

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY RULES

PUBLIKACJA NR 70/P
PUBLICATION NO. 70/P

BADANIA NIENISZCZĄCE ODKUWEK STALOWYCH STOSOWANYCH NA ELEMENTY KADŁUBA I URZĄDZEŃ MASZYNOWYCH

NON-DESTRUCTIVE TESTING OF HULL AND MACHINERY STEEL FORGINGS

2006

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

Publications P (Additional Rule Requirements) issued by Polski Rejestr Statków
complete or extend the Rules and are mandatory where applicable.

ISBN 83-89895-93-5

ISBN 83-89895-93-5



GDĄŃSK

Dolski Rejestr Statków

PRZEPISY RULES

PUBLIKACJA NR 70/P
PUBLICATION NO. 70/P

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

**NON-DESTRUCTIVE TESTING
OF HULL AND MACHINERY STEEL FORGINGS**

2006

GDAŃSK

Publikacja Nr 70/P – Badania nieniszczące odkuwek stalowych stosowanych na elementy kadłuba i urządzeń maszynowych – 2006, 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 25 maja 2006 r. i wchodzi w życie z dniem 1 sierpnia 2006 r.

PRS Publication No. 70/P – Non-destructive Testing of Hull and Machinery Steel Forgings – 2006, based on the IACS Guidelines (Recommendation No. 68 (June 2000)), is an extension of the requirements contained in Part IX – Materials and Welding of the Rules for the Classification and Construction of Sea-going Ships.

This Publication was approved by the PRS Board on 25 May 2006 and enters into force on 1 August 2006.

© Copyright by Polski Rejestr Statków, 2006

PRS/TW, 06/2006

ISBN83-89895-93-5

SPIS TREŚCI

| | str. |
|--|------|
| 1 Postanowienia ogólne | 5 |
| 2 Personel | 5 |
| 3 Badania powierzchni | 5 |
| 3.1 Postanowienia ogólne | 5 |
| 3.2 Wyroby | 6 |
| 3.3 Strefy badania powierzchni | 6 |
| 3.4 Przygotowanie powierzchni | 6 |
| 3.5 Badania powierzchni | 6 |
| 3.6 Kryteria akceptacji i naprawa wad | 7 |
| 3.7 Zapisy | 10 |
| 4 Badania ultradźwiękowe | 11 |
| 4.1 Postanowienia ogólne | 11 |
| 4.2 Wyroby | 11 |
| 4.3 Strefy badania metodą ultradźwiękową | 12 |
| 4.4 Stan powierzchni | 12 |
| 4.5 Kryteria akceptacji | 12 |
| 4.6 Zapisy | 13 |

CONTENTS

| | page |
|--|------|
| 1 General | 25 |
| 2 Personnel Requirements | 25 |
| 3 Surface Inspections | 25 |
| 3.1 General | 25 |
| 3.2 Products | 26 |
| 3.3 Zones for Surface Inspections | 26 |
| 3.4 Surface Condition | 26 |
| 3.5 Surface Inspection | 26 |
| 3.6 Acceptance Criteria and Rectification of Defects | 27 |
| 3.7 Reporting | 30 |
| 4 Ultrasonic Testing | 30 |
| 4.1 General | 30 |
| 4.2 Products | 31 |
| 4.3 Zones for Ultrasonic Testing | 31 |
| 4.4 Surface Condition | 31 |
| 4.5 Acceptance Criteria | 31 |
| 4.6 Reporting | 32 |

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Niniejsza *Publikacja* zawiera wytyczne dotyczące metod i zakresu badań nieniszczących odkuwek, a ponadto określa minimalne wymagania jakościowe, jakie muszą zostać spełnione w przypadku, kiedy nie podano innych wymagań.

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.

2 PERSONEL

2.1 Personel wykonujący badania nieniszczące musi posiadać odpowiednią wiedzę i doświadczenie oraz certyfikat 2. stopnia potwierdzający jego kwalifikacje zgodny z wymaganiami normy PN-EN 473¹ w odpowiednim sektorze (lub wg normy ISO 9712²; inne uprawnienia będą osobno rozpatrywane przez PRS).

2.2 Personel nadzorujący przeprowadzanie badań nieniszczących oraz zatwierdzający procedury badań musi posiadać certyfikat 3. stopnia wg wymagań ww. normy.

3 BADANIA POWIERZCHNI

3.1 Postanowienia ogólne

3.1.1 Badania powierzchni mogą być prowadzone metodami: wizualną, penetracyjną, magnetyczną.

¹ PN-EN 473:2002 – Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.

² ISO 9712:2005 – Non-destructive testing. Qualification and certification of personnel.

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 13018³, PN-EN 10228-2⁴, PN-EN 10228-1⁵).

3.2 Wyroby

3.2.1 Odkuwki podlegające wymaganiom niniejszej *Publikacji* muszą być poddane kontroli wizualnej przez inspektora PRS, obejmującej 100% powierzchni tych odkuwek. W przypadku produkcji seryjnej zakres badań podlega osobnemu uzgodnieniu z PRS.

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

- wałów korbowych o minimalnej średnicy czopa równej 100 mm i większej,
- wałów śrubowych, pośrednich, oporowych i trzonów sterowych o minimalnej średnicy równej 100 mm i większej,
- korbodów, trzonów tłokowych oraz wozdżików o minimalnej średnicy równej 75 mm i większej lub o równoważnym przekroju,
- śrub pokryw cylindrów, cięgien, śrub czopów korbowych, śrub łożysk głównych i śrub mocujących skrzydło pędnika, które są poddane naprężeniom dynamicznym i których minimalna średnica jest równa 50 mm i większa.

3.3 Strefy badania powierzchni

Badania metodą magnetyczną lub gdy jest to dozwolone – penetracyjną – powinny być przeprowadzone w strefach I i II, wg rysunków od 1 do 4.

3.4 Przygotowanie powierzchni

Powierzchnia do badań musi być oczyszczona ze zgorzeli, 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 należy prowadzić metodą penetracyjną:

³ PN-EN 13018:2004 – Badania nieniszczące. Badania wizualne. Zasady ogólne.

⁴ PN-EN 10228-2:2000 – Badania nieniszczące odkuwek stalowych. Część 2. Badanie penetracyjne.

⁵ PN-EN 10228-1:2002 – Badania nieniszczące odkuwek stalowych. Część 1. Badanie magnetyczno-proszkowe.

- stale austenityczne,
- interpretacja wskazań otwartych, wykrytych metodami wizualną lub magnetyczną,
- na polecenie inspektora PRS.

3.5.2 Jeżeli w zleceniu nie podano inaczej, badania metodą magnetyczną należy przeprowadzać na odkuwce po końcowej obróbce mechanicznej powierzchni oraz po końcowej obróbce cieplnej lub w obrębie 0,3 mm od powierzchni po końcowej obróbce mechanicznej w przypadku użycia urządzenia na prąd zmienny (0,8 mm w przypadku urządzenia na prąd stały).

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, zawałcowań, 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 długość jest co najmniej trzykrotnie większa od szerokości.

Wskazanie nielinowe – wskazanie o kształcie kolistym lub eliptycznym, o długości mniejszej niż trzykrotna szerokość.

Łańcuch wskazań – trzy lub więcej wskazań w jednej linii, z odstępami między ich krawędziami nie większymi niż 2 mm.

Wskazanie otwarte – wskazanie ujawniające się po usunięciu cząstek magnetycznych (roz magnesowaniu) lub które może być wykryte przy badaniach metodą penetracyjną z wykorzystaniem penetrantów barwnych.

Wskazanie nieotwarte – wskazanie, które nie ujawnia się po usunięciu cząstek magnetycznych (roz magnesowanie) lub które nie może być wykryte metodą penetracyjną z wykorzystaniem penetrantów barwnych.

Wskazanie istotne – wskazanie, które powstaje w wyniku takiego stanu lub typu nieciągłości, który wymaga oceny. Za wskazanie właściwe 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 odkuwkę, jeżeli całkowita liczba wskazań przekracza wartość dopuszczalną.

Tabela 3.6.2-1
Dopuszczalna liczba wskazań 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 wskazań w polu odniesienia 225 cm²
dla odkuwek innych wałów i elementów urządzeń maszynowych

| Badana powierzchnia | Maksymalna dopuszczalna liczba wskazań | Typ wskazaniami | 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 wzdłużników, śruby pokryw cylindrów.

3.6.3 Naprawa wad

3.6.3.1 Wady i wskazania nieakceptowalne muszą być naprawione zgodnie ze wskazówkami podanymi poniżej oraz zawartymi w punktach od 3.6.3.2 do 3.6.3.6.

- .1** Wady materiału mogą być naprawiane przez szlifowanie lub przez dłutowanie i szlifowanie. Promień dna dla każdego z wyłobień powinien wynosić w przybliżeniu trzykrotną głębokość wyłobienia, a jego dno powinno łagodnie przechodzić w sąsiadującą powierzchnię oraz posiadać takie samo wykończenie jak ta powierzchnia.
- .2** Obniżenie powierzchni polega na spłaszczeniu lub zeszlifowaniu krawędzi nieotwartego wskazania drobnopziarnistym kamieniem ściernym, przy czym głębokość obniżenia w stosunku do powierzchni oryginalnej powinna wynosić od 0,08 do 0,25 mm, a obniżenie powinno łagodnie przechodzić w powierzchnię łożyskową czopa. Obszar obniżony nie jest uważany za rowek i wykonywany jest tylko dla zapobieżenia zacieraniu się łożysk.
- .3** Wskazania nieotwarte uznane za segregacje (rozdzielenia) nie muszą być naprawiane.
- .4** Całkowite usunięcie wady powinno zostać potwierdzone badaniem metodą penetracyjną lub magnetyczną, zgodnie z kryteriami określonymi w punkcie 3.5.1.
- .5** Naprawa odkuwek wałów korbowych przez spawanie nie jest dozwolona. Naprawa innych odkuwek przez spawanie podlega osobnemu uzgodnieniu i zatwierdzeniu przez PRS.

3.6.3.2 Wały korbowe, strefa I

Występowanie wskazań i dokonywanie napraw w strefie I jest niedopuszczalne.

3.6.3.3 Wały korbowe, strefa II

Wskazania muszą być usunięte przez szlifowanie do głębokości nie większej niż 1,5 mm. Nie dopuszcza się szlifowania w miejscach gwintów wykonanych metodą obróbki skrawaniem.

Wskazania wykryte na powierzchniach czopów łożyskowych muszą zostać usunięte przez szlifowanie do głębokości nie większej niż 3,0 mm. Całkowita powierzchnia poddana szlifowaniu nie powinna przekraczać 1% całkowitej powierzchni danych czopów łożyskowych.

