

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY RULES

PUBLIKACJA NR 7/P
PUBLICATION NO. 7/P

NAPRAWY ŚRUB NAPĘDOWYCH ZE STOPÓW MIEDZI REPAIR OF CAST COPPER ALLOY PROPELLERS

2002

**(Consolidated text incorporating
Amendments No. 1/2004,
status on 20 January 2005)**

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.



GDAŃSK

Publikacja Nr 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi, 2002, została zatwierdzona przez Zarząd Polskiego Rejestru Statków S.A. w dniu 7 stycznia 2002 r. i wchodzi w życie z dniem 15 maja 2002 r.
Niniejsza publikacja zastępuje *Publikację Nr 7/P – Przeglądy i naprawy śrub napędowych, 1980*.

Publication No. 7/P – Repair of Cast Copper Alloy Propellers, 2002, was approved by the Board of Polski Rejestr Statków S.A. on 7 January 2002 and enters into force on 15 May 2002.
The present publication replaces *Publication No. 7/P – Inspection and Repair of Propellers, 1980*.

Niniejsze wydanie *Publikacji Nr 7/P* oznaczone stopką PRS/HW, 08/2002 zastępuje wydanie tej *Publikacji* oznaczone stopką PRS/HW, 01/2002, w której zostały dostrzeżone błędy wydawnicze.

Użytkowników poprzedniej edycji uprzejmie informujemy, iż błędy wydawnicze nie dotyczą treści oraz poziomu wymagań technicznych, a sprowadzają się do błędnego ich ponumerowania i wadliwego numerowania stron w spisie treści.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2002

PRS/HW, 08/2002

SPIS TREŚCI

	str.
1 Określenia	5
1.1 Kąt odchylenia skrzydła śruby	5
1.2 Strefy zagrożenia	5
2 Przygotowanie do naprawy	8
2.1 Przegląd doraźny śruby	8
2.2 Oględziny i badania nieniszczące	8
3 Usuwanie wad i uszkodzeń	9
3.1 Postanowienia ogólne	9
3.2 Naprawa przez szlifowanie	9
3.3 Naprawy spawaniem	10
3.4 Prostowanie skrzydeł	12
4 Próby wymagane dla uprawnienia spawaczy do napraw śrub napędowych	13
4.1 Postanowienia ogólne	13
4.2 Złącze próbne	13
4.3 Badania	14

CONTENTS

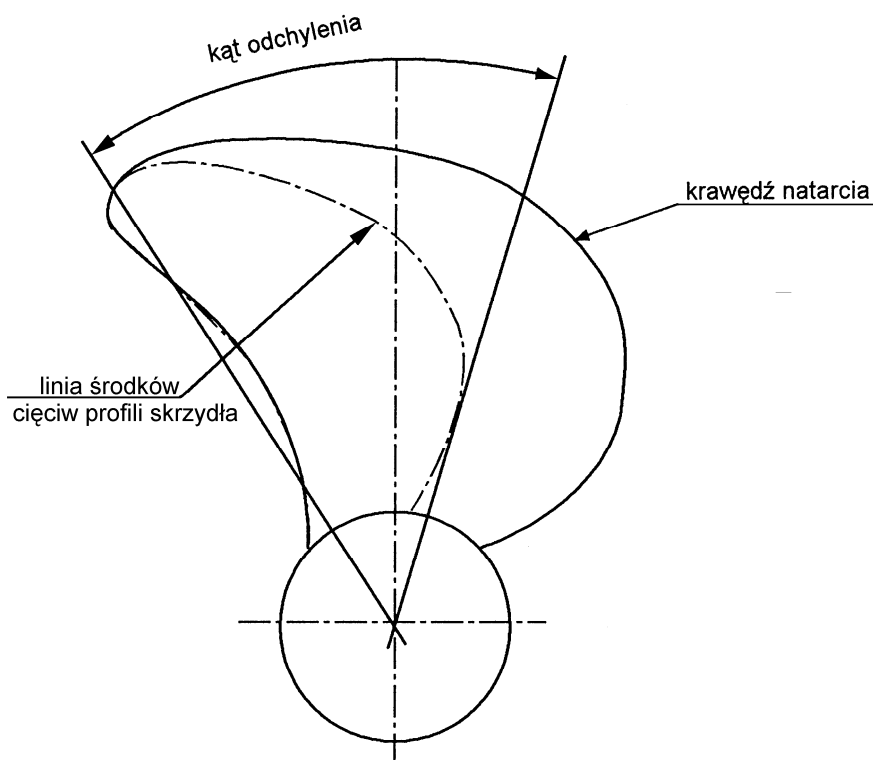
	Page
1 Definitions	17
1.1 Propeller Blade Skew Angle	17
1.2 Severity Zones	17
2 Repair Preparation	20
2.1 Occasional Survey of Propeller	20
2.2 Propeller Examination and Non-destructive Testing	20
3 Repair of Defects and Damages	21
3.1 General	21
3.2 Repair by Grinding	21
3.3 Repair by Welding	21
3.4 Propeller Blade Straightening	24
4 Welder's Qualification Test for Propeller Repair	25
4.1 General	25
4.2 Test Assembly	25
4.3 Testing	25

1 OKREŚLENIA

1.1 Kąt odchylenia skrzydła śruby

Jako maksymalny kąt odchylenia skrzydła śruby napędowej przyjmuje się kąt na rzucie skrzydła, zawarty między dwiema liniami przecinającymi się w osi śruby, z których jedna przechodzi przez wierzchołek skrzydła, a druga jest styczną do linii środków cięciw profili skrzydła, patrz rys. 1.1.

Śruby napędowe o dużym odchyleniu skrzydła mają kąt odchylenia skrzydła większy niż 25° . Śruby napędowe o małym odchyleniu skrzydła mają kąt odchylenia skrzydła mniejszy lub równy 25° .



Rys. 1.1 Kąt odchylenia skrzydła śruby

1.2 Strefy zagrożenia

W zależności od stopnia zagrożenia spowodowanego wystąpieniem uszkodzeń i wad, w celu ograniczenia ryzyka wystąpienia pęknięć zmęczeniowych po naprawie śruby, wyróżnia się 3 strefy oznaczone A, B i C. Rozmieszczenie stref, związane z konstrukcją śruby, określone jest w 1.2.1 i 1.2.2.

1.2.1 Śruby o małym odchyleniu skrzydła

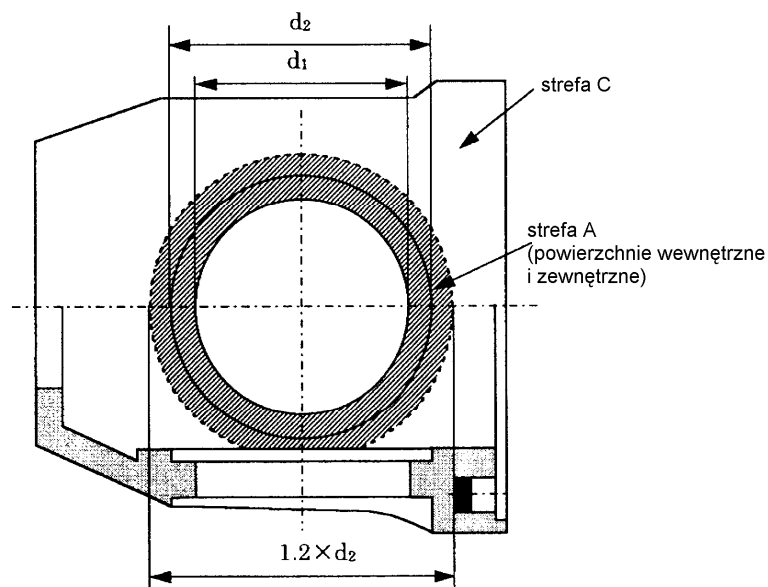
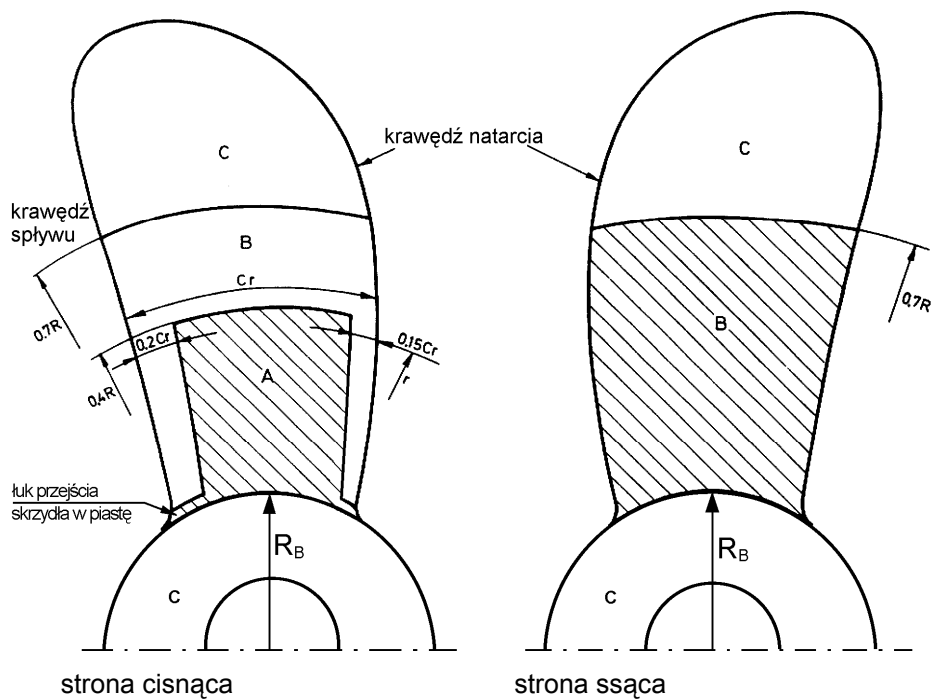
Strefa A znajduje się po stronie cisnącej skrzydła. Rozciąga się od piasty śruby do łuku okręgu o promieniu $0,4 R$ i ograniczona jest po obu brzegach liniami oddalonymi odpowiednio o $0,15 Cr$ (gdzie Cr – szerokość skrzydła mierzona jako długość łuku na rozpatrywanym promieniu r) od krawędzi natarcia i $0,2 Cr$ od krawędzi splywu (patrz rys. 1.2.1-1). Jeżeli promień piasty R_B przekracza $0,27 R$, to granica strefy A powinna być przesunięta do łuku okręgu o promieniu $1,5 R_B$.

