Badanie penetracyjne.

³ PN-EN 10228-1:2002 – Badania nieniszczące odkuwek stalowych. Część 1. Badanie magnetyczno-proszkowe.

- wałów śrubowych, pośrednich, oporowych i trzonów sterowych o minimalnej średnicy równej 100 mm i większej,
- **głowic cylindrów**, korbwodów, trzonów tłokowych oraz wodzików, **zgodnie z wymaganiami Publikacji 4/P dotyczącymi typu i wielkości silnika**,
- śrub, których minimalna średnica jest równa 50 mm i większa, które są poddane naprężeniom dynamicznym, takich jak śrub pokryw cylindrów, **śrub łączących kołnierze wałów korbowych**, cięgien, śrub czopów korbowych, śrub łożysk głównych oraz innych elementów **zgodnie z wymaganiami Publikacji 4/P dotyczącymi typu i wielkości silnika**,
- **śrub mocujących skrzydła pędnika, które są poddane naprężeniom dynamicznym**.

3.3 Strefy badania powierzchni

Badania metodą magnetyczną lub gdy jest to dozwolone – penetracyjną – powinny być przeprowadzone w strefach I, II i III (**na ile ma to zastosowanie**), wg rysunków od 1 do 4.

3.4 Przygotowanie powierzchni

Powierzchnia do badań musi być oczyszczona ze zgorzeliny, smaru, śladów obróbki mechanicznej, farby oraz innych zanieczyszczeń, które mogłyby ujemnie wpływać na skuteczność badania lub interpretację wskazań.

Badana powierzchnia powinna być ośrutowana, opiaskowana lub powierzchniowo oszlifowana tak, by wskazania pochodzące od nieciągłości można było wyraźnie odróżnić od wskazań spowodowanych nieregularnościami powierzchni.

3.5 Badania powierzchni

3.5.1 Badanie powierzchni należy wykonywać metodą magnetyczną, z wyjątkiem następujących przypadków, kiedy badanie powierzchni **można** prowadzić metodą penetracyjną:

- stale austenityczne **oraz ferrytyczno-austenityczne (duplex)**,
- interpretacja wskazań otwartych, wykrytych metodami wizualną lub magnetyczną,
- na polecenie inspektora PRS.

3.5.2 Jeżeli w **specyfikacji** nie podano inaczej, **badania metodą magnetyczną należy przeprowadzać na odkuwce po końcowej obróbce mechanicznej powierzchni oraz po końcowej obróbce cieplnej**.

3.5.3 Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to badania powierzchni należy przeprowadzać w obecności inspektora PRS. Badania powierzchni należy wykonywać przed montażem połączenia skurczowego.

3.5.4 W przypadku badań metodą magnetyczną należy zwrócić uwagę na styk między odkuwką a urządzeniem magnesującym w celu uniknięcia miejscowego przypalenia lub przegrzania powierzchni odkuwki. Przy odkuwkach po końcowej obróbce skrawaniem badanie magnetyczne należy wykonać ze szczególną ostrożnością, stosując specjalne nakładki zabezpieczające.

3.5.5 W przypadku wykrycia wskazań podczas badania powierzchni, inspektor PRS podejmuje decyzję o akceptacji lub odrzuceniu odkuwki wg kryteriów zawartych w podrozdziale 3.6.

3.6 Kryteria akceptacji i naprawa wad

3.6.1 Kryteria akceptacji przy badaniach metodą wizualną

Wszystkie odkuwki powinny być wolne od pęknięć, śladów podobnych do pęknięć, zawalcowania, szwów, fałd lub oznak innych uszkodzeń.

Inspektor PRS może zażądać dodatkowych badań metodą penetracyjną, magnetyczną lub ultradźwiękową w celu szczegółowej oceny nieprawidłowości powierzchni.

Wewnętrzną powierzchnię drążonych wałów napędowych należy poddać badaniom metodą wizualną w celu zlokalizowania wad odkrytych podczas obróbki mechanicznej. Ślady po obróbce należy przeszlifować tak, aby uzyskać łagodny profil.

3.6.2 Kryteria akceptacji w metodach penetracyjnej i magnetycznej

Przyjmuje się następujące definicje wskazań:

Wskazanie liniowe – wskazanie, którego **największy wymiar** jest co najmniej trzykrotnie większy od **najmniejszego wymiaru** (tj. $l \geq 3 w$).

Wskazanie nieliniowe – **wskazanie, którego największy wymiar jest mniej niż trzykrotnie większy od najmniejszego wymiaru** (tj. $l < 3 w$).

Łańcuch wskazań –

- a) **wskazania nieliniowe tworzą łańcuch wskazań, jeśli odległość pomiędzy nimi wynosi mniej niż 2 mm i co najmniej trzy wskazania są zgrupowane w jednej osi. Łańcuch wskazań jest uznawany za wskazanie specyficzne, a jego długość jest równa całkowitej długości zgrupowania.**
- b) **wskazania liniowe tworzą łańcuch wskazań, jeśli odległość między dwoma wskazaniami jest mniejsza od długości najdłuższego wskazania.**

Wskazanie otwarte – wskazanie ujawniające się po usunięciu cząstek magnetycznych (rozmagnesowaniu) lub które może być wykryte przy badaniach **metodą penetracyjną**.

Wskazanie nieotwarte – wskazanie, które nie ujawnia się po usunięciu cząstek magnetycznych (rozmagnesowanie) lub które nie może być wykryte **metodą penetracyjną**.

Wskazanie istotne – wskazanie, które powstaje w wyniku takiego stanu lub typu nieciągłości, który wymaga oceny. Za wskazanie **istotne w kategoryzacji** może być uznane tylko takie, którego przynajmniej jeden wymiar przekracza 1,5 mm.

W celu oceny wskazań badaną powierzchnię należy podzielić na pola odniesienia o powierzchni 225 cm². Do oceny powierzchni należy wybrać pole odniesienia w miejscu najbardziej niekorzystnym względem wskazania podlegającego ocenie.

Tabele 3.6.2-1 i 3.6.2-2 podają dopuszczalną liczbę i rozmiary wskazań w jednym polu odniesienia. Pęknięcia nie są dopuszczalne. Niezależnie od wyników badań nieniszczących, inspektor PRS może odrzucić odkawkę, jeżeli całkowita liczba wskazań przekracza wartość dopuszczalną.