Wskazania nieotwarte, z wyjątkiem tych, które uznano za segregacje (rozdzielenia), powinny być zmniejszone, ale nie muszą być usuwane.

3.6.3.4 Pozostałe odkuwki, strefa I

Wskazania muszą być usunięte przez szlifowanie do głębokości nie większej niż 1,5 mm. Nie dopuszcza się szlifowania w miejscach gwintów wykonanych metodą obróbki skrawaniem.

3.6.3.5 Pozostałe odkuwki, strefa II

Wskazania muszą być usunięte przez szlifowanie do głębokości nie większej niż 2% średnicy lub 4,0 mm, zależnie od tego, która wartość jest mniejsza.

3.6.3.6 Pozostałe odkuwki, strefa inna niż I i II

Wady wykryte metodą wizualną muszą być usunięte przez szlifowanie do głębokości nie większej niż 5% średnicy lub 10 mm, zależnie od tego, która wartość jest mniejsza. Całkowita powierzchnia poddana szlifowaniu nie powinna przekraczać 2% całkowitej powierzchni odkuwki.

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 i stopnie uprawnień osób wykonujących badanie;
- .3** metodę badania oraz:
 - dla badań metodą penetracyjną: typ używanego zestawu,
 - dla badań metodą magnetyczną: sposób magnesowania, materiały dodatkowe, natężenie pola magnetycznego;
- .4** rodzaj wyrobu;
- .5** numer identyfikacyjny wyrobu;
- .6** kategorie stali;
- .7** rodzaj zastosowanej obróbki cieplnej;
- .8** etap badania;
- .9** miejsce i strefę badania;

- .10 stan powierzchni;
- .11 zastosowane normy lub instrukcje badania;
- .12 warunki badania;
- .13 wyniki badania;
- .14 stwierdzenie o akceptacji lub braku akceptacji;
- .15 szczegóły dotyczące napraw przez spawanie łącznie ze szkicem.

4 BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE

4.1 Postanowienia ogólne

4.1.1 Badania ultradźwiękowe należy przeprowadzić metodą kontaktową, stosując głowice normalne i/lub kątowe.

4.1.2 Procedury badań, defektoskopy ultradźwiękowe oraz warunki przeprowadzania badań muszą być zgodne z odpowiednimi wymaganiami norm krajowych i międzynarodowych (np. PN-EN 10228-3⁶, PN-EN 10228-4⁷). Przy badaniach zaleca się stosować głowice normalne i/lub kątowe o częstotliwości od 2 do 4 MHz. Do oceny wielkości wskazań zaleca się stosować wykresy OWR (Odległość-Wzmocnienie-Rozmiar). Do badania podpowierzchniowego (25 mm) zaleca się użycie głowicy dwuprzetwornikowej normalnej (0°), do badania pozostałych objętości materiału – głowicy normalnej (0°). Promienie przejść należy badać głowicami kątowymi (45°, 60° lub 70°).

4.2 Wyroby

Badania ultradźwiękowe odkuwek mają zastosowanie do następujących wyrobów:

- wałów korbowych o minimalnej średnicy czopa korbowego nie mniejszej niż 150 mm,
- wałów śrubowych, wałów pośrednich, wałów oporowych i trzonów sterowych o minimalnej średnicy nie mniejszej niż 200 mm,
- korbowodów, trzonów tłokowych oraz wodzików o minimalnej średnicy nie mniejszej niż 200 mm lub równoważnym przekroju.

⁶ PN-EN 10228-3:2000 – Badania nieniszczące odkuwek stalowych. Część 3. Badanie ultradźwiękowe odkuwek ze stali ferrytycznych lub martenzytycznych.

⁷ PN-EN 10228-4:2000 – Badania nieniszczące odkuwek stalowych. Część 4. Badanie ultradźwiękowe odkuwek ze stali nierdzewnych austenitycznych i austenityczno-ferrytycznych.

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 zgorzeli, 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. Odkuwki czarne poddaje się badaniu po usunięciu zgorzeli tlenkowej przez usuwanie płomieniowe, śrutowanie, szlifowanie, skórowanie.

4.5 Kryteria akceptacji

Kryteria akceptacji dla metody ultradźwiękowej podano w tabelach 4.5-1 i 4.5-2.

Tabela 4.5-1
Kryteria akceptacji dla wałów korbowych

| Typ odkuwki | Strefa badania | Dopuszczalna średnica zgodnie z wykresem OWR ¹⁾ | Dopuszczalna długość wskazania | Dopuszczalny odstęp między dwoma wskazaniami ²⁾ |
|-------------|----------------|--|--------------------------------|--|
| Wał korbowy | I | $d \leq 0,5 \text{ mm}$ | – | – |
| | 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.

²⁾ 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.

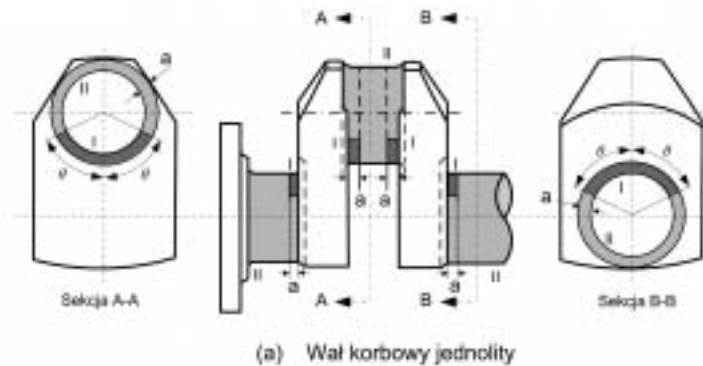
Tabela 4.5-2
Kryteria akceptacji dla odkuwek innych wałów
i elementów urządzeń maszynowych

| Typ odkuwki | Strefa badania | Dopuszczalna średnica zgodnie z wykresem OWR ^{1), 2)} | Dopuszczalna a długość wskazania | Dopuszczalny odstęp między dwoma wskazaniami ³⁾ |
|---|----------------|--|----------------------------------|--|
| Wał śrubowy, wał pośredni | II | część zewnętrzna: $d \leq 2$ mm część wewnętrzna: $d \leq 4$ mm | ≤ 10 mm ≤ 15 mm | ≥ 20 mm ≥ 20 mm |
| Wał oporowy, trzon sterowy | III | część zewnętrzna: $d \leq 3$ mm część wewnętrzna: $d \leq 6$ mm | ≤ 10 mm ≤ 15 mm | ≥ 20 mm ≥ 20 mm |
| Korbowód, 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. ²⁾ Część zewnętrzna oznacza część wału położoną poza jedną trzecią promienia przekroju wału, licząc od strony 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. | | | | |

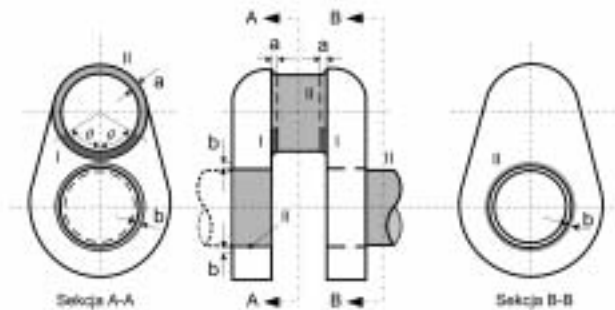
4.6 Zapisy

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

- .1 data badania;
- .2 identyfikacja osób wykonujących badanie łącznie ze stopniem uprawnień;
- .3 metoda badania;
- .4 rodzaj wyrobu;
- .5 identyfikacje wyrobu, np. numer;
- .6 kategorie stali;
- .7 rodzaj zastosowanej obróbki cieplnej;
- .8 etap badania;
- .9 miejsce i strefa badania;
- .10 stan powierzchni;
- .11 zastosowane normy lub instrukcje badania;
- .12 warunki badania;
- .13 wyniki badania;
- .14 stwierdzenie akceptacji lub braku akceptacji.



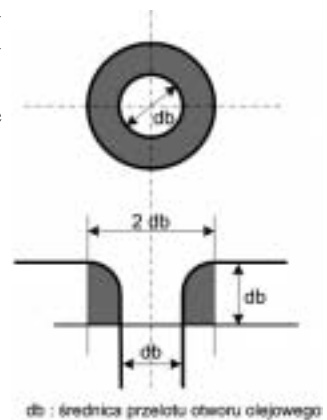
(a) Wał korbowy jednolity



(b) Wał korbowy półskładany

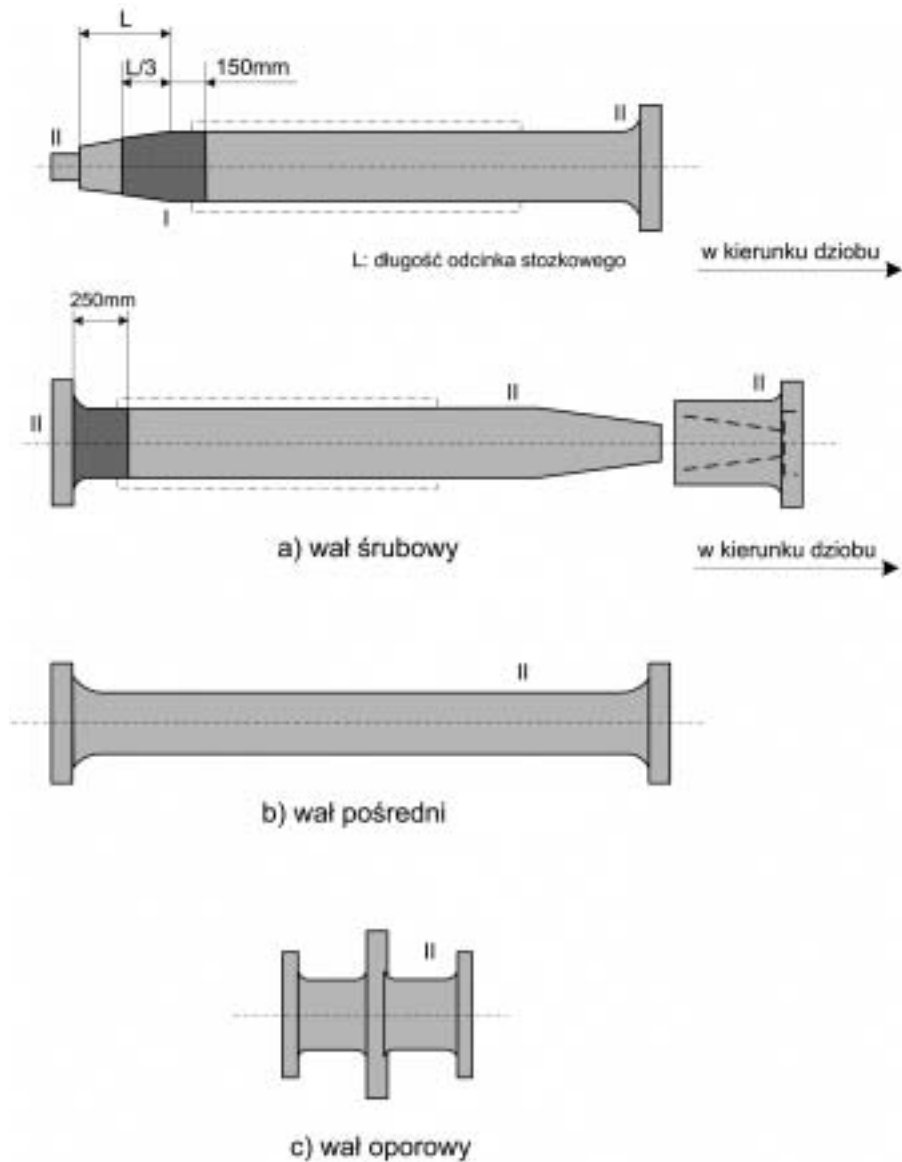
Uwagi:

1. W przypadku, gdy czop korbwy 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:
 $\theta = 60^\circ$
 $a = 1,5r$
 $b = 0,05d$ (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

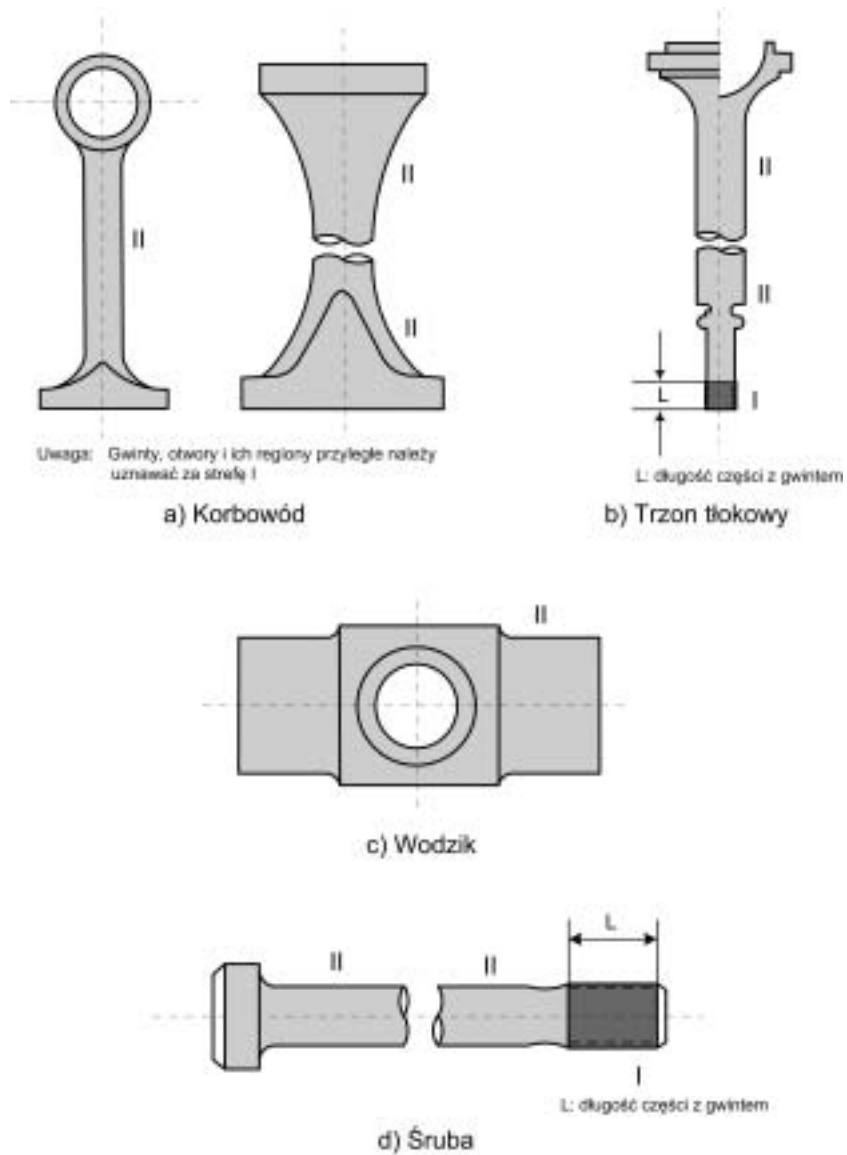
Rys. 1 – Strefy badania metodą penetracyjną lub magnetyczną wałów korbowych



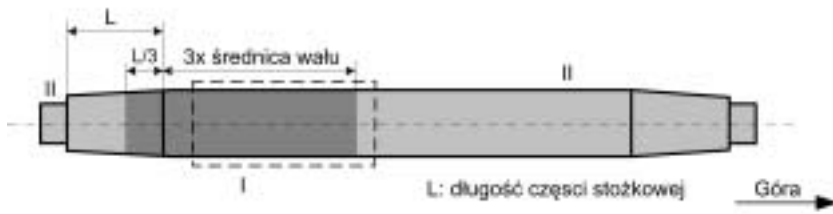
Uwaga:

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.

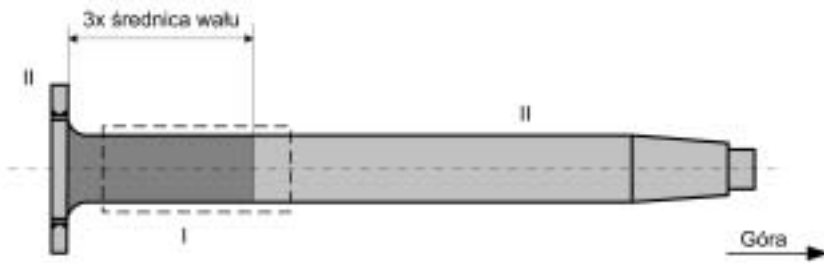
Rys. 2 – Strefy badania metodą penetracyjną lub magnetyczną pozostałych wałów



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

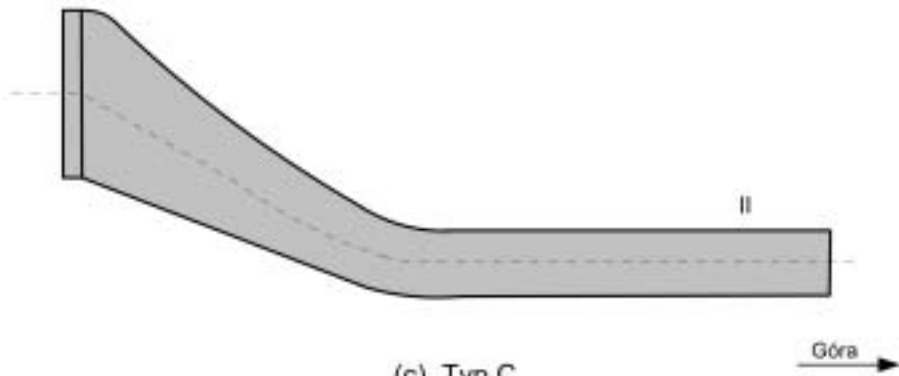


(a) Typ A



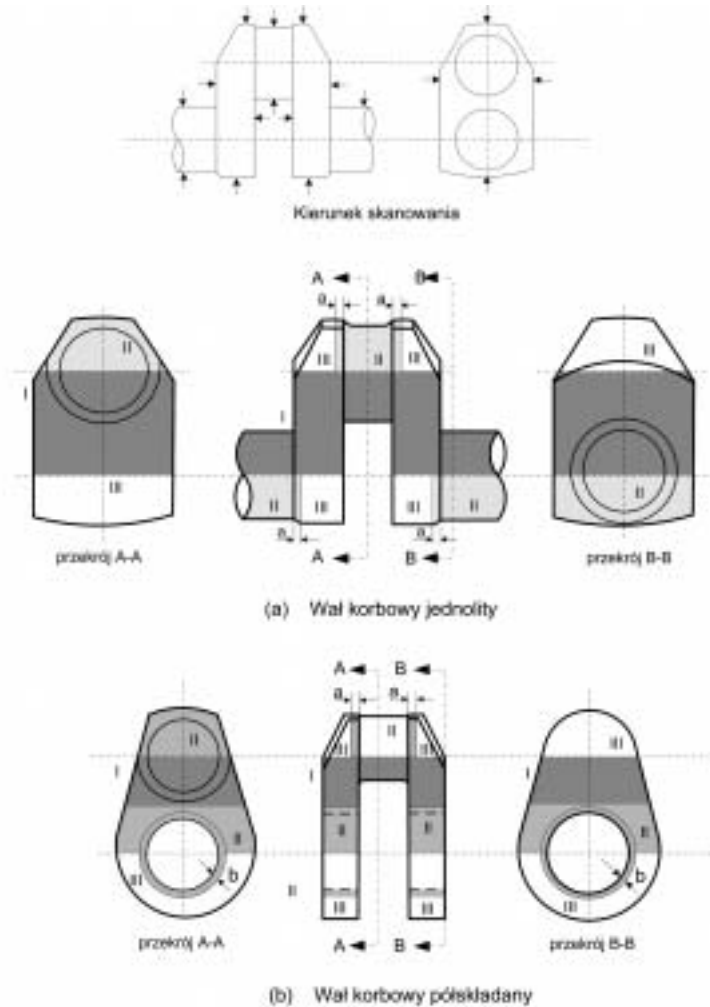
Uwaga: Rejony spoin należy uznawać za strefę I