Strefa A obejmuje również część piasty śruby nastawnej lub składanej leżącą w obrębie gniazda dla skrzydła (patrz rys. 1.2.1-2) oraz część stopy i rejon przejścia skrzydła śruby nastawnej lub składanej w stopę (patrz rys. 1.2.1-3).

Strefa B na stronie cisnącej obejmuje pozostały obszar, do łuku okręgu o promieniu $0,7 R$, a na stronie ssącej obszar od łuku przejścia piasty w skrzydło do łuku okręgu o promieniu $0,7 R$. Strefa B obejmuje również pozostałą część stopy dla śrub nastawnych lub składanych (patrz rys. 1.2.1-3).

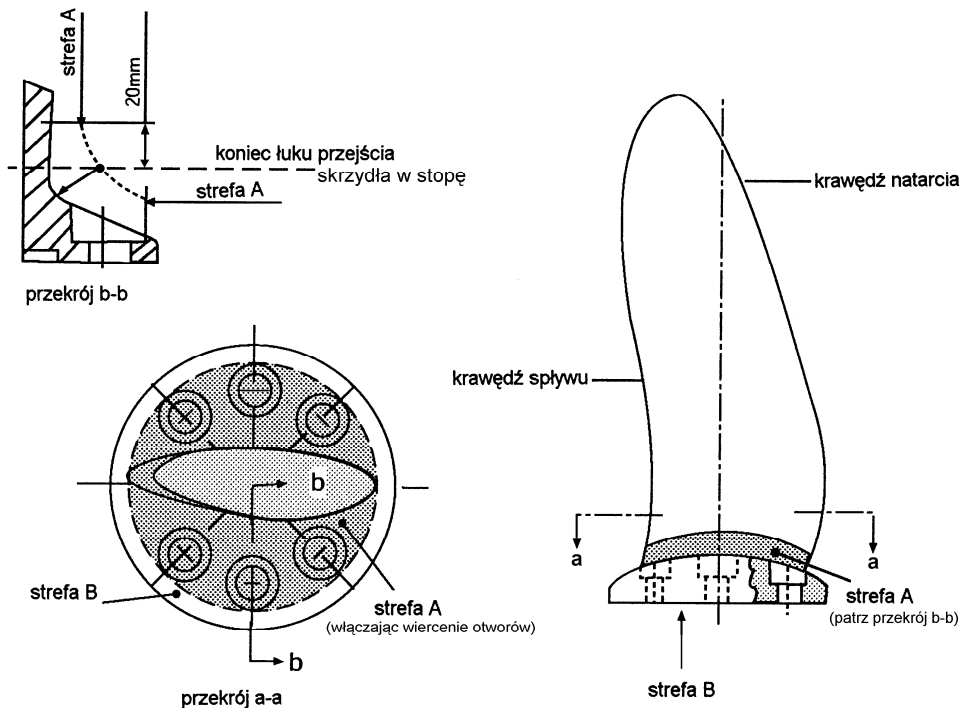
Strefa C obejmuje obszar poza łukiem okręgu o promieniu $0,7 R$ po obu stronach skrzydła.

Do strefy tej zalicza się powierzchnię piasty śruby jednolitej i wszystkie powierzchnie piasty śruby nastawnej lub składanej poza wyznaczonymi jako strefa A (patrz rys. 1.2.1-2).



Rys. 1.2.1-1 Strefy zagrożenia dla jednolitych śrub o małym kącie odchylenia skrzydła

Rys. 1.2.1-2 Strefy zagrożenia dla piasty śruby nastawnej



Rys. 1.2.1-3 Strefy zagrożenia na skrzydle dla śrub nastawnych i składanych

Uwaga: Pozostałe powierzchnie skrzydeł śruby nastawnej i składanej należy podzielić na strefy jak dla śruby jednolitej (wg rys. 1.2.1-1 i 1.2.2).

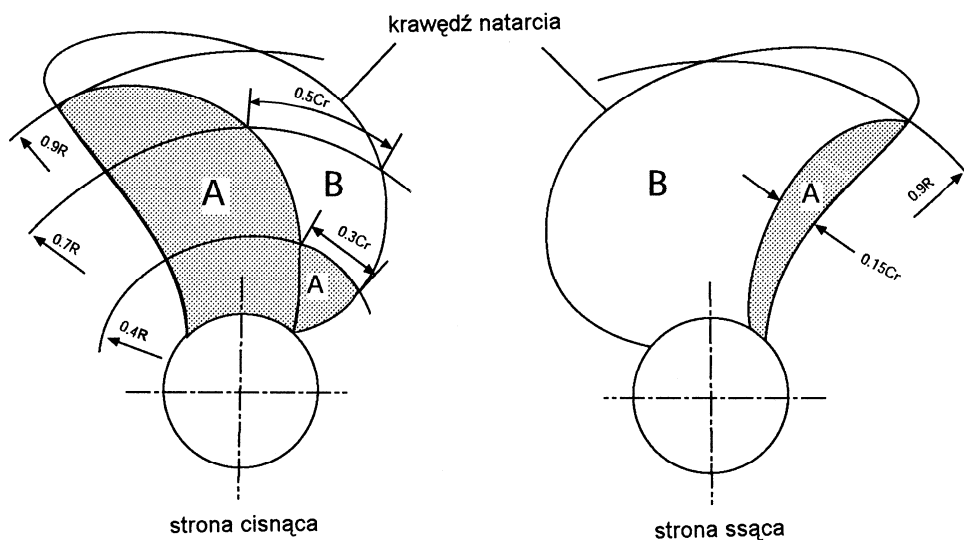
1.2.2 Śruby o dużym odchyleniu skrzydła

Strefa A na stronie cisnącej jest obszarem obejmującym łukowe przejście piasty w skrzydło i ograniczonym krawędzią natarcia do jej przecięcia z łukiem na promieniu $0,4 R$, linią przechodzącą przez punkt na łuku o promieniu $0,4 R$ odległy o $0,3 Cr$ od krawędzi natarcia, punkt na łuku o promieniu $0,7 R$ leżący w połowie szerokości skrzydła i punkt na łuku o promieniu $0,9 R$ leżący na krawędzi splywu oraz krawędzią splywu aż do piasty śruby.

Po stronie ssącej skrzydła, do strefy A należy obszar ograniczony krawędzią splywu od piasty śruby do łuku o promieniu $0,9 R$ i linią poprowadzoną od tego punktu przez punkty oddalone o $0,15 Cr$ do piasty śruby.

Strefa B obejmuje wszystkie pozostałe powierzchnie skrzydła.

Strefy A i B pokazano na rys. 1.2.2.



Rys. 1.2.2 Strefy zagrożenia na skrzydle dla śrub o kącie odchylenia skrzydła $> 25^\circ$

2 PRZYGOTOWANIE DO NAPRAWY

2.1 Przegląd doraźny śruby

2.1.1 Przed przystąpieniem do naprawy śruby należy przeprowadzić jej przegląd w celu stwierdzenia możliwości naprawy i wyboru sposobu naprawy. W ramach przeglądu należy dokonać oględzin śruby i przeprowadzić badania nieniszczące.

2.1.2 Przy podejmowaniu decyzji o dopuszczeniu do naprawy i jej sposobie należy uwzględnić następujące czynniki:

- rodzaj materiału śruby,
- wyniki oględzin i badań nieniszczących,
- rodzaj wady lub uszkodzenia,
- umiejscowienie wady lub uszkodzenia w aspekcie podziału śruby na strefy zagrożenia,
- wymiary skrzydeł, w tym ewentualne naddatki w stosunku do wymiarów projektowych.