Tabela 3.6.2-1
Dopuszczalna liczba i rozmiar wskazań powierzchniowych w polu odniesienia 225 cm² dla odkuwek wałów korbowych

Badana powierzchnia	Maksymalna dopuszczalna liczba wskazań	Typ wskazania	Maksymalna ilość wskazań danego typu	Maksymalny rozmiar [mm]
I (powierzchnie krytyczne)	0	liniowe	0	–
		nieliniowe	0	–
		łańcuch	0	–
II (powierzchnie ważne)	3	liniowe	0	–
		nieliniowe	3	3,0
		łańcuch	0	–
III (pozostałe powierzchnie)	3	liniowe	0	–
		nieliniowe	3	5,0
		łańcuch	0	–

Tabela 3.6.2-2
Dopuszczalna liczba i rozmiar wskazań powierzchniowych w polu odniesienia 225 cm² dla odkuwek innych wałów i elementów urządzeń maszynowych

Badana powierzchnia	Maksymalna dopuszczalna liczba wskazań	Typ wskazania	Maksymalna ilość wskazań danego typu	Maksymalny rozmiar [mm]
I	3	liniowe	0 ¹⁾	-
		nieliniowe	3	3,0
		łańcuch	0 ¹⁾	-
II	10	liniowe	3 ¹⁾	3,0
		nieliniowe	7	5,0
		łańcuch	3 ¹⁾	3,0

Uwaga:
¹⁾ Wskazania liniowe i nieliniowe nie są dozwolone na śrubach, które przenoszą bezpośrednie obciążenie pulsujące, takich jak śruby łożysk głównych wałów korbowych, śruby łożysk wodzików, śruby pokryw cylindrów.

3.6.3 Naprawa wad

3.6.3.1 Wskazania, których liczba i rozmiary przekraczają wymagania podane w tabelach 3.6.2-1 oraz 3.6.2-2 muszą być klasyfikowane jako wady i poddane naprawie lub odrzucone.

3.6.3.2 Ogólnie zezwala się na usuwanie płytkich wskazań poprzez lekkie szlifowanie do maksymalnej głębokości 1,5 mm, jeśli jest to akceptowalne zgodnie z Częścią IX Przepisów PRS.

3.6.3.3 Całkowite usunięcie wady powinno zostać potwierdzone badaniem metodą penetracyjną lub magnetyczną, zgodnie z kryteriami.

3.6.3.4 Naprawianie wad przez spawanie nie jest dozwolone w odniesieniu do wałów korbowych oraz elementów obrotowych poddawanych naprężeniom zmęczeniowym przy skręcaniu (takich jak wały napędowe). Naprawy przez spawanie powinny podlegać każdorazowo uprzedniemu zatwierdzeniu przez PRS.

3.6.3.5 Nie dopuszcza się szlifowania w miejscach gwintów wykonanych metodą obróbki skrawaniem.

3.7 Zapisy

Wyniki badania powierzchni odkuwki należy podać w formie pisemnej. Zapisy powinny zawierać co najmniej następujące dane/informacje:

- .1 datę badania;
- .2 nazwiska, podpisy i stopnie uprawnień osób wykonujących badanie;
- .3 metodę badania oraz procedurę badania, z uwzględnieniem jej oznaczenia:
 - dla badań metodą penetracyjną: typ używanego zestawu oraz warunki prowadzenia obserwacji (odpowiednio do stosowanej techniki penetracyjnej oraz użytych środków),
 - dla badań metodą magnetyczną: sposób magnesowania, materiały dodatkowe, natężenie pola magnetycznego, wskaźniki strumienia magnetycznego oraz warunki prowadzenia obserwacji (odpowiednio do stosowanej techniki penetracyjnej oraz użytych środków);
- .4 typ wyrobu;
- .5 numer oraz specyficzne oznaczenie wyrobu;
- .6 kategorie stali;

- .7 rodzaj zastosowanej obróbki cieplnej;
- .8 etap badania;
- .9 miejsce i strefę badania;
- .10 stan powierzchni;
- .11 zastosowane normy badania, z uwzględnieniem przywołania odpowiednich tabel do celu akceptacji;
- .12 warunki badania;
- .13 wyniki badania, z uwzględnieniem dokumentacji dotyczącej historii napraw i badań (odpowiednio);
- .14 stwierdzenie o akceptacji lub braku akceptacji;
- .15 szczegóły dotyczące napraw przez spawanie łącznie ze szkicem (tam gdzie ma to zastosowanie).

4 BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE

4.1 Postanowienia ogólne

4.1.1 Badania ultradźwiękowe należy przeprowadzić metodą kontaktową, stosując głowice normalne i/lub kątowe. Badanie za pomocą zaawansowanych metod ultradźwiękowych (np. PAUT lub TOFD) powinno spełniać ogólne wymagania *Publikacji 80/P*.

4.1.2 Procedury badań, defektoskopy ultradźwiękowe oraz warunki przeprowadzania badań muszą być zgodne z odpowiednimi wymaganiami norm krajowych i międzynarodowych (np. PN-EN 10228-3, PN-EN 10228-4). Ogólnie przy ustalaniu czułości oraz ocenie badań wykorzystuje się techniki DAC (distance-amplitude correction) lub OWR (odległość-wzmocnienie-rozmiar) (ang. DGS (distance-gain-size)). Przy badaniach należy stosować głowice normalne i/lub kątowe o częstotliwości od 2 do 4 MHz. Do badania podpowierzchniowego (do głębokości 25 mm) zaleca się użycie głowicy dwuprzetwornikowej normalnej (0°), do badania pozostałych objętości materiału – głowicy normalnej (0°) (zwykle monokrystalicznej przy głębokości badania powyżej 25 mm). W zależności od wybranej czułości badania należy stosować odpowiednie tabele kryteriów akceptacji.

4.1.3 Promienie przejść należy badać głowicami kątowymi (45°, 60° lub 70°), głównie, aby ustalić występowanie pęknięć w obrębie badanych obszarów, a także wykonując dodatkowe skanowanie, aby potwierdzić wskazania, które mogły być wykryte w tym obszarze głowicą 0°.

4.1.4 W przypadku spawanych odkuwek oraz napraw przez spawanie należy wykonać badanie spoin według odpowiedniej normy i nie należy stosować tabeli kryteriów akceptacji zamieszczonych w tej *Publikacji* jako podstawy do akceptacji spoin.

4.1.5 Do tworzenia krzywych DAC dla głowic normalnych należy stosować płytki kontrolne zawierające płaskodenne otwory (FBH) o odpowiednich rozmiarach, rozmieszczone na badanej grubości. Płytki kontrolne powinny być wytworzone z podobnego materiału i posiadać podobną powierzchnię, jak powierzchnia poddawana badaniu. Tam gdzie jest to niezbędne, należy uwzględnić straty tłumienia poprzez korektę przejścia oraz dostosowanie krzywej DAC zgodnie z wymaganiem. Zastosowana korekta przejścia (mierzona w decybelach, dB) powinna być uznana jako nowa czułość referencyjna, według której oceniane są wskazania, zgodnie z odpowiednią tabelą zawartą w tej *Publikacji*.

4.2 Wyroby

4.2.1 Badania ultradźwiękowe odkuwek mają zastosowanie do następujących wyrobów:

- **wszystkich** wałów korbowych,
- wałów śrubowych, wałów pośrednich, wałów oporowych i trzonów sterowych o minimalnej średnicy nie mniejszej niż 200 mm,
- **głowic cylindrów**, korbowodów, trzonów tłokowych oraz wodzików, śrub łączących **oraz śrub dwustronnych**, zgodnie z wymaganiami dotyczącymi typu i wielkości silnika zawartymi w *Publikacji 4/P*.