(b) Typ B



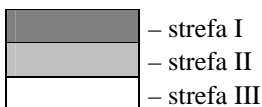
(c) Typ C

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

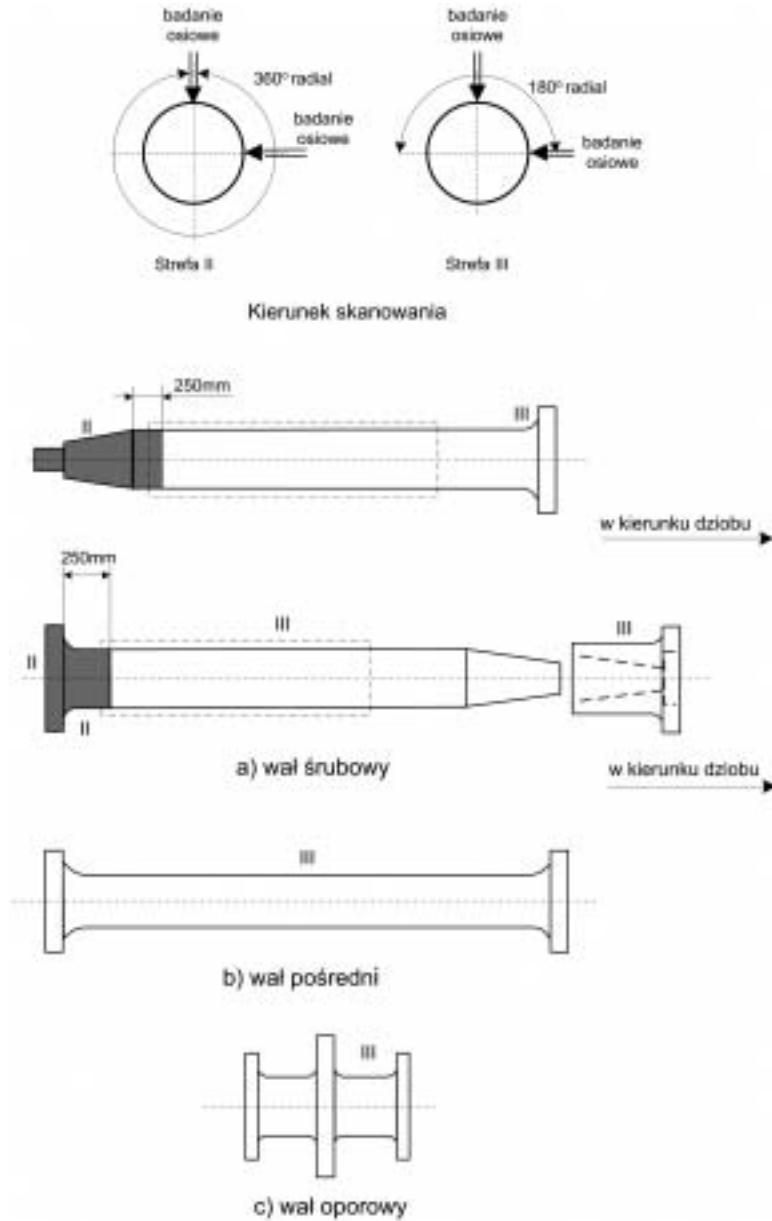


Uwagi:

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 wykorbieniami mogą być z zasady uznawane za strefę II.
3. Oznaczenia stref dla rysunków od 5 do 8.



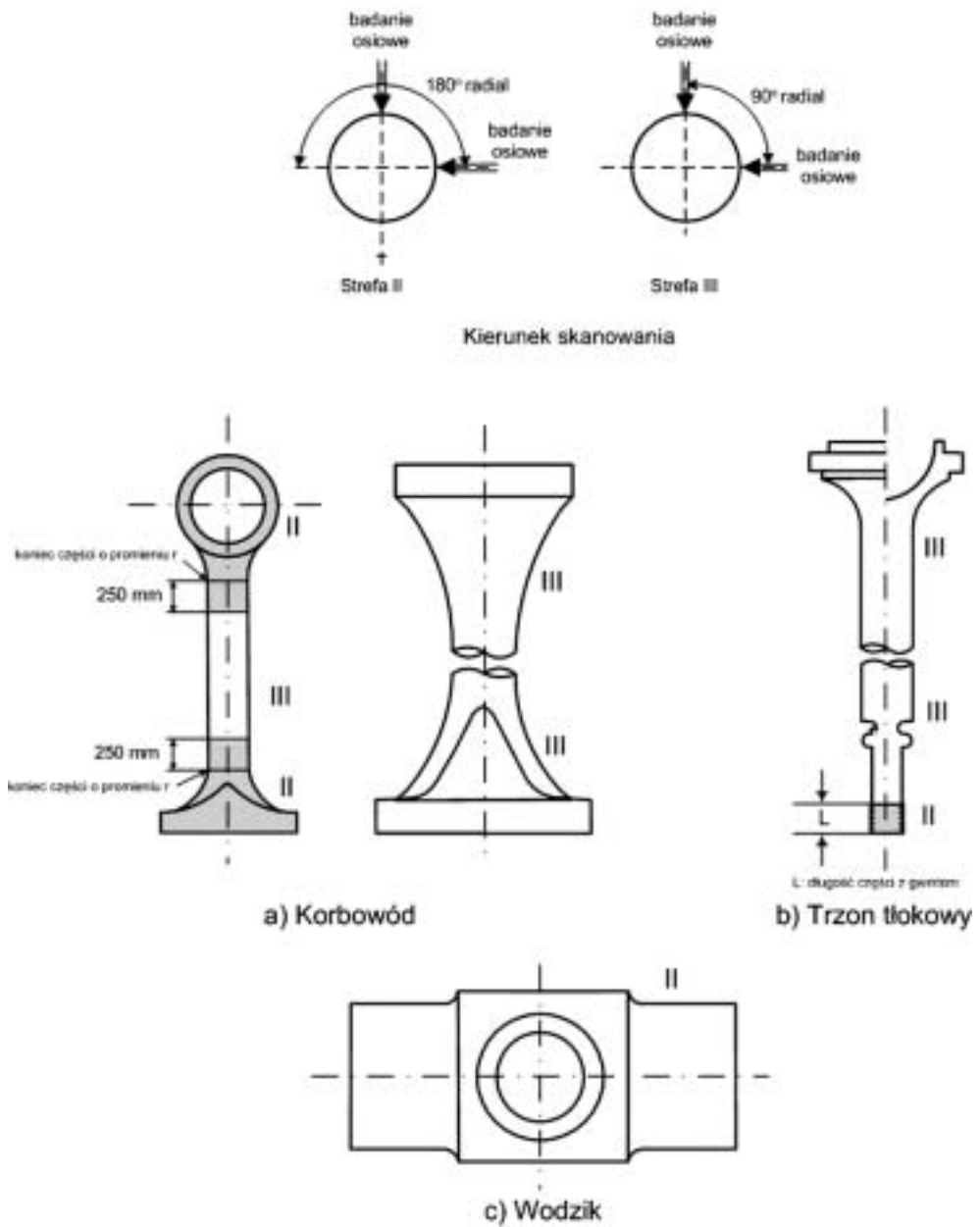
Rys. 5 – Strefy badania metodą ultradźwiękową wałów korbowych



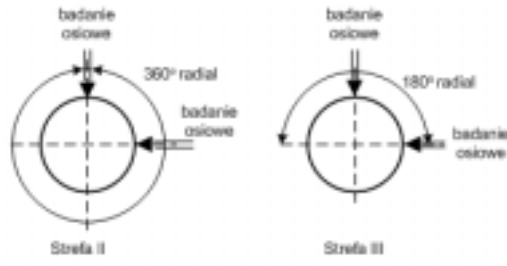
Uwagi:

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

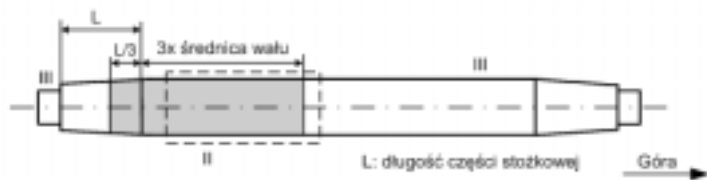
Rys. 6 – Strefy badania metodą ultradźwiękową pozostałych wałów



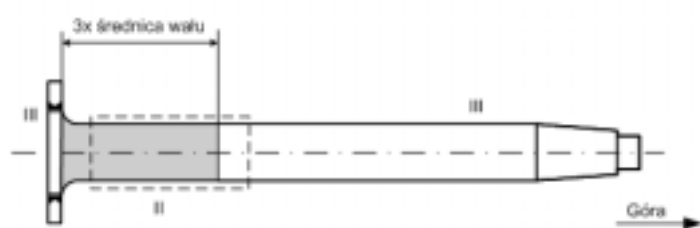
Rys. 7 – Strefy badania metodą ultradźwiękową elementów maszynowych



Kierunek skanowania dla typu A i typu B

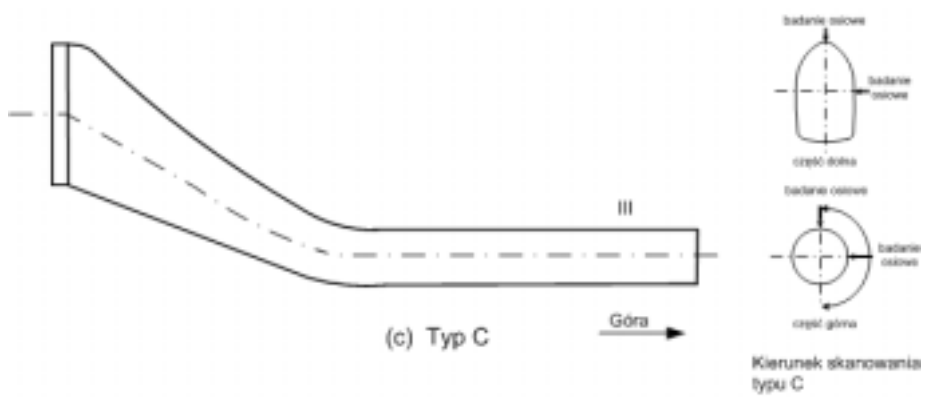


(a) Typ A



Uwaga: Rejony spoin należy badać ze szczególną uwagą

(b) Typ B



(c) Typ C

Kierunek skanowania typu C

Rys. 8 – Strefy badania metodą ultradźwiękową trzonów sterowych

**NON-DESTRUCTIVE TESTING
OF HULL AND MACHINERY STEEL FORGINGS**

1 GENERAL

1.1 This *Publication* complements the requirements for non-destructive testing methods, the extent of testing and the minimum recommended quality levels to be complied with unless otherwise approved or specified.

1.2 This *Publication* contains guidelines on surface inspections by visual testing, magnetic particle testing, liquid penetrant testing and ultrasonic testing.

1.3 The requirements contained in this *Publication* may also be applied to such steel forgings as couplings, gears, boilers and pressure vessels provided the materials used, kinds and service stress conditions have been taken into account.

1.4 Forgings shall be testing in the final delivery condition. For specific requirements see paragraphs 3.5 and 4.5.

1.5 Where intermediate inspections have been performed the manufacturer shall submit a documentation of the results upon the request of PRS Surveyor.