2.2 Oględziny i badania nieniszczące

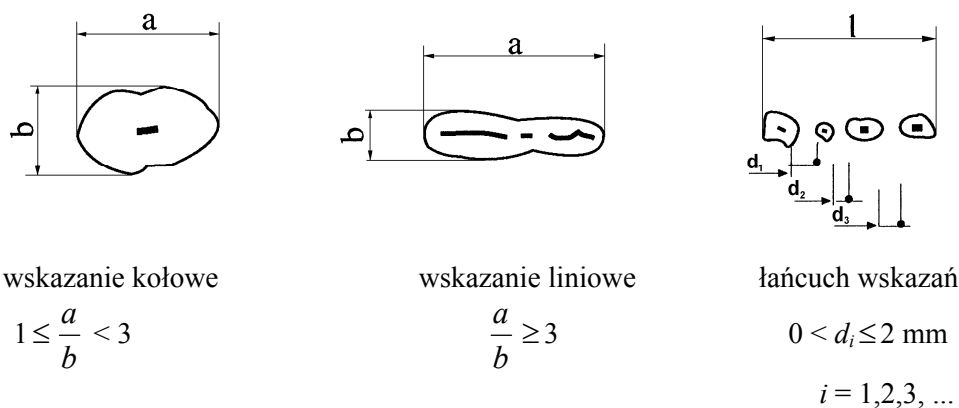
2.2.1 Śruba przedstawiona do przeglądu powinna być oczyszczona w stopniu umożliwiającym dokonanie oględzin. Do oględzin zaleca się stosować przyrządy optyczne (lupy).

2.2.2 Badania penetracyjne należy przeprowadzać w strefie A oraz tam, gdzie oględziny wskazują na możliwość występowania wad lub uszkodzeń. Metodę tę należy również stosować przy kontroli poprawności usunięcia wad wycinaniem i szlifowaniem oraz jakości napraw wykonanych spawaniem.

2.2.2.1 Badania penetracyjne powinny być wykonywane zgodnie z odpowiednią normą lub instrukcją uzgodnioną z PRS.

Wskazania w badaniach penetracyjnych są to barwne plamy, utworzone na badanej powierzchni przez penetrant wypływający z nieciągłości materiału po upływie przynajmniej 10 minut od naniesienia na badaną powierzchnię wywoływacza.

Wskazania, w zależności od kształtu, dzielą się na kołowe, liniowe i łańcuchy wskazań – patrz rys. 2.2.2.



Rys. 2.2.2 Kształty wskazań

2.2.2.2 W celu przeprowadzenia oceny wskazań, badaną powierzchnię należy podzielić na pola, każde o powierzchni 100 cm^2 . Pole może mieć kształt kwadratu lub prostokąta, przy czym dłuższy bok nie może przekraczać 250 mm .

Liczba i rozmiary ujawnionych wskazań nie mogą przekraczać wielkości podanych w tabeli 2.2.2.2.

Do oceny powierzchni należy wybrać pole o największej liczbie wskazań.

Tabela 2.2.2.2
Dopuszczalna liczba i rozmiary wskazań na powierzchni 100 cm² w zależności
od strefy zagrożenia skrzydła

Strefa	Maksymalna sumaryczna liczba wskazań	Kształt wskazania	Maksymalna liczba wskazań w zależności od ich kształtu ^{1), 2)}	Maksymalny wymiar <i>a</i> lub <i>l</i> [mm]
A	7	kołowe liniowe łańcuch wskazań	5 2 2	4 3 3
B	14	kołowe liniowe łańcuch wskazań	10 4 4	6 6 6
C	20	kołowe liniowe łańcuch wskazań	14 6 6	8 6 6
Uwagi: ¹⁾ Pojedynczych wskazań kołowych mniejszych niż 2 mm w strefie A i mniejszych niż 3 mm w pozostałych strefach można nie brać pod uwagę. ²⁾ Ogólna liczba wskazań kołowych może być równa dopuszczalnej sumarycznej liczbie wskazań, zmniejszonej o liczbę występujących wskazań liniowych i łańcuchów wskazań.				

2.2.2.3 Ocena powierzchni przygotowanych do spawania, niezależnie od strefy, powinna być zawsze przeprowadzana zgodnie z wymaganiami określonymi dla strefy A. To samo dotyczy powierzchni spawanych po obróbce mechanicznej lub szlifowaniu.

2.2.2.4 Wskazania przekraczające dopuszczalne wartości określone w tabeli 2.2.2.2 należy traktować jako wady; wady te należy usunąć.

2.2.3 Badania radiograficzne można stosować do wykrywania wad wewnętrznych w miejscach, gdzie grubość materiału nie przekracza 160 mm.

2.2.4 Badania ultradźwiękowe mogą być stosowane do stopów miedzi kategorii Cu 3 i Cu 4. W przypadku stopów kategorii Cu 1 i Cu 2 wyniki takich badań są niemiernodajne z uwagi na wysokie tłumienie materiału.

3 USUWANIE WAD I USZKODZEŃ

3.1 Postanowienia ogólne

3.1.1 Sposób naprawy należy uzgodnić z PRS.

3.1.2 Naprawie należy poddać wszystkie miejsca, w których w wyniku badań penetracyjnych lub oględzin stwierdzono wystąpienie wad.

3.2 Naprawa przez szlifowanie

3.2.1 Naprawa przez szlifowanie może być zastosowana w każdej strefie.

3.2.2 W strefie A wady można usuwać przez szlifowanie, pod warunkiem, że zostanie utrzymana grubość skrzydła zgodna z zatwierdzoną dokumentacją.

3.2.3 W strefie B wady, których głębokość nie przekracza większej z dwóch wartości: $t/40$ mm (t – minimalna miejscowa grubość skrzydła w mm) i 2 mm, mogą być naprawiane samym szlifowaniem.

3.2.4 W przypadku, kiedy rozmiar wady na to pozwala, szlifowanie może być poprzedzone wycinaniem mechanicznym, które należy przeprowadzić do zdrowego materiału. Szlifowanie należy wykonać tak, aby przejście do powierzchni otaczających naprawiane miejsce było płynne.

3.3 Naprawy spawaniem

3.3.1 Wymagania ogólne

3.3.1.1 W strefie A, w zasadzie, nie należy dokonywać napraw spawaniem. Spawanie w tej strefie może być dopuszczone jedynie w szczególnych przypadkach i po odrębnych uzgodnieniach z Centralą PRS.

Szczegółową dokumentację wad i uszkodzeń oraz planowaną technologię naprawy należy dostarczyć do Centrali PRS. Technologia naprawy podlega zatwierdzeniu przez Centralę PRS.

3.3.1.2 W strefie B można dokonywać napraw spawaniem, ale tylko po uprzednim uzgodnieniu z Centralą PRS. Szczegółową dokumentację wad i uszkodzeń oraz planowaną technologię naprawy należy dostarczyć do Centrali PRS. Technologia naprawy podlega zatwierdzeniu przez Centralę PRS.

3.3.1.3 W strefie C, w której naprężenia robocze są najniższe i gdzie grubość skrzydła jest względnie mała, dopuszcza się naprawę poprzez spawanie, po uprzednim uzgodnieniu z inspektorem PRS, pod warunkiem, że:

- zostanie zastosowana technologia spawania uzgodniona z inspektorem PRS,
- naprawa będzie wykonywana przez spawaczy posiadających stosowne do wykonywanych prac uprawnienia,
- wykonana naprawa zostanie zaakceptowana przez inspektora PRS.

3.3.1.4 Generalnie należy unikać naprawy spawaniem w przypadku małych wad o charakterze powierzchniowym (o powierzchni do 5 cm²).

3.3.1.5 Zakład zamierzający naprawiać śruby przy pomocy spawania powinien posiadać:

- warsztat wyposażony w urządzenia dźwignicowe,
- urządzenia do spawania,
- urządzenia do podgrzewania,
- piece do obróbki cieplnej,
- aparaturę do badań nieniszczących,
- spawaczy o stosownych do wykonywanych prac uprawnieniach,
- kompetentny nadzór prac spawalniczych.

3.3.1.6 Zakład powinien dostarczyć do PRS technologię naprawy, zawierającą informacje dotyczące:

- metody spawania,
- przygotowania rowka do spawania,
- parametrów spawania,
- materiałów dodatkowych,
- podgrzewania wstępnego,
- obróbki cieplnej po spawaniu,
- procedury kontroli i odbioru naprawy.