4.2.2 *Przepisy PRS* nie uwzględniają wszystkich komponentów odkuwek, które mogą być przedmiotem klasyfikacji (np. odkuwek pierścieni wieńcowych). W takich przypadkach, gdy określony komponent lub typ nie jest uwzględniony w *Przepisach* lub w tej *Publikacji*, w celu określenia odpowiednich procedur prób oraz kryteriów akceptacji wad mogą być zastosowane odpowiednie normy krajowe lub międzynarodowe.

4.2.3 W przypadku gdy takie normy stosowane są lub przywoływane jako podstawa kryteriów akceptacji i odrzucenia, zgodnie z poziomem jakości powinny być one równoważne z dopuszczalnymi kryteriami podanymi w odpowiednich tabelach tej *Publikacji*. Zgodnie z poziomem jakości należy zakładać zwykle najwyższe lub najsurowsze kryteria, aby były one odpowiednio równoważne z podanymi w tej *Publikacji*.

4.2.4 Kryteria akceptacji badań ultradźwiękowych podane w Tabelach 4.5-1, 4.5-2, 4.5-3 oraz 4.5-4 dotyczą odkuwek ze stali węglowej, węglowo-manganowej oraz stopowej, a nie odkuwek ze stali austenitycznej nierdzewnej lub ferrytyczno-austenitycznej nierdzewnej (duplex). Kryteria akceptacji dotyczące odkuwek ze stali nierdzewnej lub stali duplex podano w normie EN 10228-4, a poziomy jakości należy uzgodnić z PRS. Stosowanie norm krajowych lub międzynarodowych podlega każdorazowo zatwierdzeniu przez PRS.

4.3 Strefy badania metodą ultradźwiękową

Badanie metodą ultradźwiękową należy przeprowadzić w strefach od I do III, zgodnie z rysunkami od 5 do 8. Według uznania inspektora PRS, obszar badania może zostać przekwalifikowany do wyższej strefy.

4.4 Stan powierzchni

4.4.1 Stan powierzchni badanych odkuwek powinien zapewniać uzyskanie odpowiedniego sprzężenia akustycznego między głowicą a odkuwką oraz uniknięcie nadmiernego zużycia głowicy. Powierzchnia do badań musi być oczyszczona ze zgorzeliny, smaru, farby lub innych zanieczyszczeń.

4.4.2 Badania ultradźwiękowe odkuwek należy przeprowadzać po obróbce skrawaniem i końcowej obróbce cieplnej, ale przed wierceniem otworów na olej i przed utwardzeniem powierzchni **oraz skrawaniem gwintów śrub**. Odkuwki czarne (**lub w stanie po kuciu**) poddaje się badaniu po usunięciu zgorzeliny tlenkowej przez usuwanie płomieniowe, śrutowanie, szlifowanie, skórowanie.

4.5 Kryteria akceptacji

Kryteria akceptacji dla metody ultradźwiękowej podano w tabelach 4.5-1 do 4.5-4.

Tabela 4.5-1
Kryteria akceptacji badań ultradźwiękowych dla wałów korbowych
Technika OWR – głowice normalne

Typ odkuwki	Strefa badania	Dopuszczalna średnica zgodnie z wykresem OWR ¹⁾	Dopuszczalna długość wskazania	Dopuszczalny odstęp między dwoma wskazaniami ²⁾
Wał korbowy	I	$d \leq 1,0 \text{ mm}^3)$	Nie ma zastosowania	Nie ma zastosowania
	II	$d \leq 2,0 \text{ mm}$	$\leq 10 \text{ mm}$	$\geq 20 \text{ mm}$
	III	$d \leq 4,0 \text{ mm}$	$\leq 15 \text{ mm}$	$\geq 20 \text{ mm}$

Uwagi:

- 1) OWR – Odległość-Wzmocnienie-Rozmiar (ang. DGS)
- 2) W przypadku wystąpienia dwu lub więcej oddzielnych wskazań, które podlegają rejestracji, minimalny odstęp między dwoma sąsiednimi wskazaniami musi odpowiadać co najmniej długości **największego** wskazania. Dotyczy to zarówno odległości mierzonej osiowo, jak i w głąb materiału. Oddzielne wskazania z odstępami mniejszymi niż dopuszczalne należy uznawać za jedno pojedyncze wskazanie.
- 3) W przypadku badania w strefie 1, przy doborze głowic należy uwzględnić limity długości ścieżki wiązki głowicy oraz głębokości penetracji wiązki, a minimalna częstotliwość głowicy powinna wynosić 4 MHz.
- 4) W strefie 1 nie są akceptowane wskazania o wysokości echa większej niż reflektor dyskoksztalny o średnicy 1,0 mm. Wskazania o wysokości echa mniejszej niż 1,0 mm można zaakceptować, jeśli uznane są jako reflektory punktowe i nie mają mierzalnej długości.

Tabela 4.5-2
Kryteria akceptacji badań ultradźwiękowych dla wałów korbowych
Technika DAC – głowice normalne

Typ odkuwki	Strefa badania	Dopuszczalny poziom referencyjny, w oparciu o FBH 3,0 mm ^{1) 2) 3)}	Dopuszczalna długość wskazania	Dopuszczalny odstęp między dwoma wskazaniami ⁵⁾
Wał korbowy	I	3,0 mm DAC minus 19 dB	Nie ma zastosowania ⁴⁾	Nie ma zastosowania
	II	3,0 mm DAC minus 7 dB	$\leq 10,0 \text{ mm}$	$\geq 20 \text{ mm}$
	III	3,0 mm DAC + 5 dB	$\leq 15,0 \text{ mm}$	$\geq 20 \text{ mm}$

Uwagi:

- 1) Wymaganiem związanym z 3 mm FBH jest użycie znormalizowanych płytek kontrolnych DAC dla jasności i spójności wyników. Wartość dB dla ustawień FBH/DAC jest równoważna do wartości reflektora dyskoksztalnego podanej w Tabeli 4.5-1, odpowiadającej mającej zastosowanie strefie.
- 2) W technice DAC mogą być stosowane FBH innych rozmiarów (przy wartości dB odpowiednio dostosowanej, aby zapewnić równoważność z ustalonym FBH/ reflektorem dyskoksztalnym). Gdy stosowane są inne rozmiary FBH, procedura badania ultradźwiękowego powinna potwierdzać równoważność przy użyciu odpowiedniego wzoru obliczeniowego.
- 3) W przypadku badań w strefie 1, dobór głowic powinien uwzględniać limity długości ścieżki wiązki głowicy oraz głębokości penetracji wiązki, a minimalna częstotliwość głowicy powinna wynosić 4 MHz.
- 4) W strefie 1 nie są akceptowane wskazania o wysokości echa większej niż poziom referencyjny DAC. Wskazania o wysokości echa mniejszej niż poziom referencyjny DAC można zaakceptować, jeśli uznane są jako reflektory punktowe i nie mają mierzalnej długości.
- 5) W przypadku wystąpienia dwu lub więcej oddzielnych wskazań, które podlegają rejestracji, minimalny odstęp między dwoma sąsiednimi wskazaniami musi odpowiadać co najmniej długości największego wskazania. Dotyczy to zarówno odległości mierzonej osiowo, jak i w głąb materiału. Oddzielne wskazania z odstępami mniejszymi niż dopuszczalne należy uznawać za jedno pojedyncze wskazanie.