1.6 Where a forging is supplied in semi-finished condition, the manufacturer shall take into account the quality level of final finished machined components.

2 PERSONNEL REQUIREMENTS

2.1 Personnel carrying out non-destructive testings shall have sufficient knowledge and experience and be certified to competence level 2. in accordance with standard EN 473¹ within the specified industrial sector (or standard ISO 9712²; qualifications issued in compliance with other schemes are subject to PRS acceptance in each particular case).

2.2 Personnel responsible for the non-destructive testings shall be certified to competence level 3. in accordance with the above mentioned standards.

3 SURFACE INSPECTIONS

3.1 General

3.1.1 Surface inspections may be carried out by visual testing, magnetic particle testing and liquid penetrant testing.

¹ EN 473:2000 – Non-destructive testing. Qualification and certification of NDT personnel. General principles.

² ISO 9712:2005 – Non-destructive testing. Qualification and certification of personnel.

3.1.2 The testing procedures, apparatus, conditions and test media shall fulfil the requirements specified in the relevant national and international standards, such as EN 13018³, EN 10228-2⁴ and EN 10228-1⁵).

3.2 Products

3.2.1 Steel forgings covered by this *Publication* shall be subjected to a 100% visual testing by PRS Surveyor. For series production, the extent of testing shall be specified by PRS in each particular case.

3.2.2 Surface inspections by liquid penetrant and/or magnetic particle methods generally apply to the following steel forgings:

- crankshafts with minimum crankpin diameter not less than 100 mm,
- propeller shafts, intermediate shafts, thrust shafts and rudder stocks with minimum diameter not less than 100 mm,
- connecting rods, piston rods and crossheads with minimum diameter not less than 75 mm or equivalent cross section,
- bolts with minimum diameter not less than 50 mm, which are subjected to dynamic stresses such as cylinder cover bolts, tie rods, crankpin bolts, main bearing bolts and propeller blade fastening bolts.

3.3 Zones for Surface Inspections

Where permitted, liquid penetrant or magnetic particle testing, shall be carried out in the zones I and II as indicated in Figures 1 to 4.

3.4 Surface Condition

The surfaces of forgings to be tested shall be free from scale, dirt, grease or paint that might affect the inspection effectiveness or indications' interpretation.

The tested surface shall be so shot-blasted, sand-blasted or surface-ground that the discontinuity indications can be easily distinguished from the indications of surface irregularity.

3.5 Surface Inspection

3.5.1 Magnetic particle testing shall be carried out with the following exceptions, when liquid penetrant testing will be permitted:

- austenitic stainless steels,
- interpretation of open visual or magnetic particle indications,
- at the instruction of PRS Surveyor.

³ EN 13018:2001 – Non-destructive testing. Visual testing. General principles.

⁴ EN 10288-2:1998 – Non-destructive testing of steel forgings. Part 2. Penetrant testing.

⁵ EN 10288-1:1999 – Non-destructive testing of steel forgings. Part 1. Magnetic particle inspection.

3.5.2 Unless otherwise specified in the order, the magnetic particle test shall be performed on a forging in the final machined surface condition and final thermally treated condition or within 0.3 mm of the final machined surface condition for AC techniques (0.8 mm for DC techniques).

3.5.3 Unless otherwise agreed, the surface inspection shall be carried out in the presence of PRS Surveyor. The surface inspection shall be carried out before the shrink fitting, where applicable.

3.5.4 For magnetic particle testing, attention shall be paid to the contact between the forging and the clamping devices of stationary magnetization benches in order to avoid local overheating or burning damage in its surface. Prods are not permitted on finished machined items unless they are applied with special protective devices.

3.5.5 When indications were detected as a result of the surface inspection, acceptance or rejection shall be decided by PRS Surveyor in accordance with the requirements specified in subchapter 3.6.

3.6 Acceptance Criteria and Rectification of Defects

3.6.1 Acceptance Criteria for Visual Testing

All forgings shall be free of cracks, crack-like indications, laps, seams, folds or other injurious indications.

At the request of PRS Surveyor, additional magnetic particle, liquid penetrant and ultrasonic testing may be required for more detailed evaluation of surface irregularities.

The bores of hollow propeller shafts shall be visually tested for imperfections uncovered by the machining operation. Machining marks shall be ground to a smooth profile.

3.6.2 Acceptance Criteria for Magnetic Particle Testing and Liquid Penetrant Testing

The following definitions relevant to indications apply:

Linear indication – an indication in which the length is at least three times the width.

Non-linear indication – an indication of circular or elliptical shape with a length less than three times the width.

Aligned indication – three or more indications in a line, separated by 2 mm or less edge-to-edge.

Open indication – an indication visible after removal of the magnetic particles or that can be detected by the use of contrast dye penetrant.

Non-open indication – an indication that is not visually detectable after removal of the magnetic particles or that cannot be detected by the use of contrast dye penetrant.

Relevant indication – an indication that is caused by a condition or type of discontinuity that requires evaluation. Only indications which have any dimension greater than 1.5 mm shall be considered relevant.

For the purpose of evaluating indications, the surface shall be divided into reference areas of 225 cm². The area shall be taken in the most unfavourable location relative to the indication being evaluated.

The allowable number and size of indications in the reference area is given in Tables 3.6.2-1 and 3.6.2-2. Cracks are not acceptable. Irrespective of the results of non-destructive testing, PRS Surveyor may reject the forging if the total number of indications is excessive.

Table 3.6.2-1
Crankshaft forgings:
Allowable number and size of indications in reference area of 225 cm²

| Inspection zone | Max. number of indications | Type of indication | Max. number for each type | Max. dimension [mm] |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|
| I (critical fillet area) | 0 | linear | 0 | – |
| | | non-linear | 0 | – |
| | | aligned | 0 | – |
| II (important fillet area) | 3 | linear | 0 | – |
| | | non-linear | 3 | 3.0 |
| | | aligned | 0 | – |
| III (journal surfaces) | 3 | linear | 0 | – |
| | | non-linear | 3 | 5.0 |
| | | aligned | 0 | – |

Table 3.6.2-2
Steel forgings excluding crankshaft forgings:
Allowable number and size of indications in reference area of 225 cm²

| Inspection zone | Max number of indications | Type of indication | Max. number for each type | Max. dimension [mm] |
|---|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|
| I | 3 | linear | 0 ¹⁾ | – |
| | | non-linear | 3 | 3.0 |
| | | aligned | 0 ¹⁾ | – |
| II | 10 | linear | 3 ¹⁾ | 3.0 |
| | | non-linear | 7 | 5.0 |
| | | aligned | 3 ¹⁾ | 3.0 |
| Note: | | | | |
| 1) Linear or aligned indications are not permitted on bolts, which receive a direct fluctuating load, e.g. main bearing bolts, connecting rod bolts, crosshead bearing bolts, cylinder cover bolts. | | | | |

3.6.3 Rectification of Defects

3.6.3.1 Defects and unacceptable indications must be rectified as indicated below and detailed in 3.6.3.2 through 3.6.3.6.

- .1** Defective parts of material may be removed by grinding or by chipping and grinding. All grooves shall have a bottom radius of approximately three times the groove depth and shall be smoothly blended to the surface area with a finish equal to the adjacent surface.
- .2** To depress is to flatten or relieve the edges of a non-open indication with a fine pointed abrasive stone with the restriction that the depth beneath the original surface shall be 0.08 mm minimum to 0.25 mm maximum and that the depressions be blended into the bearing surface. A depressed area is not considered a groove and is made only to prevent galling of bearings.
- .3** Non-open indications evaluated as segregation need not be rectified.
- .4** Complete removal of the defect shall be proved by magnetic particle testing or penetrant testing, as specified in 3.5.1.
- .5** Repair welding is not permitted for crankshafts. Repair welding of other forgings is subject to prior approval by PRS in each particular case.

3.6.3.2 Zone I in Crankshaft Forgings

Neither indications nor repair are permitted in this zone.

3.6.3.3 Zone II in Crankshaft Forgings

Indications shall be removed by grinding to a depth no greater than 1.5 mm. Grinding is not permitted in way of finished machined threads.

Indications detected in the journal bearing surfaces shall be removed by grinding to a depth no greater than 3.0 mm. The total ground area shall be less than 1% of the total bearing surface area concerned.

Non-open indications, except those evaluated as segregation, shall be depressed but need not be removed.

3.6.3.4 Zone I in Other Forgings

Indications shall be removed by grinding to a depth no greater than 1.5 mm. However, grinding is not permitted in way of finished machined threads.

3.6.3.5 Zone II in Other Forgings

Indications shall be removed by grinding to a depth no greater than 2% of the diameter or 4.0 mm, whichever is smaller.

3.6.3.6 Zones Other Than I and II in Other Forgings

Defects detected by visual inspection shall be removed by grinding to a depth no greater than 5% of the diameter or 10 mm, whichever is smaller. The total ground area shall be less than 2% of the forging surface area.

3.7 Reporting

Test results of surface inspections shall be recorded at least with the following items:

- .1 date of testing;
- .2 names and qualification level of inspection personnel;
- .3 kind of testing method;
 - for liquid penetrant testing: test media combination;
 - for magnetic particle testing: method of magnetizing, test media and magnetic field strength;
- .4 kind of product;
- .5 product number for identification;
- .6 grade of steel;
- .7 heat treatment;
- .8 stage of testing;
- .9 position (zone) of testing;
- .10 surface condition;
- .11 test standards used;
- .12 testing condition;
- .13 tests results;
- .14 statement on acceptance/non acceptance;
- .15 details of weld repair including sketch.

4 ULTRASONIC TESTING

4.1 General

4.1.1 Ultrasonic testing in this *Publication* shall be carried out using the contact method with straight beam and/or angle beam technique.

4.1.2 The testing procedures, apparatus and conditions of ultrasonic testing shall fulfil the requirements specified in the relevant national or international standards (e.g. EN 10228-3⁶, EN 10228-4⁷). Generally, the DGS (distance-gain-size) procedure shall be applied using straight beam probes and/or angle beam probes with 2 to 4 MHz and testing shall be carried out using a twin crystal 0° probe for near surface scans (25 mm) plus an 0° probe for the remaining volume. Fillet radii shall be tested using 45°, 60° or 70° probes.

⁶ EN 10228-3:1998 – Non-destructive testing of steel forgings. Part 3. Ultrasonic testing of ferritic or martensitic steel forgings.

⁷ EN 10228-4:1999 – Non-destructive testing of steel forgings. Part 4. Ultrasonic testing of austenitic and austenitic-ferritic stainless steel forgings.