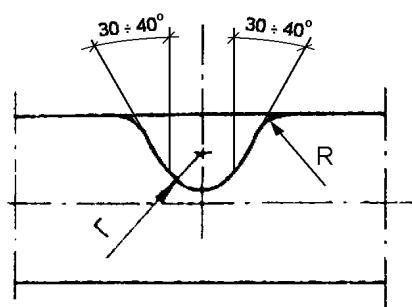
3.3.1.7 Spawacze nie posiadający stosownych uprawnień, przed przystąpieniem do naprawy winni przejść weryfikację, polegającą na wykonaniu odpowiednich złączy próbnych przy zastosowaniu metody spawania, materiałów dodatkowych, pozycji spawania, które będą stosowane przy naprawie. Szczegóły dotyczące złączy próbnych podano w rozdziale 4.

3.3.2 Przygotowanie do spawania

Wady usuwane poprzez spawanie powinny być uprzednio wycięte do zdrowego materiału.

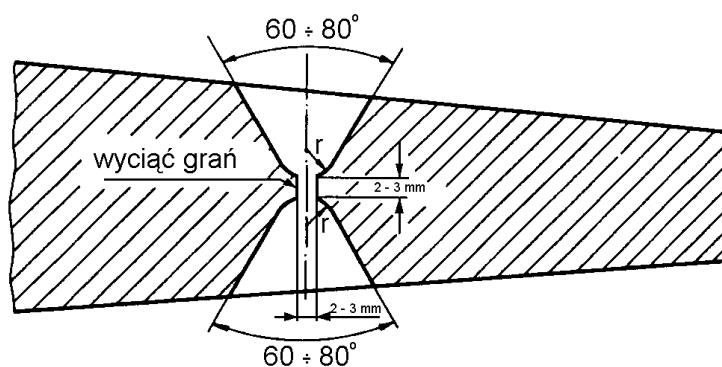
W celu upewnienia się, że wada została całkowicie usunięta, należy w obecności inspektora PRS przeprowadzić badania penetracyjne – ocena zgodnie z punktem 2.2.2.3.

Wymagany kształt rowka spawalniczego po wycięciu wad pokazano na rys. 3.3.2-1, natomiast rowek spawalniczy w przypadku spawania wstawki skrzydła pokazano na rys. 3.3.2-2.



$$r \geq 7 \text{ mm}; R \geq 10 \text{ mm}$$

Rys. 3.3.2-1 Rowek spawalniczy po wycięciu wad



$$r \geq 7 \text{ mm}$$

Rys. 3.3.2-2 Rowek spawalniczy do spawania wstawki skrzydła

3.3.3 Spawanie

3.3.3.1 Do wszystkich rodzajów napraw śrub napędowych wykonanych ze stopów miedzi zaleca się stosować spawanie łukowe.

Należy stosować głównie spawanie ręczne elektrodą otuloną lub spawanie półautomatyczne w osłonie gazu obojętnego (MIG). Spawanie elektrodą wolframową w osłonie argonu (TIG) powinno być stosowane ostrożnie, ze względu na większą energię liniową.

W przypadku materiałów o grubości mniejszej niż 30 mm, spawanie gazowe daje zadowalające wyniki dla połączeń ze stopów Cu 1 i Cu 2.

Zalecane materiały dodatkowe do spawania, temperatury podgrzewania wstępnego, temperatury międzyścięgowe i temperatury wyżarzania odpężającego podane są w tabeli 3.3.3-1, natomiast czas wyżarzania należy dobierać zgodnie z tabelą 3.3.3-2.

3.3.3.2 Podgrzewanie wstępne należy wykonywać ostrożnie, aby uniknąć lokalnych przegrzań (patrz tabela 3.3.3-1).

3.3.3.3 Proces spawania należy prowadzić w pozycji podolnej. Jeżeli jest to niemożliwe, należy zastosować spawanie metodą MIG.

Część poddawana spawaniu powinna być czysta i sucha. Elektrody otulone powinny być wysuszone przed spawaniem, zgodnie z instrukcją producenta.

Aby zminimalizować odkształcenia i ryzyko wystąpienia pęknięć, temperatury międzyścięgowe powinny być utrzymywane na niskim poziomie. Dotyczy to zwłaszcza połączeń ze stopów Cu 3.

Żużel, podtopienia i inne wady muszą być dokładnie usunięte przed położeniem kolejnej warstwy.

3.3.3.4 Zaleca się, aby wszelkie prace spawalnicze prowadzone były w pomieszczeniu zamkniętym, zabezpieczonym przed przeciągami i wpływem warunków atmosferycznych.

3.3.3.5 W celu uniknięcia pęknięć spowodowanych korozją naprężeniową, śruby ze stopów Cu 1, Cu 2, i Cu 4 naprawiane spawaniem należy zawsze poddać wyżarzaniu odprężającemu. Śruby ze stopu Cu 3 po naprawie spawaniem należy poddać wyżarzaniu odprężającemu w przypadku poważniejszych napraw w strefie B (i w przypadku dopuszczenia naprawy spawaniem w strefie A) lub gdy zastosowano materiał dodatkowy do spawania inny niż brąz niklowo-aluminiowy. W takich przypadkach śrubę należy poddać wyżarzaniu odprężającemu w temperaturze od 450° do 500°C lub wyżarzaniu w temperaturze od 650° do 800°C, w zależności od zakresu naprawy.

3.3.3.6 Czas wygrzewania śrub ze stopów miedzi podczas wyżarzania odprężającego powinien być zgodny z tabelą 3.3.3-2.

Proces nagrzewania i stygnięcia powinien odbywać się powoli, z rejestracją przebiegu zmian temperatury w czasie. Szybkość stygnięcia po każdym wyżarzaniu odprężającym nie powinna przekraczać 50°C na godzinę do momentu osiągnięcia temperatury 200°C.

Tabela 3.3.3-1

Zalecane materiały spawalnicze i temperatury zabiegów cieplnych przy naprawie śrub napędowych ze stopów miedzi

Kategoria stopu	Materiały spawalnicze	Minimalna temperatura podgrzewania wstępnego [°C]	Maksymalna temperatura międzysciegowa [°C]	Temperatura wyżarzania odprężającego [°C]
Cu 1	Brąz aluminiowy ¹⁾ Brąz manganowy	150	300	350-500
Cu 2	Brąz aluminiowy Brąz niklowo-manganowy	150	300	350-550
Cu 3	Brąz aluminiowy Brąz niklowo-aluminiowy ²⁾ Brąz manganowo-aluminiowy	50	250	450-500
Cu 4	Brąz manganowo-aluminiowy	100	300	450-600

Uwagi:

¹⁾ Mogą być stosowane brązy: niklowo-aluminiowy i manganowo-aluminiowy.

²⁾ Nie wymaga się wyżarzania odprężającego, jeśli stosowanym materiałem spawalniczym jest brąz niklowo-aluminiowy.

Tabela 3.3.3-2

Czas wygrzewania naprawianych śrub napędowych ze stopów miedzi w temperaturze wyżarzania odprężającego

Temperatura wyżarzania odprężającego [°C]	KATEGORIA STOPÓW			
	Cu 1 i Cu 2		Cu 3 i Cu 4	
	Godzin na 25 mm grubości	Zalecany czas max w godzinach	Godzin na 25 mm grubości	Zalecany czas max w godzinach
350	5	15	–	–
400	1	5	–	–
450	0.5	2	5	15
500	0.25	1	1	5
550	–	–	0.5 ¹⁾	2 ¹⁾
600	–	–	0.25 ¹⁾	1 ¹⁾

Uwaga:

¹⁾ Wyżarzanie w temperaturze 550°C i 600°C jest stosowane tylko dla stopu kategorii Cu 4.

3.4 Prostowanie skrzydeł

3.4.1 Prostowanie na gorąco

3.4.1.1 Prostowanie na gorąco może być wykonywane tylko naciskiem statycznym.

3.3.1.5 Prostowanie skrzydła śruby albo korekcja skoku śruby może być dokonywana po uprzednim nagraniu rejonu zgięcia i stref o szerokości około 500 mm po każdej stronie tego rejonu do temperatury podanej w tabeli 3.4.1.

Tabela 3.4.1
Temperatury prostowania skrzydeł śrub napędowych ze stopów miedzi

Kategoria stopu	Temperatura prostowania na gorąco [°C]
Cu 1	500-800
Cu 2	500-800
Cu 3	700-900
Cu 4	700-850

Grzanie powinno być wolne i równomierne. Nie należy stosować podgrzewania acetylenowo-tlenowego ani tlenowo-propanowego.

Skrzydło należy odpowiednio długo podgrzewać, aby miało ono wymaganą temperaturę w całym przekroju. Temperatura ta winna być utrzymywana podczas całego procesu prostowania.

Kontrolę temperatury należy przeprowadzać termoparami albo przeznaczonymi do tego celu kredkami.

3.4.2 Prostowanie na zimno

3.4.2.1 Prostowanie na zimno może być wykonywane tylko naciskiem statycznym.

3.4.2.2 Prostowanie na zimno może być stosowane tylko do małych napraw końcówek i krawędzi skrzydeł śruby.

Po prostowaniu na zimno śrub ze stopu Cu 1, Cu 2 i Cu 4 należy zawsze poddać je wyżarzaniu odprężającemu zgodnie z tabelami 3.3.3-1 i 3.3.3-2.