Tabela 4.5-3
Kryteria akceptacji badań ultradźwiękowych dla odkuwek innych wałów
i elementów urządzeń maszynowych – technika OWR, głowice normalne

Typ odkuwki	Strefa badania	Dopuszczalna średnica zgodnie z wykresem OWR ^{1), 2)}	Dopuszczalna długość wskazania	Dopuszczalny odstęp między dwoma wskazaniami ³⁾
Wał śrubowy, wał pośredni	II	część zewnętrzna: $d \leq 2$ mm	≤ 10 mm	≥ 20 mm
		część wewnętrzna: $d \leq 4$ mm	≤ 15 mm	≥ 20 mm
Wał oporowy, trzon sterowy	III	część zewnętrzna: $d \leq 3$ mm	≤ 10 mm	≥ 20 mm
		część wewnętrzna: $d \leq 6$ mm	≤ 15 mm	≥ 20 mm
Korbówód, trzon tłokowy, wodzik	II	$d \leq 2$ mm	≤ 10 mm	≥ 20 mm
	III	$d \leq 4$ mm	≤ 10 mm	≥ 20 mm

Uwagi:

- 1) OWR – Odległość-Wzmocnienie-Rozmiar (ang. DGS).
- 2) Część zewnętrzna oznacza część wału położoną poza jedną trzecią promienia przekroju wału, licząc od jego środka, część wewnętrzna oznacza pozostałą część przekroju wału.
- 3) W przypadku wystąpienia dwu lub więcej oddzielnych wskazań, które podlegają rejestracji, minimalny odstęp między dwoma sąsiednimi wskazaniami musi odpowiadać co najmniej długości większego wskazania. **Dotyczy to zarówno odległości mierzonej osiowo, jak i w głąb materiału. Oddzielne wskazania z odstępami mniejszymi niż dopuszczalne należy uznawać za jedno pojedyncze wskazanie.**

Tabela 4.5-4
Kryteria akceptacji badań ultradźwiękowych dla odkuwek innych wałów
i elementów urządzeń maszynowych – technika DAC, głowice normalne

Typ odkuwki	Strefa badania	Dopuszczalny poziom referencyjny DAC, w oparciu o FBH 3,0 mm ¹⁾²⁾	Dopuszczalna długość wskazania	Dopuszczalny odstęp między dwoma wskazaniami ⁵⁾
Wał śrubowy, wał pośredni	II	część zewnętrzna: DAC minus 7 dB	≤ 10 mm	≥ 20 mm
		część wewnętrzna: DAC + 5 dB	≤ 15 mm	≥ 20 mm
Wał oporowy, trzon sterowy	III	część zewnętrzna: +0 DAC	≤ 10 mm	≥ 20 mm
		część wewnętrzna: DAC + 12 dB	≤ 15 mm	≥ 20 mm
Korbówód, trzon tłokowy, wodzik	II	DAC minus 7 dB	≤ 10 mm	≥ 20 mm
	III	DAC + 5 dB	≤ 10 mm	≥ 20 mm

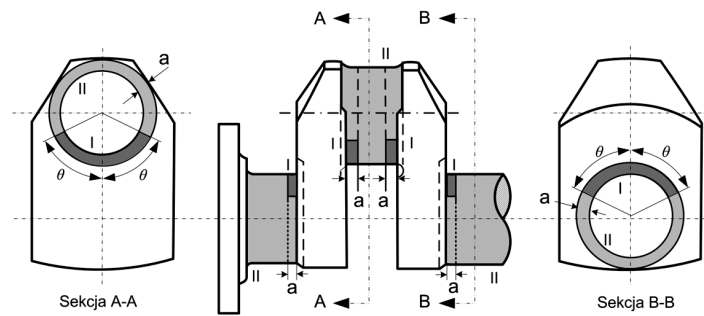
Uwagi:

- 1) Wymaganiem związanym z 3 mm FBH jest użycie znormalizowanych płytek kontrolnych DAC dla jasności i spójności wyników. Wartość dB dla ustawień FBH/DAC jest równoważna do wartości reflektora dyskoidalnego podanej w Tabeli 4.5-1, odpowiadającej mającej zastosowanie strefie.
- 2) W technice DAC mogą być stosowane FBH innych rozmiarów (przy wartościach dB odpowiednio dostosowanych, aby zapewnić równoważność z ustalonym FBH/ reflektorem dyskoidalnym). Gdy stosowane są inne rozmiary FBH, procedura badania ultradźwiękowego powinna potwierdzać równoważność przy użyciu odpowiedniego wzoru obliczeniowego.
- 3) W przypadku wystąpienia dwu lub więcej oddzielnych wskazań, które podlegają rejestracji, minimalny odstęp między dwoma sąsiednimi wskazaniami musi odpowiadać co najmniej długości największego wskazania. **Dotyczy to zarówno odległości mierzonej osiowo, jak i w głąb materiału. Oddzielne wskazania z odstępami mniejszymi niż dopuszczalne należy uznawać za jedno pojedyncze wskazanie.**

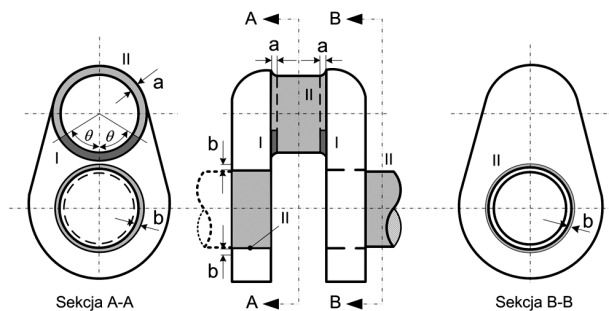
4.6 Zapisy

Zapisy dotyczące badania odkuwki metodą ultradźwiękową muszą zawierać co najmniej następujące dane:

- .1 data badania;
- .2 nazwiska, **podpisy** i stopnie uprawnień osób wykonujących badanie;
- .3 metodę badania **oraz oznaczenie procedury, a także:**
 - **stosowane wyposażenie (przyrząd, głowice, włącznie z ich dostosowaniem do zakrzywionych powierzchni, płytki wzorcowe i kontrolne)**
 - **techniki stosowane do ustalenia czułości badania (włącznie z techniką czułości, specyficznymi płytkami kontrolnymi, rozmiarem reflektora, korektą przenoszenia)**
 - **maksymalną szybkość skanowania (mm/s)**
 - **szczegóły ograniczeń dotyczących badań;**
- .4 **typ** wyrobu;
- .5 numer **oraz specyficzne oznaczenie** wyrobu;
- .6 kategorie stali;
- .7 rodzaj zastosowanej obróbki cieplnej;
- .8 etap badania;
- .9 miejsce (strefa) badania;
- .10 stan powierzchni;
- .11 zastosowane normy **badania, z uwzględnieniem przywołania odpowiednich tabel do celu akceptacji;**
- .12 warunki badania;
- .13 wyniki badania, **z uwzględnieniem dokumentacji dotyczącej historii napraw i badań (odpowiednio);**
- .14 stwierdzenie akceptacji lub braku akceptacji;
- .15 szczegóły dotyczące napraw przez spawanie łącznie ze szkicem **(tam, gdzie ma to zastosowanie).**



(a) Wał korbowy jednolity



(b) Wał korbowy półskładany

Uwagi:

1. W przypadku, gdy czop korbowy lub łożysko mają otwory olejowe, powierzchnie obwodowe otworów olejowych powinny być uznane za strefę I (patrz rysunek z prawej strony).
2. Na powyższych rysunkach wielkości θ , a , b mają następujące wartości:

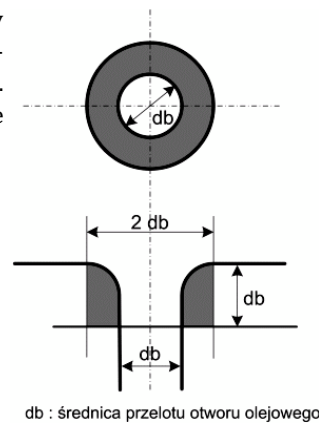
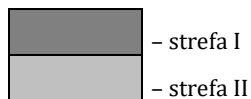
$$\theta = 60^\circ$$

$$a = 1,5r$$

$$b = 0,05d \text{ (powierzchnie obwodowe połączenia skurczowego)}$$

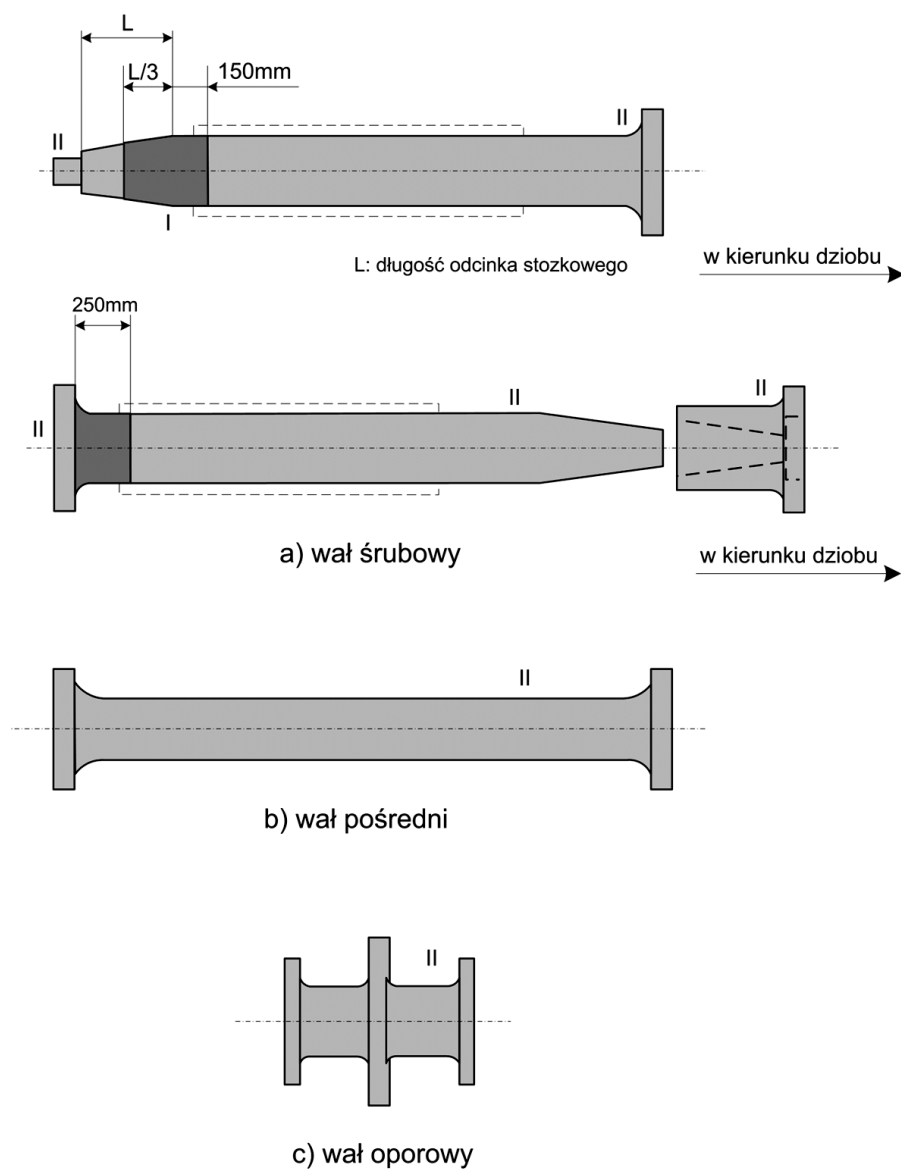
gdzie r – promień przejścia, d – średnica łożyska.