4.2 Products

4.2.1 Ultrasonic testing apply to the following steel forgings:

- crankshaft with minimum crankpin diameter not less than 150 mm,
- propeller shafts, intermediate shafts, thrust shafts and rudder stocks with minimum diameter not less than 200 mm,
- connecting rods, piston rods and crossheads with minimum diameter not less than 200 mm or equivalent cross section.

4.3 Zones for Ultrasonic Testing

Ultrasonic testing shall be carried out in the zones I to III as indicated in Figures 5 to 8. Areas may be upgraded to a higher zone at the discretion of PRS Surveyor.

4.4 Surface Condition

4.4.1 The surfaces of forgings to be tested shall be such that adequate coupling can be established between the probe and the forging and that excessive wear of the probe can be avoided. The surfaces shall be free from scale, dirt, grease, paint or other impurities.

4.4.2 The ultrasonic testing shall be carried out after the steel forgings have been machined to a condition suitable for this type of testing and after the final heat treatment, but prior to the drilling of the oil bores and prior to surface hardening. Black forgings shall be inspected after removal of the oxide scale using either flame or descaling or shot blasting methods.

4.5 Acceptance Criteria

Acceptance criteria of ultrasonic testing are specified in Tables 4.5-1 and 4.5-2.

Table 4.5-1
Acceptance criteria for crankshafts

| Type of forging | Zone | Allowable disc shape according to DGS ¹⁾ | Allowable length of indication | Allowable distance between two indications ²⁾ |
|-----------------|------|---|--------------------------------|--|
| Crankshaft | I | $d \leq 0.5 \text{ mm}$ | – | – |
| | II | $d \leq 2.0 \text{ mm}$ | $\leq 10 \text{ mm}$ | $\geq 20 \text{ mm}$ |
| | III | $d \leq 4.0 \text{ mm}$ | $\leq 15 \text{ mm}$ | $\geq 20 \text{ mm}$ |

Notes:

1) DGS – distance-gain-size.

2) In case of accumulations of two or more isolated indications which are subjected to registration the minimum distance between two neighbouring indications shall be at least the length of the bigger indication. This applies as well to the distance in axial direction as to the distance in depth.

Isolated indications with less distances shall be determined as one single indication.

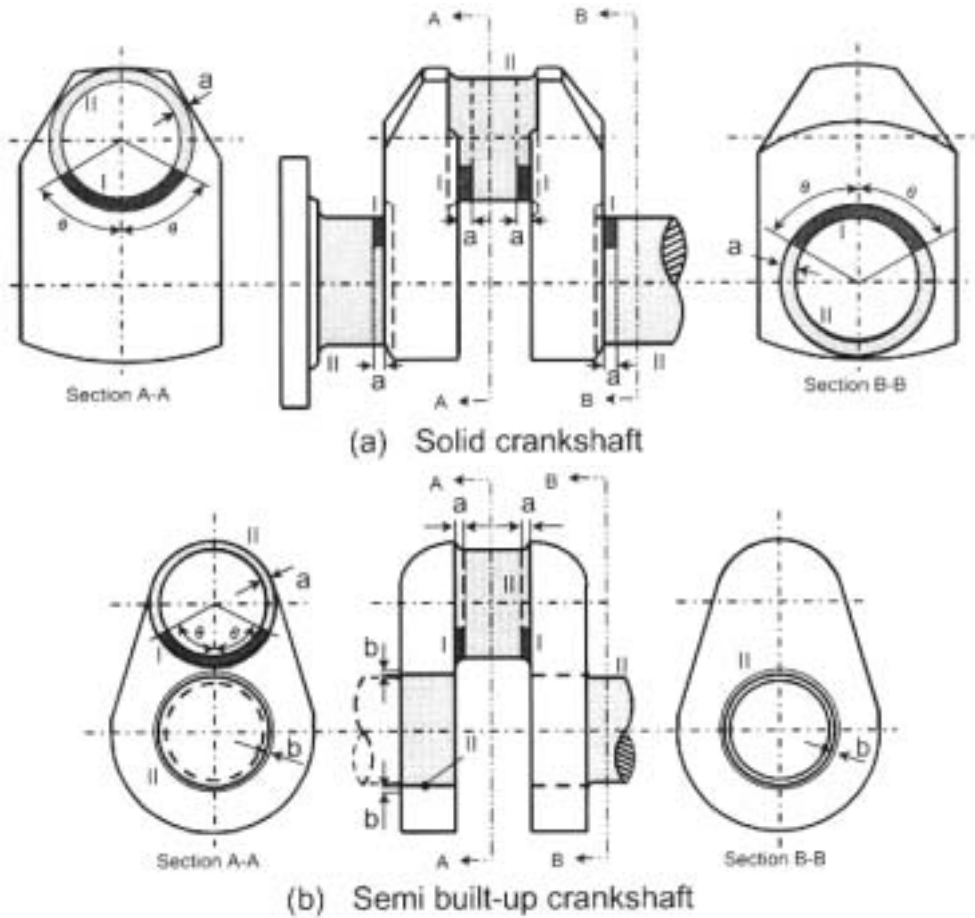
Table 4.5-2
Acceptance criteria for shafts and machinery components

| Type of forging | Zone | Allowable disc shape according to DGS ^{1), 2)} | Allowable length of indication | Allowable distance between two indications ³⁾ |
|---|------|---|--------------------------------|--|
| Propeller shaft, intermediate shaft | II | outer: $d \leq 2$ mm inner: $d \leq 4$ mm | ≤ 10 mm ≤ 15 mm | ≥ 20 mm ≥ 20 mm |
| | III | outer: $d \leq 3$ mm inner: $d \leq 6$ mm | ≤ 10 mm ≤ 15 mm | ≥ 20 mm ≥ 20 mm |
| Thrust shaft, Rudder stock | II | $d \leq 2$ mm | ≤ 10 mm | ≥ 20 mm |
| | III | $d \leq 4$ mm | ≤ 10 mm | ≥ 20 mm |
| Notes: ¹⁾ DGS – distance-gain-size ²⁾ Outer part means the part beyond one third of the shaft radius from the centre, the inner part means the remaining core area. ³⁾ In case of accumulations of two or more isolated indications which are subject to registration, the minimum distance between two neighbouring indications shall be at least the length of the bigger indication. | | | | |

4.6 Reporting

Test results of ultrasonic testing shall be recorded at least with the following items:

- .1 date of testing;
- .2 names and qualification level of inspection personnel;
- .3 kind of testing method;
- .4 kind of product;
- .5 product number for identification;
- .6 grade of steel;
- .7 heat treatment;
- .8 stage of testing;
- .9 position (zone) of testing;
- .10 surface condition;
- .11 test standards used;
- .12 testing condition;
- .13 tests results;
- .14 statement on acceptance/non acceptance.



Notes:

1. When the crankpin or journal has oil holes, the circumferential surfaces of the oil holes shall be treated as Zone I. (See the figure on the right.)
2. In the above figures, θ , a , b mean:
 - $\theta = 60^\circ$
 - $a = 1.5r$
 - $b = 0.05d$ (circumferential surfaces of shrinkage fit)
 where r – fillet radius, d – journal diameter.
3. Identification of the zones (similar in Figs. 1 through 4).

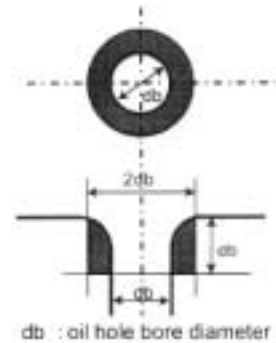
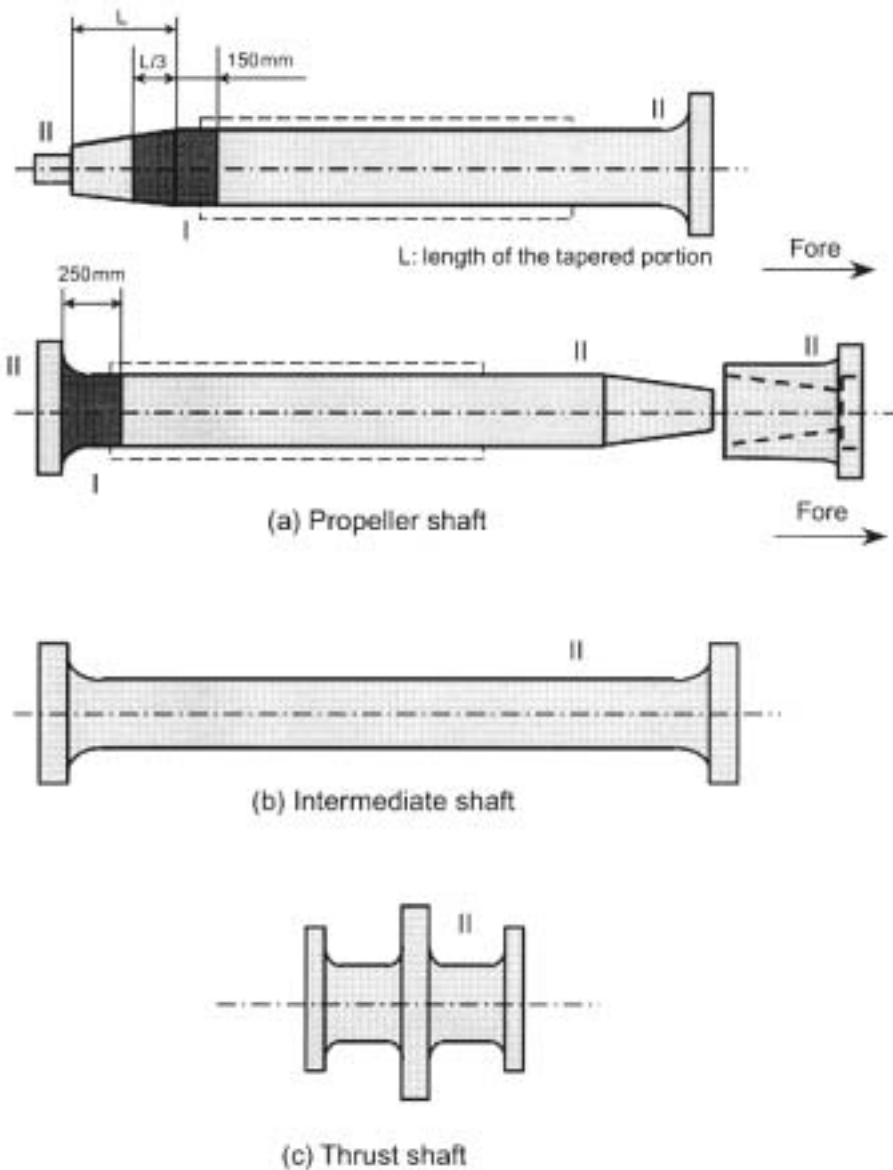


Fig. 1 – Zones for magnetic particle / liquid penetrant testing on crankshafts



Note:

For propeller shaft, intermediate shafts and thrust shafts, all areas with stress raisers such as radial holes, slots and keyways shall be treated as Zone I.