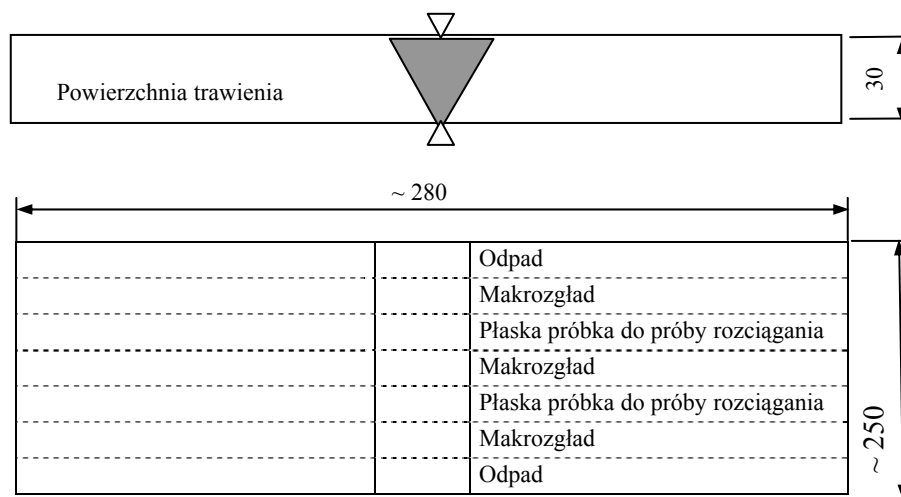
4 PRÓBY WYMAGANE DLA UPRAWNIENIA SPAWACZY DO NAPRAW ŚRUB NAPĘDOWYCH

4.1 Postanowienia ogólne

Spawacz, ubiegający się o uprawnienie PRS do naprawy śrub napędowych, powinien wykonać płytę próbną. Płyta powinna być wykonana z tego samego materiału co śruba, spawana tą samą metodą i tymi samymi materiałami dodatkowymi, jakie są przewidziane do naprawy śruby. Należy również zastosować te same temperatury podgrzewania, te same temperatury międzyściegowe, jak również taką samą obróbkę cieplną (wyżarzanie odprężające).

4.2 Złącze próbne

Wymiary złącza próbnego oraz sposób pobrania próbek podano na rys. 4.2.



Rys. 4.2 Złącze próbne

4.3 Badania

4.3.1 Badania nieniszczące

Płyta próbna po wyżarzaniu odprężającym powinna być w 100 % poddana badaniom penetracyjnym w celu wykrycia ewentualnych pęknięć. Pęknięcia są niedopuszczalne. W przypadku stwierdzenia pęknięć należy wykonać nową płytę próbną.

4.3.2 Makrozglądy

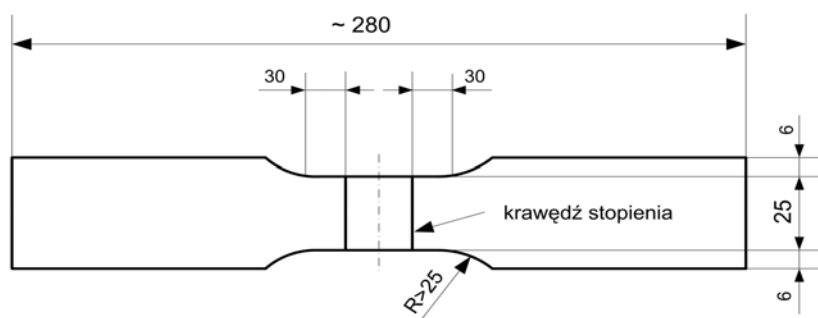
Należy pobrać trzy próbki do wykonania makrozglądów z miejsc wskazanych na rys. 4.2. Do trawienia należy zastosować roztwór trawiący składający się z:

- 5 g chlorku żelaza (III),
- 30 ml stężonego kwasu solnego,
- 100 ml wody.

Niedopuszczalne są pory większe niż 3 mm i pęknięcia.

4.3.3 Badanie własności mechanicznych

Należy przygotować dwie próbki do próby na rozciąganie, zgodnie z rys. 4.2 i rys. 4.3.3. Kryteria oceny wyników próby na rozciąganie podano w tabeli 4.3.3. W uzasadnionych przypadkach PRS może wyrazić zgodę na wyznaczanie wytrzymałości na rozciąganie na próbkach innych, ale zgodnych z uznanymi normami.



Rys. 4.3.3 Płaska próbka do próby rozciągania

Tabela 4.3.3
Wymagana wytrzymałość na rozciąganie

Kategoria stopu	Wytrzymałość na rozciąganie (min.) [MPa]
Cu 1	370
Cu 2	410
Cu 3	500
Cu 4	550

REPAIR OF CAST COPPER ALLOY PROPELLERS

1 DEFINITIONS

1.1 Propeller Blade Skew Angle

The maximum skew angle of a propeller blade is defined as the angle, in projected view of the blade, between a line drawn through the blade tip and the shaft centreline and a second line through the shaft centreline which acts as a tangent to the locus of the mid-points of the helical blade sections, see Fig 1.1.

High-skew propellers have a skew angle greater than 25° . Low-skew propellers have a skew angle of up to 25° .

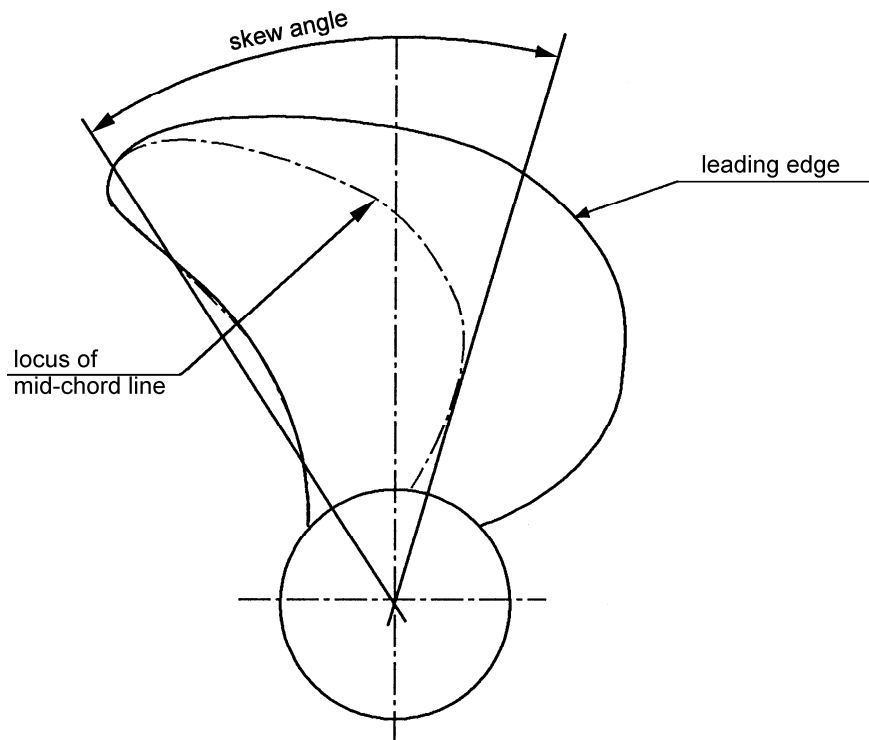


Fig.1.1 Definition of skew angle

1.2 Severity Zones

Having regard to the criticality of defects and damages in the propeller blade and to reduce the risk of failure by fatigue cracking after repair, propeller blades are divided into three severity zones A, B and C, as shown in Figs.1.2.1 and 1.2.2.

1.2.1 Low-skew Propellers

Zone A is the area on the pressure side of the blade, from and including the fillet to $0,4 R$ and bounded on either side by lines at a distance $0,15$ times Cr (where Cr – the chord length at radius r) from the leading edge and $0,2$ times Cr from the trailing edge, respectively (see Fig. 1.2.1-1). Where the boss radius R_b exceeds $0,27 R$, the boundary of zone A is to be increased to $1,5 R_b$.

For controllable pitch or built-up propeller, Zone A includes also the part of the boss which lies in the area of the window (see Fig 1.2.1-2), as well as the part of the flange and fillet area (see Fig.1.2.1-3).

Zone B, on the pressure side, is the remaining area up to $0,7 R$; on the suction side – the area from the fillet to $0,7 R$. Zone B includes also the remaining part of the flange of controllable pitch or built-up propeller (see Fig.1.2.1-3).

Zone C is the area outside $0,7 R$ on both sides of the blade.

It includes also the surface of the boss of a monobloc propeller and all surfaces of the boss of controllable pitch or built-up propeller other than those designated Zone A (see Fig.1.2.1-2).