3. Oznaczenia stref dla rysunków od 1 do 4.



db : średnica przelotu otworu olejowego

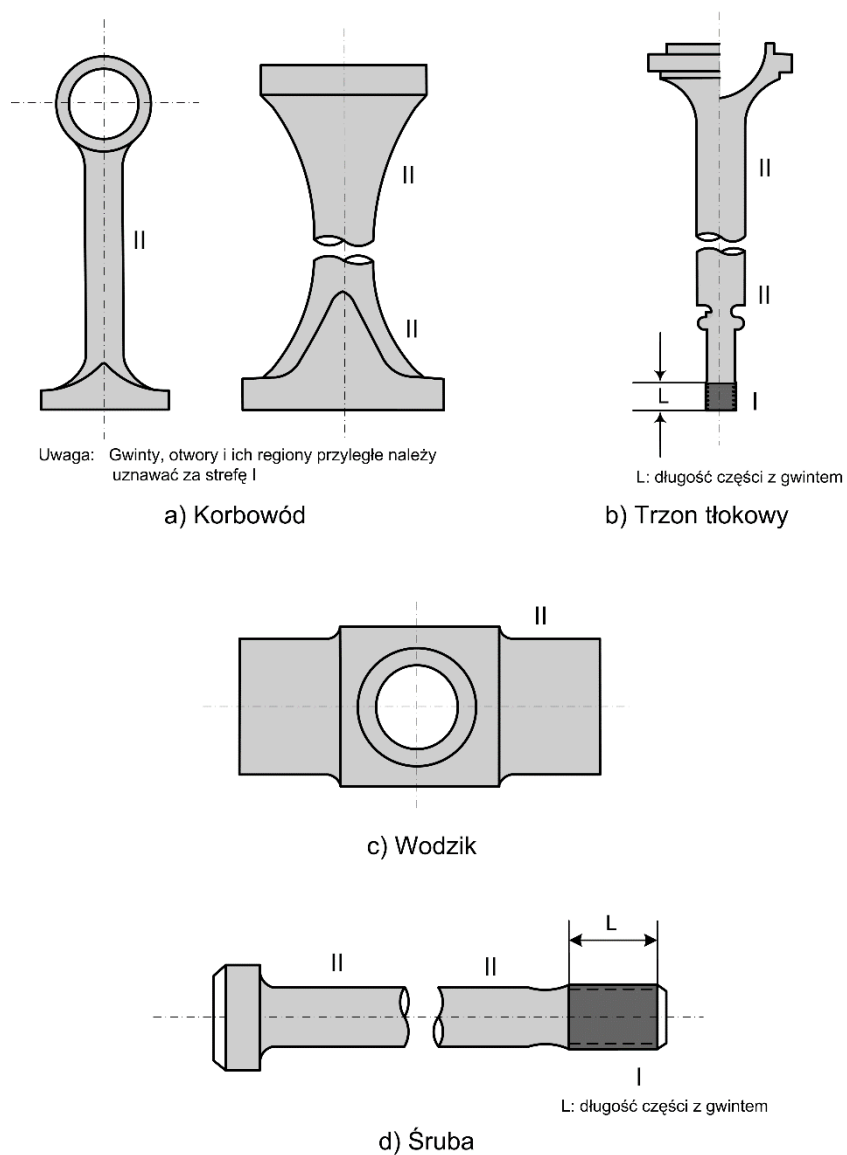
Rys. 1 – Strefy badania metodą penetracyjną lub magnetyczną wałów korbowych



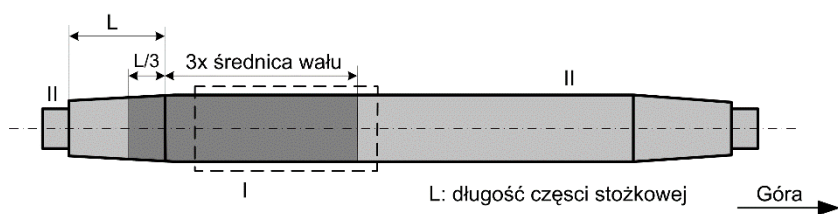
Uwaga:

W przypadku wałów napędowych, pośrednich i oporowych wszystkie miejsca, w których należy spodziewać się spiętrzenia naprężeń, takie jak: otwory okrągłe, szczeliny oraz rowki wpustowe należy uznawać za strefę I.

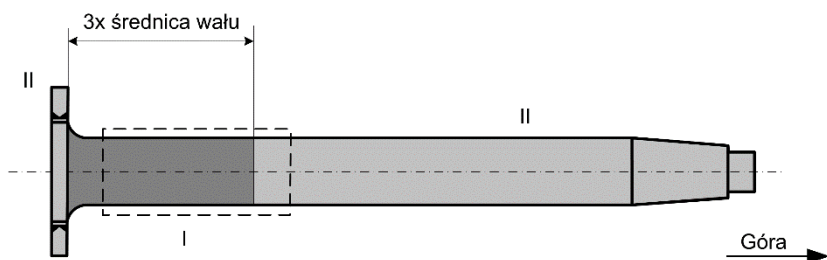
Rys. 2 – Strefy badania metodą penetracyjną lub magnetyczną pozostałych wałów



Rys. 3 – Strefy badania metodą penetracyjną lub magnetyczną elementów maszynowych

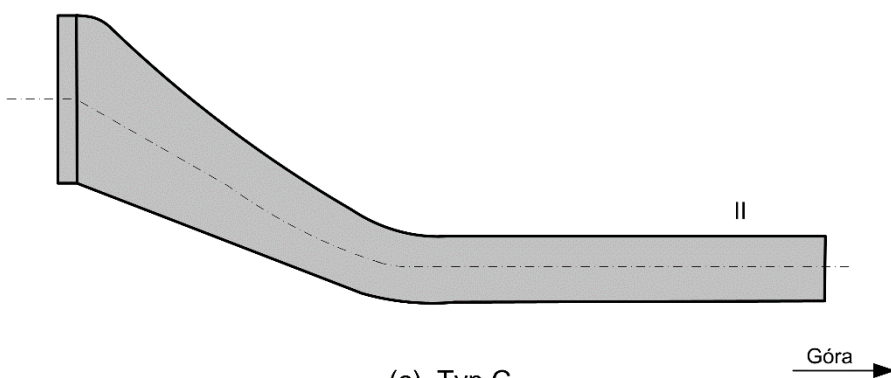


(a) Typ A



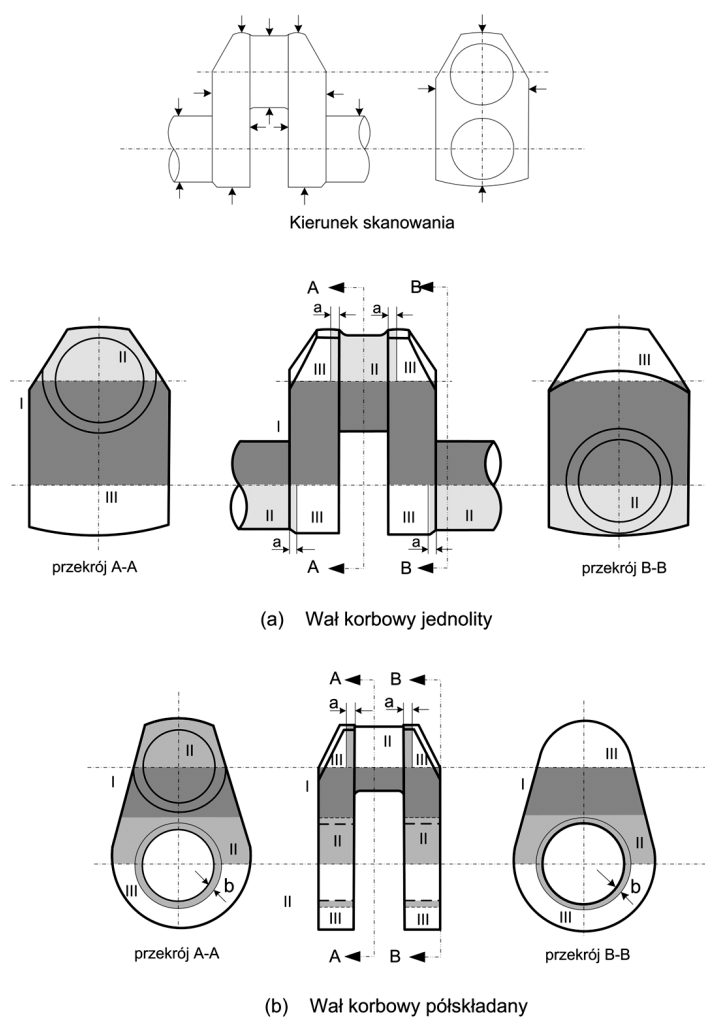
Uwaga: Rejony spoin należy uznawać za strefę I