Fig. 2 – Zones for magnetic particle / liquid penetrant testing on shafts

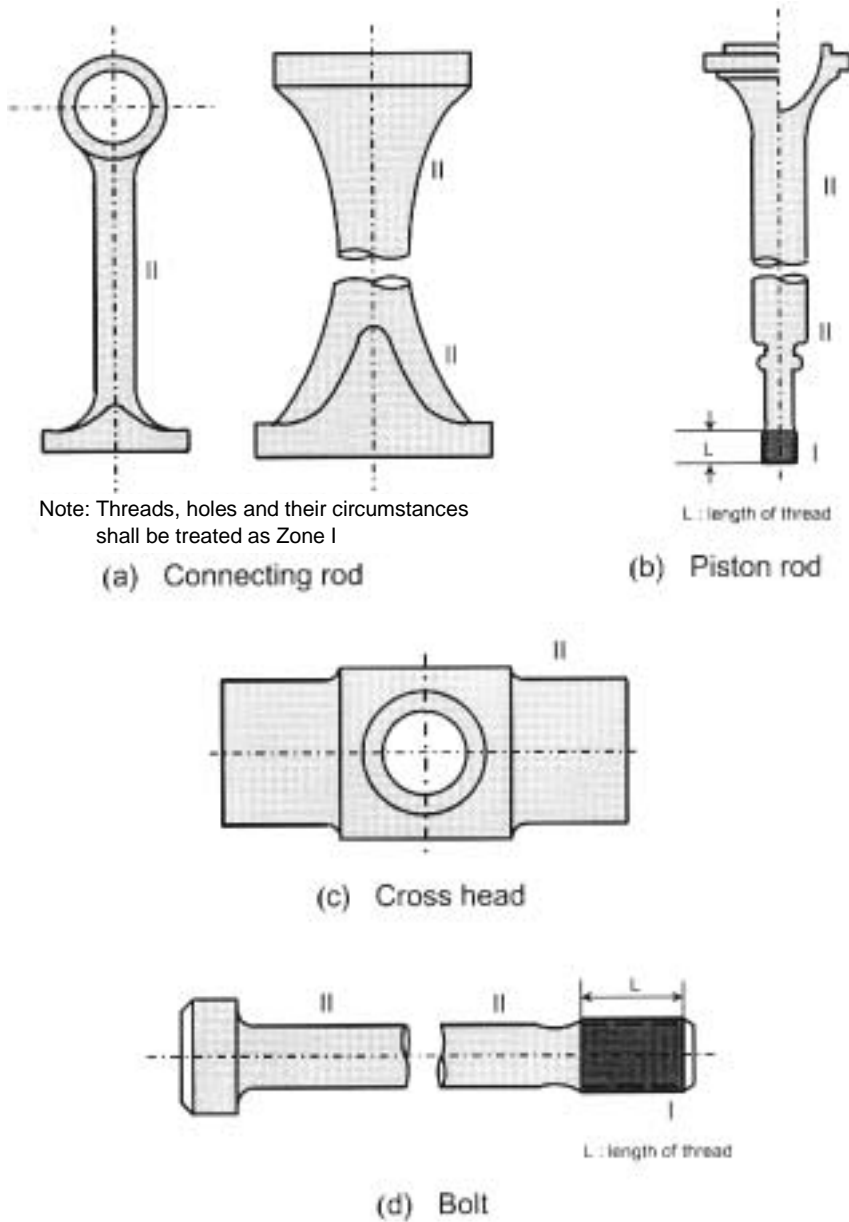
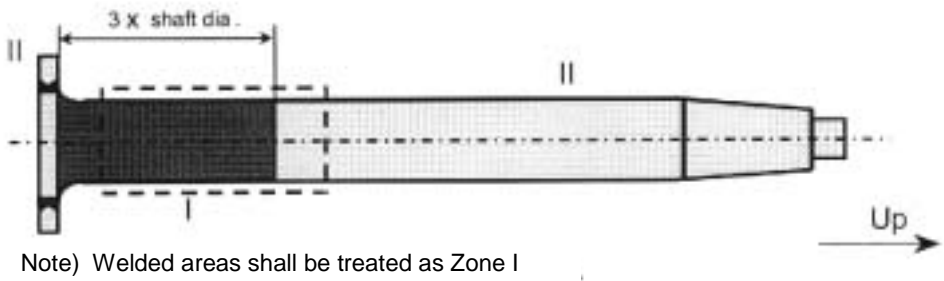
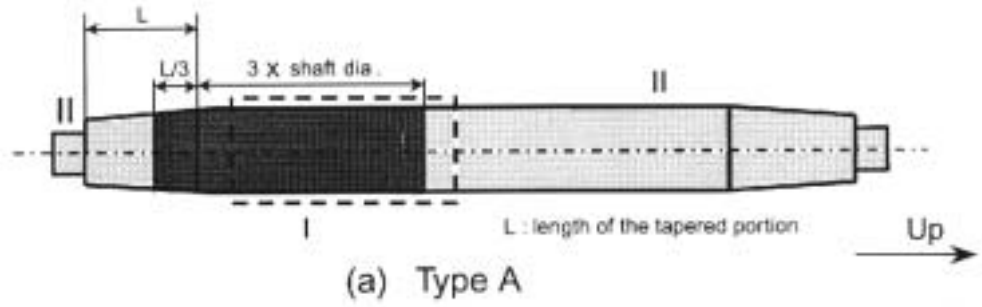


Fig. 3 – Zones for magnetic particle / liquid penetrant testing on machinery components



(b) Type B

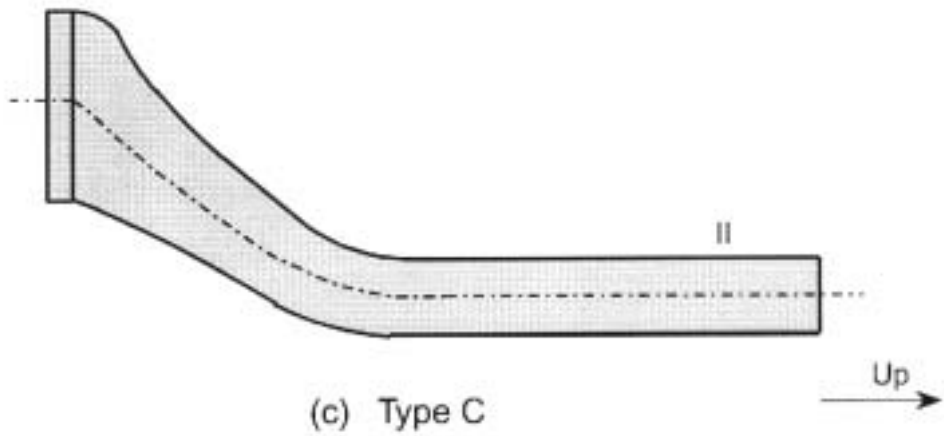
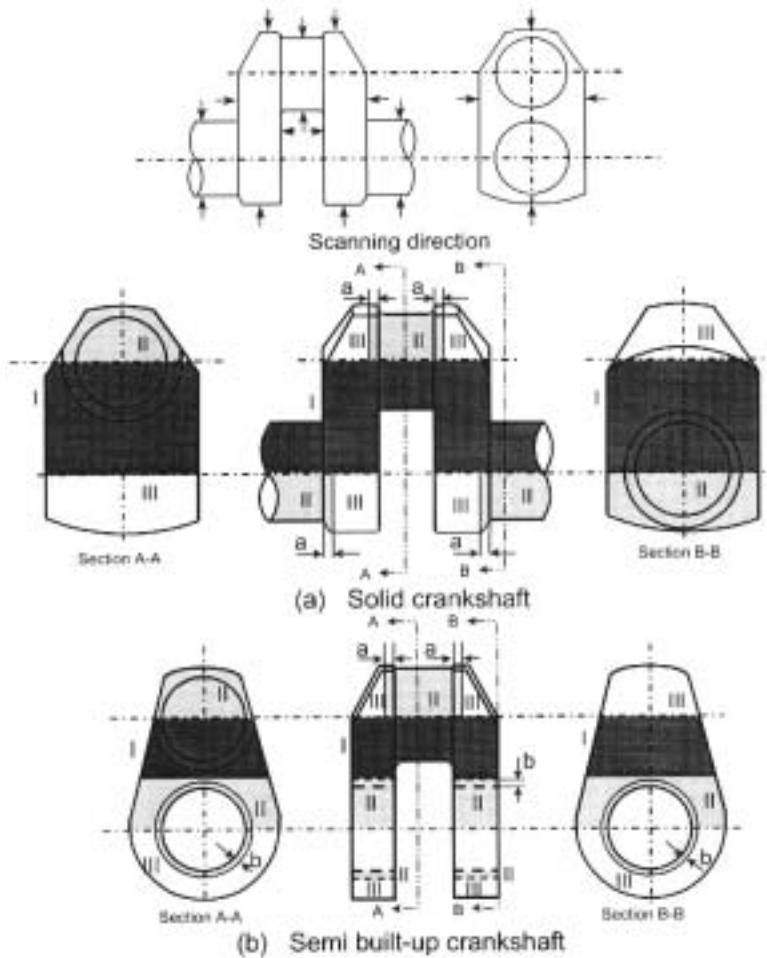


Fig. 4 – Zones for magnetic particle/liquid penetrant testing on rudder stocks



Notes:

1. In the above figures, a , b mean:
 $a = 0.1d$ or 25 mm, whichever greater,
 $b = 0.05d$ or 25 mm, whichever greater (circumstances of shrinkage fit)
 where d – pin or journal diameter.
2. Core areas of crank pins and/or journals within a radius of $0.25d$ between the webs may generally be coordinated to Zone II.
3. Identification of the Zones (similar in Figs. 5 through 8).