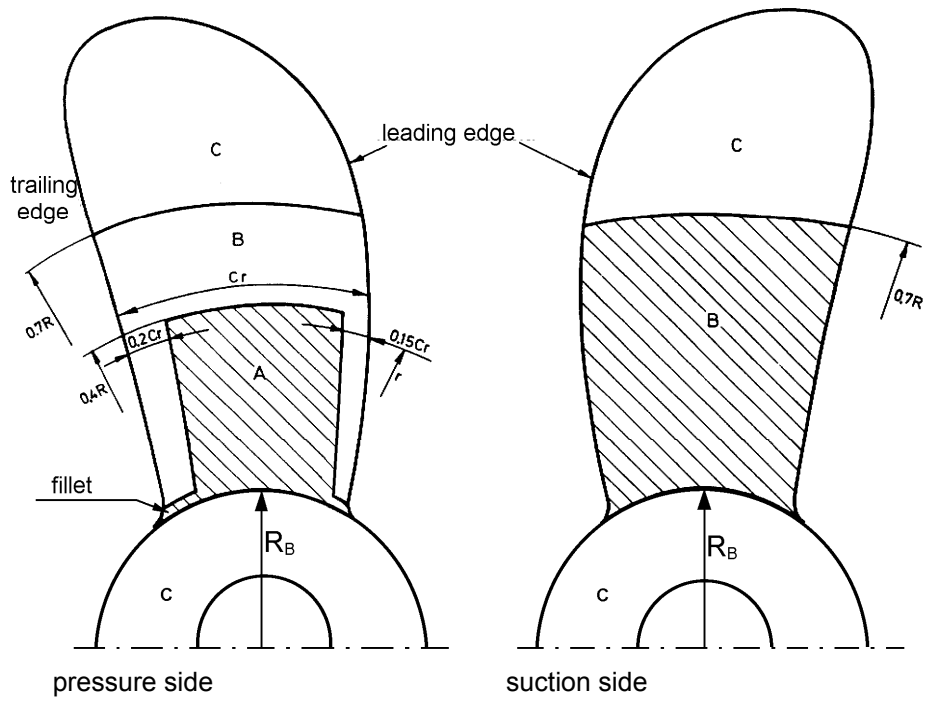


Fig. 1.2.1-1
Severity zones for monobloc low-skew propellers

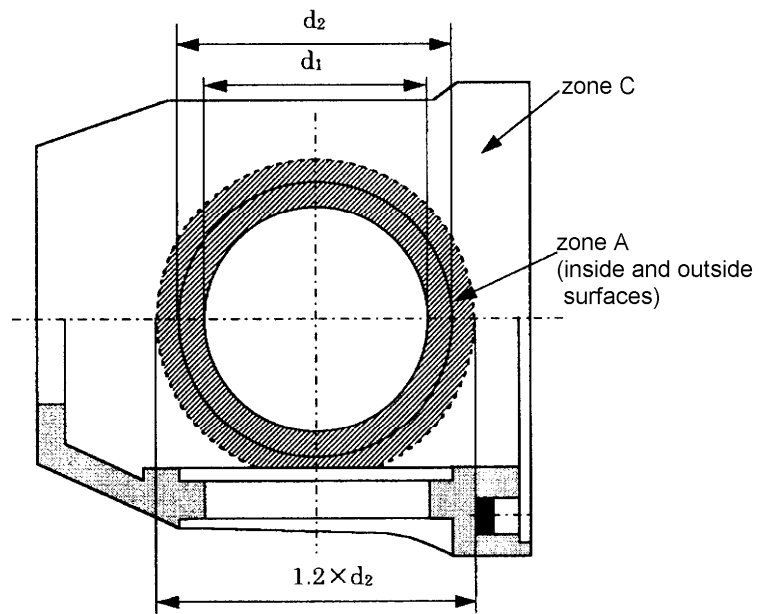


Fig. 1.2.1-2
Severity zones for controllable pitch propeller boss

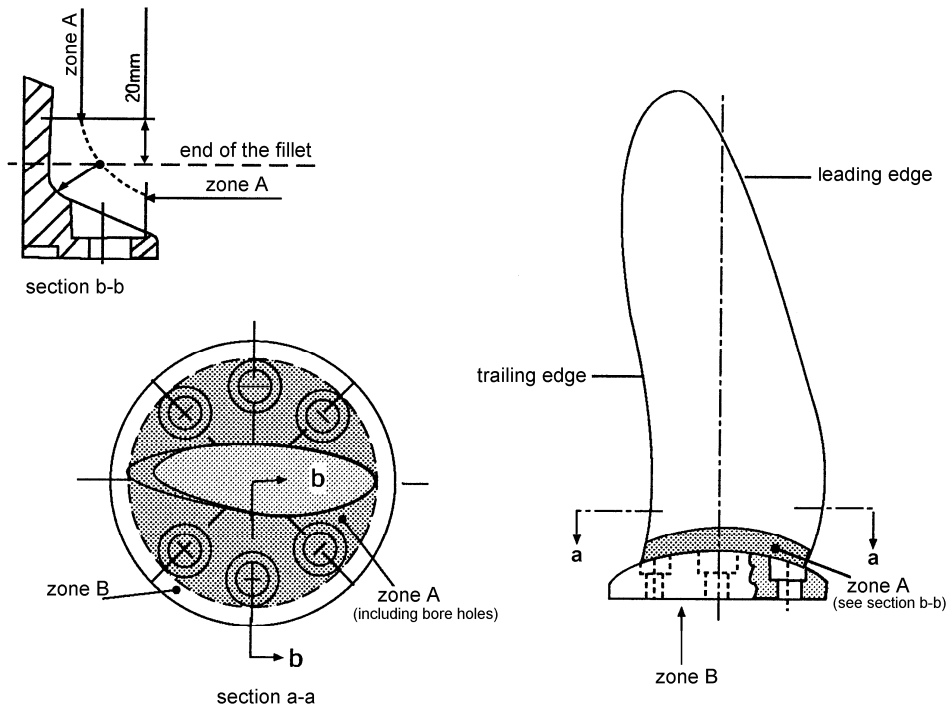


Fig. 1.2.1-3 Severity zones for controllably pitch and built-up propeller blade

Note: The remaining surfaces of controllably pitch and built-up propeller blades are to be divided into the severity zones as given for monobloc propellers (according to Figs. 1.2.1-1 and 1.2.2).

1.2.2 High-skew Propellers

Zone A, on the pressure side, is the area contained within the blade root-fillet and the leading edge from the blade root-fillet to the junction with a line at $0,4 R$, a line passing through the point situated at $0,3 Cr$ of the chord length from the leading edge at $0,4 R$, the mid-point of the blade chord at $0,7 R$, the point on the trailing edge at $0,9 R$ and the trailing edge to the propeller boss.

It also includes an area on the suction side contained within the trailing edge from the propeller boss to $0,9 R$ and a line passing from this point to the propeller boss through points situated at $0,15 Cr$.

Zone B includes the remaining blade surfaces.

Zones A and B are shown in Fig. 1.2.2.

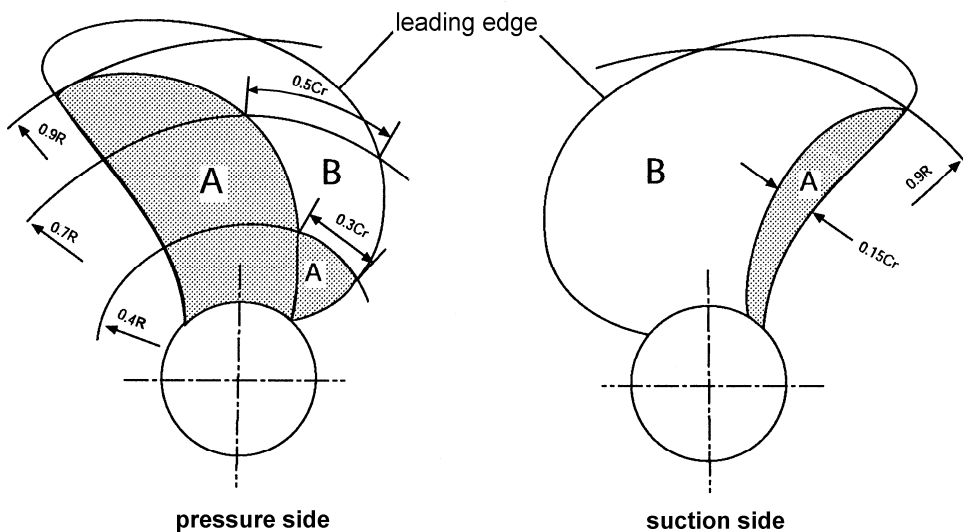


Fig. 1.2.2 Severity zones in blades with skew angles greater than 25°

2 REPAIR PREPARATION

2.1 Occasional Survey of Propeller

2.1.1 Prior to the commencement of repair, the propeller is to be subjected to an occasional survey to determine the possibility of its repair and the repair methods. The survey is to cover the propeller examination and non-destructive testing.