(b) Typ B



(c) Typ C

Rys. 4 – Strefy badania metodą penetracyjną lub magnetyczną trzonów sterowych



Uwagi:

1. Na powyższych rysunkach wielkości a , b oznaczają:

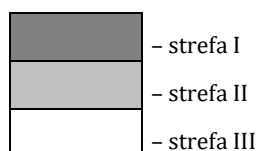
$a = 0,1d$ lub 25 mm, wybierając wartość większą,

$b = 0,05d$ lub 25 mm, wybierając wartość większą (okolice połączenia skurczowego)

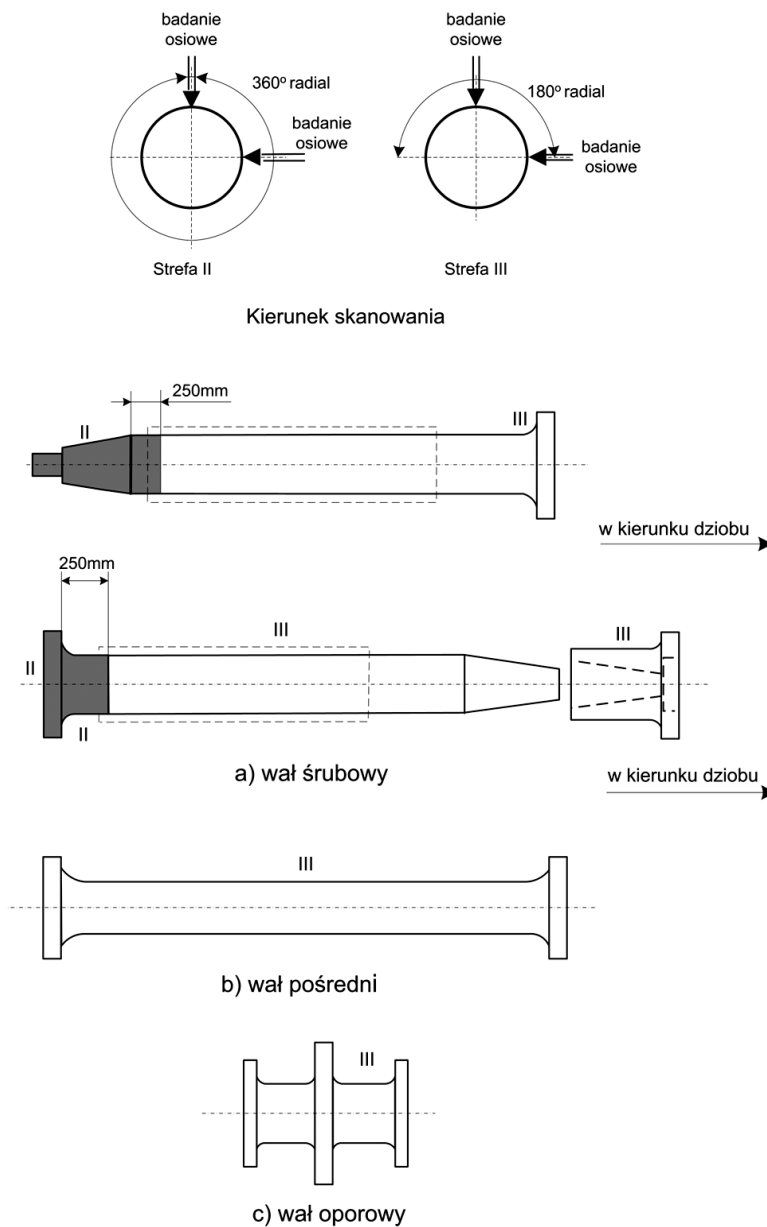
gdzie d – średnica czopa głównego lub korbowego.

2. Powierzchnie rdzeni czopów korbowych i/lub łożysk głównych w obrębie promienia $0,25d$ między wykorczeniami mogą być z zasady uznawane za strefę II.

3. Oznaczenia stref dla rysunków od 5 do 8.



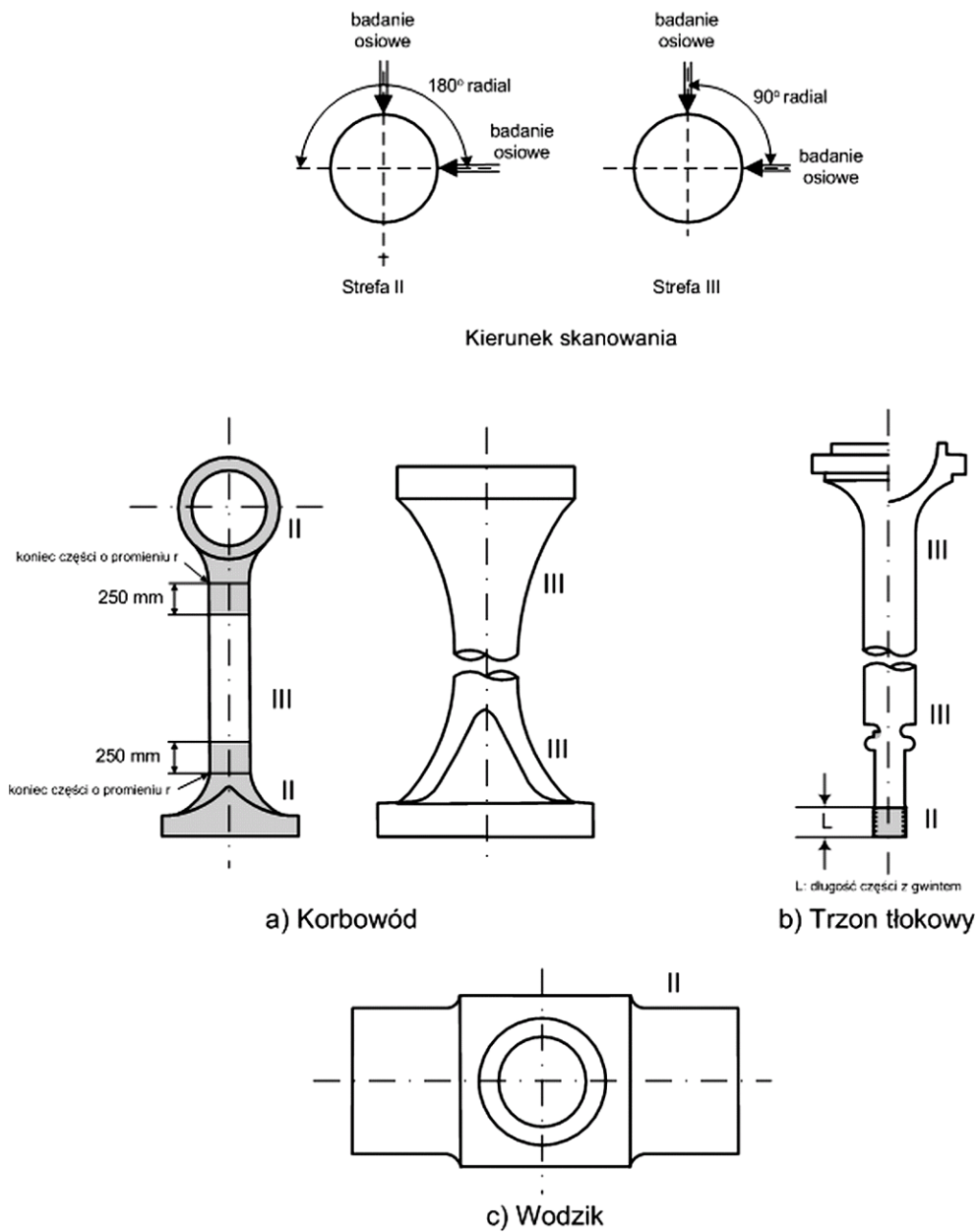
Rys. 5 – Strefy badania metodą ultradźwiękową wałów korbowych