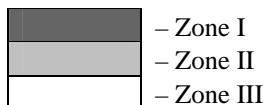
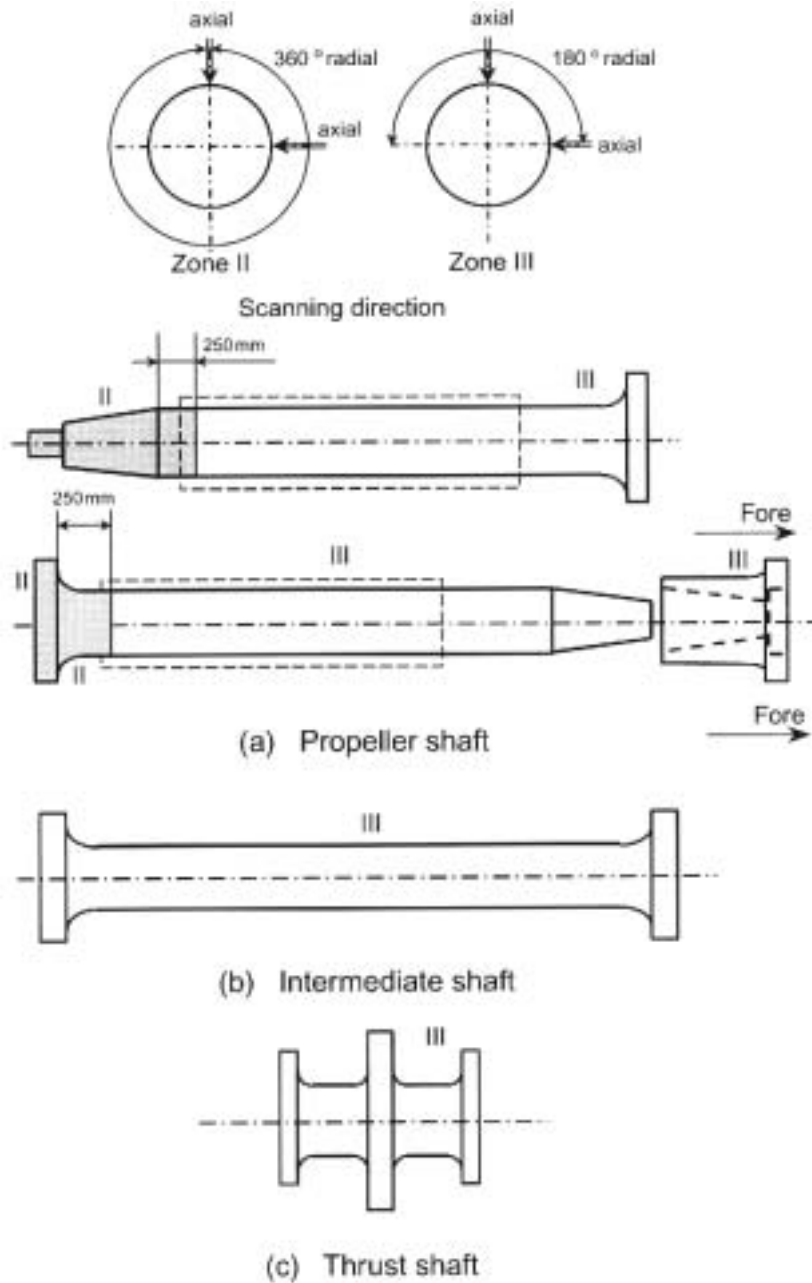


Fig. 5 – Zones for ultrasonic testing on crankshafts



Notes:

1. For hollow shafts, 360° radial scanning applies to Zone III.
2. Circumferences of the bolt holes in the flanges shall be treated as Zone II.

Fig. 6 – Zones for ultrasonic testing on shafts

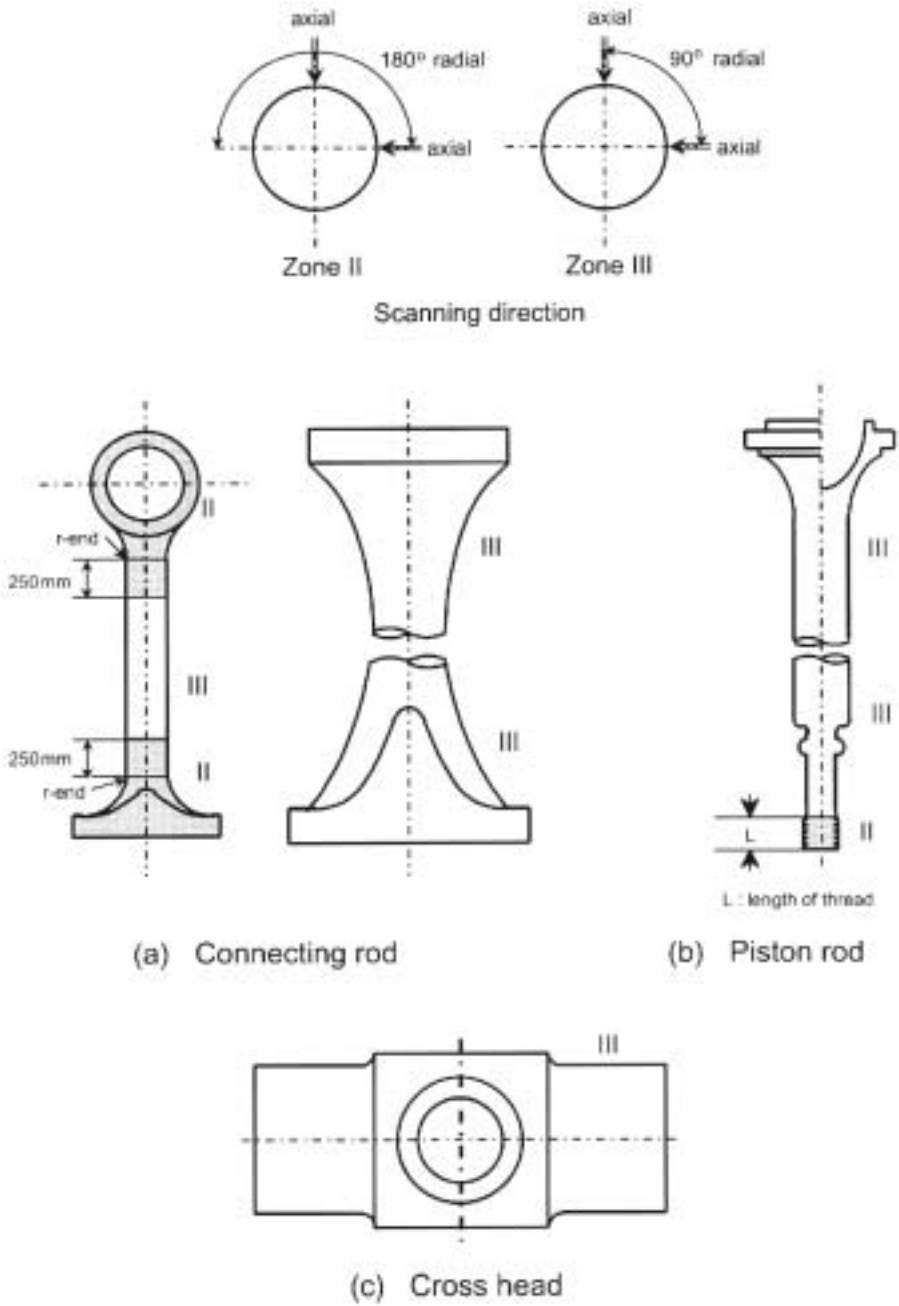


Fig. 7 – Zones for ultrasonic testing on machinery components

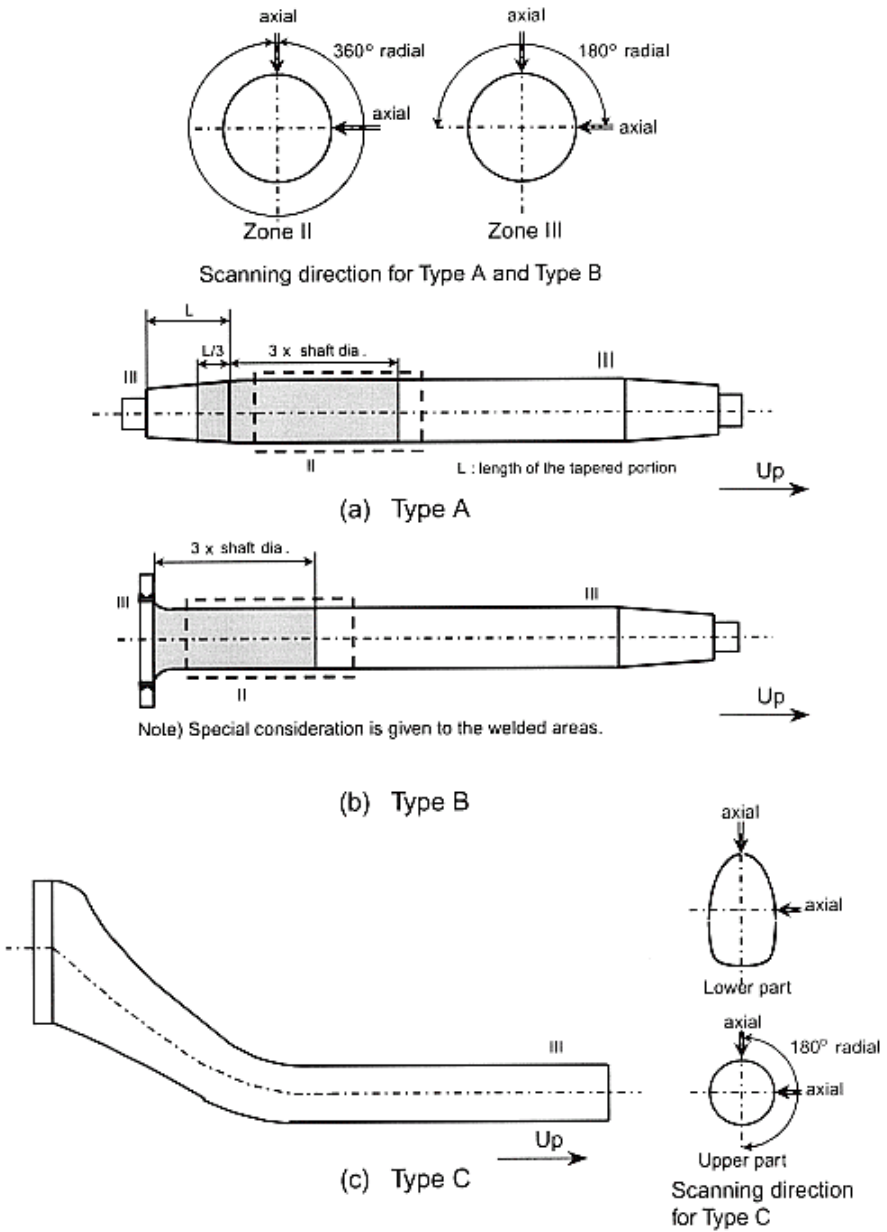


Fig. 8 – Zones for ultrasonic testing on rudder stocks