2.1.2 When considering approval for propeller repair and the repair procedure, the following are to be taken into account:

- the propeller material,
- the results of examination and non-destructive testing,
- type of defect or damage,
- location of defect or damage with respect to severity zones,
- the propeller blades dimensions, including possible dimensional tolerances.

2.2 Propeller Examination and Non-destructive Testing

2.2.1 The propeller subjected to the survey is to be adequately cleaned to enable examination to be carried out. For examination, the use of optical instruments (magnifying glass) is recommended.

2.2.2 A dye penetrant test is to be carried out in zone A and in all areas where the examination indicates that defects or damages may occur. A dye penetrant test is to be also used for inspection of repairs made by chipping or milling, or inspection of welded repairs.

2.2.2.1 Dye penetrant tests are to be carried out in accordance with the relevant standard or instructions agreed with PRS.

In the dye penetrant test, an indication is the presence of detectable bleed-out of the penetrant liquid from the material discontinuities appearing at least 10 minutes after the developer has been applied.

Indications, with respect to shape, are divided into circular, linear and aligned – see Fig. 2.2.2.

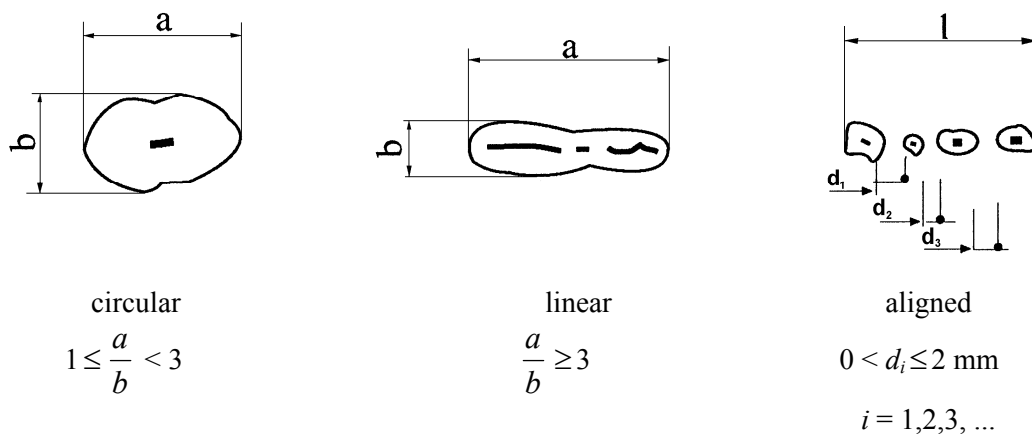


Fig. 2.2.2 Shape of indications

2.2.2.2 To assess the indications, the tested surface is to be divided into reference areas of 100 cm². The reference area may be square or rectangular with the major dimension not exceeding 250 mm.

The number and size of the indications detected cannot exceed the values given in Table 2.2.2.2.

For the surface assessment, the area with the greatest number of indications detected is to be taken.

Table 2.2.2.2
Allowable number and size of indications in a reference area of 100 cm²,
depending on severity zones

Severity zone	Max. total number of indications	Type of indication	Max. number of each type of indications ¹⁾²⁾	Max. Value for <i>a</i> or <i>l</i> of indications [mm]
A	7	Circular	5	4
		Linear	2	3
		Aligned	2	3
B	14	Circular	10	6
		Linear	4	6
		Aligned	4	6
C	20	Circular	14	8
		Linear	6	6
		Aligned	6	6
Notes: ¹⁾ Singular circular indications less than 2 mm in zone A and less than 3 mm in the other zones may be disregarded. ²⁾ The total number of circular indications may be increased to the allowable total number, or part thereof, represented by the absence of linear/aligned indications.				

2.2.2.3 Areas which are prepared for welding are, independent of their location, always to be assessed according to zone A. The same applies to the welded areas after being finished machined or ground.

2.2.2.4 Indications exceeding the allowable values specified in Table 2.2.2.2 are to be considered as defects and are to be repaired.

2.2.3 Radiographic examinations may be applied to detection of internal defects in areas where the thickness of the material does not exceed 160 mm.

2.2.4 Cu 3 and Cu 4 alloys may be ultrasonically tested. In the case of Cu1 and Cu 2 alloys, the results of ultrasonic testing will not be regarded as reliable due to high damping capacity of the materials.

3 REPAIR OF DEFECTS AND DAMAGES

3.1 General

3.1.1 The method of defects and damages repair is to be agreed with PRS.

3.1.2 All areas where defects have been detected by dye penetrant testing or visual examinations are to be repaired.

3.2 Repair by Grinding

3.2.1 Repair of defects by grinding may be applied in all zones.

3.2.2 In zone A, defects may be repaired by grinding, provided that after the repair the blade thickness is not reduced below that given in the approved documentation.

3.2.3 In zone B, defects, the depth of which does not exceed the greater of the two values: $t/40$ mm (t = minimum local thickness of the blade, in mm) and 2 mm, may be repaired by grinding only.

3.2.4 Where the size of the defect permits, the defect before grinding may be removed by chipping or milling, which should be carried out to the sound material. Grinding is to be performed in such a manner that the ground area has a smooth transition to the surrounding surface.

3.3 Repair by Welding

3.3.1 General

3.3.1.1 In zone A, welding repair is generally not allowed unless specially agreed with the PRS Head Office.

A detailed documentation of defects and damages, as well as the intended repair procedure are to be submitted to the PRS Head Office. The repair procedure is subject to approval by the PRS Head Office.

3.3.1.2 In zone B, welding repairs are generally allowed subject to a prior agreement with the PRS Head Office. A detailed documentation of defects and damages, as well as the intended repair procedure are to be submitted to the PRS Head Office. The repair procedure is subject to the approval by the PRS Head Office.

3.3.1.3 In zone C, in which the operation stresses are low and where the blade thicknesses are relatively small, welding repairs are allowed after a prior agreement with PRS' Surveyor and provided that:

- the welding procedure, agreed with PRS' Surveyor, is applied,
- the welding work is carried out by certified welders,
- on completion, the repair is accepted by PRS' Surveyor.

3.3.1.4 In general, welding of small areas (less than 5 cm²) is to be avoided.

3.3.1.5 The works wishing to carry out welding repairs of propellers is to have at its disposal:

- the workshop provided with lifting gear,
- welding equipment,
- preheating facilities,
- heat-treating furnace,
- non-destructive testing devices,
- certified welders,
- expert welding supervisors.

3.3.1.6 The works is to submit to PRS the repair procedure containing the following:

- welding methods,
- the welding groove preparation,
- welding parameters,
- welding consumables,
- preheating,
- postweld heat treatment,
- inspection procedures.

3.3.1.7 Welders, who are not holders of the suitable certificates, before commencement of the repair are to take a test to demonstrate their ability to weld test assemblies using the same welding method, welding consumables and welding position, which will be used in the actual repair. Details concerning test assemblies are given in Chapter 4.

3.3.2 Welding Preparation

Defects to be repaired by welding are to be cut out to the sound material.

To ensure complete removal of the defect, the area to be welded is to be examined by dye penetrant testing in the presence of PRS' Surveyor – the assessment of the area is to be in accordance with para. 2.2.2.3.

The required shape of the welding groove after cutting out defects is given in Fig. 3.3.2-1. The required shape of the welding groove for tip repair is given in Fig. 3.3.2-2.

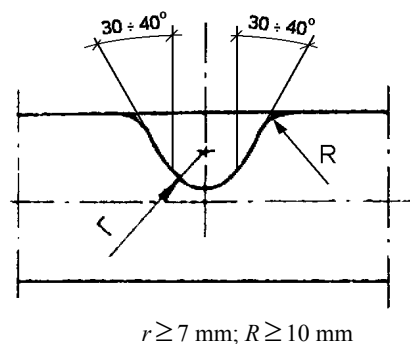


Fig. 3.3.2-1 Welding groove after cutting out defects

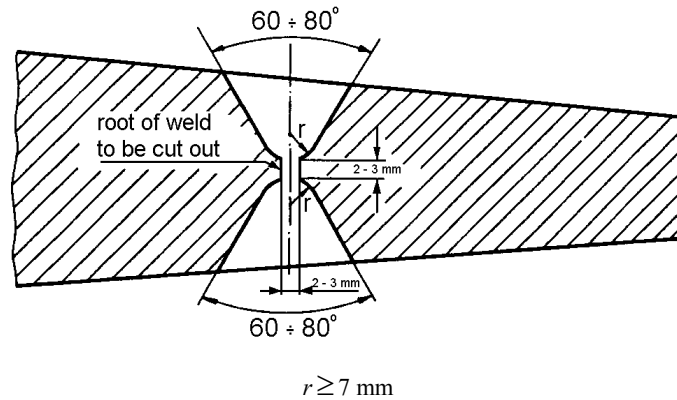


Fig. 3.3.2-2 Welding groove for tip repair

3.3.3 Welding Repair Procedure

3.3.3.1 Metal-arc welding is recommended for all types of repair on copper alloy propellers.

Metal-arc welding with covered electrode or metal-arc inert gas welding (MIG) are to be generally applied. Tungsten inert gas arc welding (TIG) is to be used with care due to the higher specific heat input of this process.