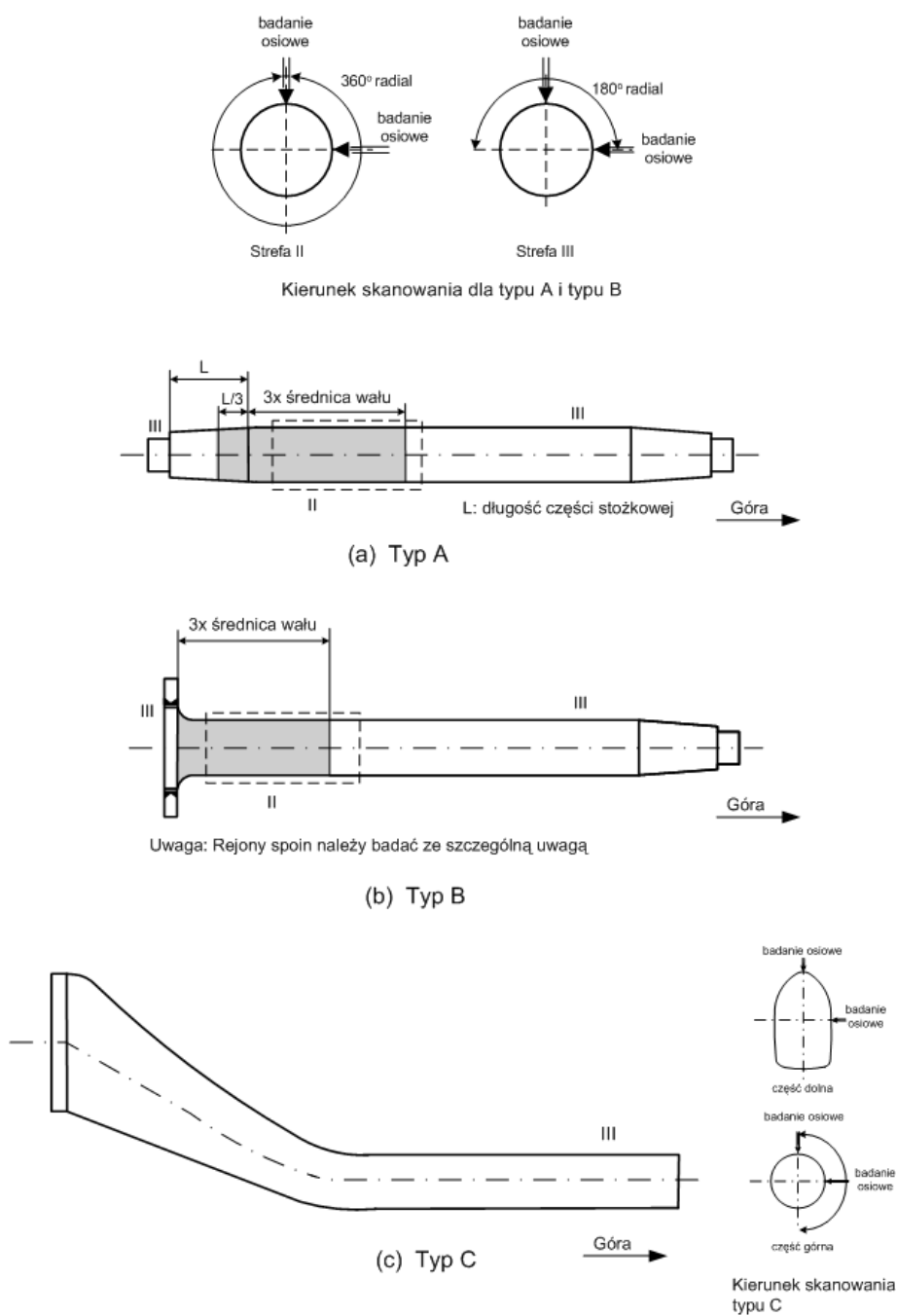
Uwagi:

1. W przypadku wałów drążonych badanie w strefie III należy przeprowadzać na całym obwodzie.
2. W kołnierzach okolicy otworów na śruby uznać za strefę II.

Rys. 6 – Strefy badania metodą ultradźwiękową pozostałych wałów



Rys. 7 – Strefy badania metodą ultradźwiękową elementów maszynowych



Rys. 8 – Strefy badania metodą ultradźwiękową trzonów sterowych

Wykaz zmian obowiązujących od 1 stycznia 2022 r.

<i>Pozycja</i>	<i>Tytuł/Temat</i>	<i>Źródło</i>
1.1, 1.2	General	IACS Rec. 68 (Rev. 1 Apr 2021)
2	Personnel Requirements	IACS Rec. 68 (Rev. 1 Apr 2021)
3.1.1, 3.1.3 3.2, 3.3, 3.5.1, 3.5.2	Surface Inspections	IACS Rec. 68 (Rev. 1 Apr 2021)
3.6.1, 3.6.2, 3.6.3.3	Acceptance Criteria and Rectification of Defects	IACS Rec. 68 (Rev. 1 Apr 2021)
3.7, 4.6	Reporting	IACS Rec. 68 (Rev. 1 Apr 2021)
4.1, 4.2 4.4.2	Ultrasonic Testing	IACS Rec. 68 (Rev. 1 Apr 2021)
4.5 Tables 4.5-1, 4.5-2, 4.5-3, 4.5-4	Acceptance Criteria	IACS Rec. 68 (Rev. 1 Apr 2021)