For material thickness less than 30 mm, gas welding gives satisfactory weldment for Cu 1 and Cu 2 alloys.

Recommended welding consumables, preheating, interpass and stress relief heat treatment temperatures are given in Table 3.3.3-1. Soaking times are to be in accordance with Table 3.3.3-2.

3.3.3.2 Preheating is to be carried out with care to avoid local overheating (see Table 3.3.3-1).

3.3.3.3 Welds are to be made in the downhand (flat) position. Where this cannot be done, MIG welding is to be carried out.

The section to be welded is to be clean and dry. Flux-coated electrodes are to be dried before welding according to the maker's instructions.

To minimize distortion and the risk of cracking, interpass temperatures are to be kept low. This is especially the case with Cu 3 alloys.

Slag, undercuts and other defects are to be removed before depositing the next run.

3.3.3.4 It is recommended that all welding work should be carried out preferably in the shop free from draughts and influence of the weather.

3.3.3.5 In the case of Cu 1, Cu 2 and Cu 4 alloy propellers, all welded repairs are to be stress relief heat treated in order to avoid stress corrosion cracking. For Cu 3 alloy propellers, stress relief heat treatment is to be applied after major repairs in zone B (and specially approved welding in zone A) or if a welding consumable other than Ni-Al bronze is used. In such cases the propeller is to be either stress relief heat treated in the temperature 450 to 500°C or annealed in the temperature 650 to 800°C, depending on the extent of repair.

3.3.3.6 Soaking times for stress relief heat treatment of copper alloy propellers are to be in accordance with Table 3.3.3-2.

The heating and cooling are to be carried out slowly under controlled conditions. The cooling rate after any stress relief heat treatment is not to exceed 50°C/h until the temperature of 200°C is reached.

Table 3.3.3-1
Recommended welding consumables and heat treatment temperatures
for repair of copper alloy propellers

Alloy type	Welding consumables	Minimum preheating temperature [°C]	Maximum interpass temperature [°C]	Stress relief heat treatment temperature [°C]
Cu 1	Al-bronze ¹⁾ Mn-bronze	150	300	350-500
Cu 2	Al-bronze Ni-Mn-bronze	150	300	350-550
Cu 3	Al-bronze Ni-Al-bronze ²⁾ Mn-Al-bronze	50	250	450-500
Cu 4	Mn-Al-bronze	100	300	450-600

Notes:

- ¹⁾ Ni-Al-bronze and Mn-Al-bronze are acceptable.
²⁾ Stress relieving not required if welding consumable Ni-Al-bronze is used.

Table 3.3.3-2
Soaking times for stress relief heat treatment of copper alloy propellers

Stress relief heat treatment temperature [°C]	ALLOY TYPE			
	Cu 1 and Cu 2		Cu 3 and Cu 4	
	Hours per 25 mm thickness	Max. recommended total time hours	Hours per 25 mm thickness	Max. recommended total time hours
350	5	15	–	–
400	1	5	–	–
450	0.5	2	5	15
500	0.25	1	1	5
550	–	–	0.5 ¹⁾	2 ¹⁾
600	–	–	0.25 ¹⁾	1 ¹⁾

Note:

- ¹⁾ 550°C and 600°C applicable only for Cu 4 alloy.

3.4 Propeller Blade Straightening

3.4.1 Hot Straightening

3.4.1.1 For hot straightening, static loading only is to be used.

3.4.1.2 Straightening of a bent propeller blade or a pitch modification is to be carried out after heating the bent region and approximately 500 mm wide zones on either side of it to the temperature range given in Table 3.4.1.

Table 3.4.1
Straightening temperatures for copper alloy propeller blades

Alloy type	Hot straightening temperature [°C]
Cu 1	500-800
Cu 2	500-800
Cu 3	700-900
Cu 4	700-850

The heating is to be slow and uniform. Neither oxy-acetylene nor oxy-propane flames are to be used.

Sufficient time is to be allowed for the temperature to become fairly uniform throughout the blade section. The temperature is to be maintained within the suggested range throughout the straightening operation.

A thermocouple instrument or temperature indicating crayons are to be used for measuring the temperature.

3.4.2 Cold Straightening

3.4.2.1 For cold straightening, static loading only is to be used.

3.4.2.2 Cold straightening may be used for minor repairs of tips and edges only.

Cold straightening of Cu 1, Cu 2 and Cu 4 copper alloy propellers is to be always followed by stress relief heat treatment in accordance with Tables 3.3.3-1 and 3.3.3-2.

4 WELDER'S QUALIFICATION TEST FOR PROPELLER REPAIR

4.1 General

A welder wishing to obtain PRS' qualification certificate for repair of propellers is to prepare a test assembly using the same material that had been used in the propeller manufacture. The welding method, welding consumables, preheating and interpass temperatures, as well as heat treatment (stress relief heat treatment) are to be the same as those intended to be used in the actual repair work.

4.2 Test Assembly

The test assembly dimensions and the method of preparing test specimens are given in Fig. 4.2.

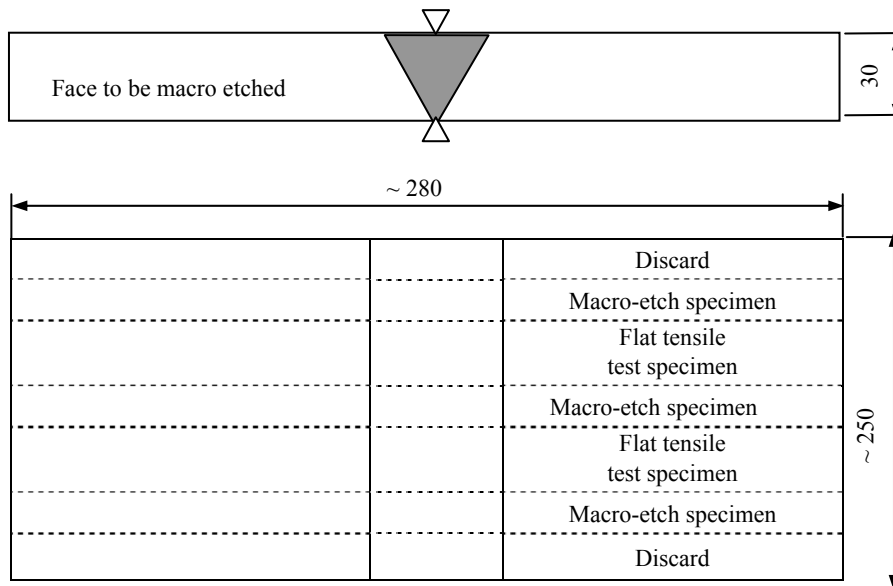


Fig. 4.2 Test assembly

4.3 Testing

4.3.1 Non-destructive Testing

After stress relief heat treatment, test assembly is to be 100% tested by a dye penetrant method. No cracks are permitted. Where cracks have been detected, a new test assembly is to be prepared.

4.3.2 Macro-etching

Three macro-etch specimens are to be prepared in accordance with Fig. 4.2. A suitable etchant for this purpose is:

- 5 g iron (III) chloride,

- 30 ml hydrochloric acid (conc.),
 - 100 ml water.
- Pores greater than 3 mm and cracks are not permitted.

4.3.3 Mechanical Testing

Two tensile test specimens are to be prepared as shown in Figs. 4.2 and 4.3.3. The results of the tensile strength are to be in accordance with Table 4.3.3. In well-justified cases PRS may agree to the determination of tensile strength using alternative tensile test specimens conforming to recognized standards.

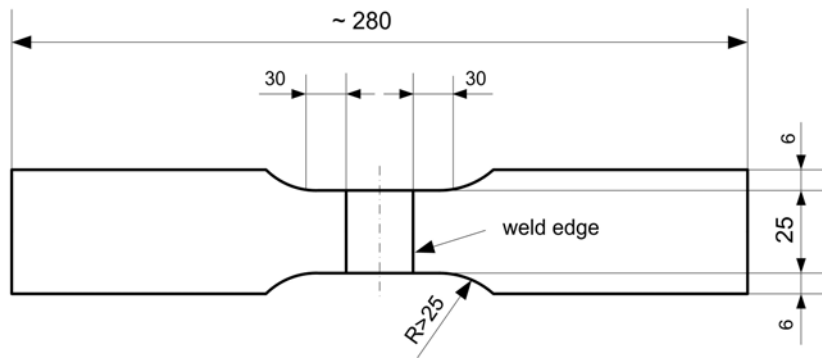


Fig. 4.3.3 Flat tensile test specimen

Table 4.3.3
Required tensile strength values

Alloy type	Tensile strength [MPa], min
Cu 1	370
Cu 2	410
Cu 3	500
Cu 4	550