

SILNIKI O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM	NORMA BRANŻOWA	<u>BN-81</u> 1343-03
	Silniki okrętowe główne	
	GÓRNA CZĘŚĆ TŁOKA Badania metodą ultradźwiękową	Grupa katalogowa 0544

## 1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są badania ultradźwiękowe stalowych górnych części tłoków silników okrętowych napędu głównego typu RN-M/RN/RD, dla określenia wielkości i lokalizacji wad wewnętrznych oraz ocena jakości górnej części tłoków na podstawie analizy wyników badań.

1.2. Zakres stosowania normy. Postanowienia normy należy stosować do kontroli jakości odlewów górnych części tłoków:

- a/ u producenta odlewów,
- b/ u producenta silników,
- c/ dla badań w ramach ekspertyz.

1.3. Okreslenia - zgodnie z PN-66/H-83105, PN-76/M-70050 i BN-79/1340-09.

## 2. APARATURA BADAWCZA I WZORCE

2.1. Defektoskop. Badanie ultradźwiękowe górnych części tłoków należy przeprowadzać defektoskopem ultradźwiękowym typ 510 firmy Unipan lub innym po przeprowadzeniu badań sprawdzających za pomocą wzorca przedstawionego na rys. 1 /rysunek wykonawczy/ i rys. 2 /rysunek grawerski/.

2.2. Głowice. Badanie ultradźwiękowe należy przeprowadzać przy użyciu głowic:

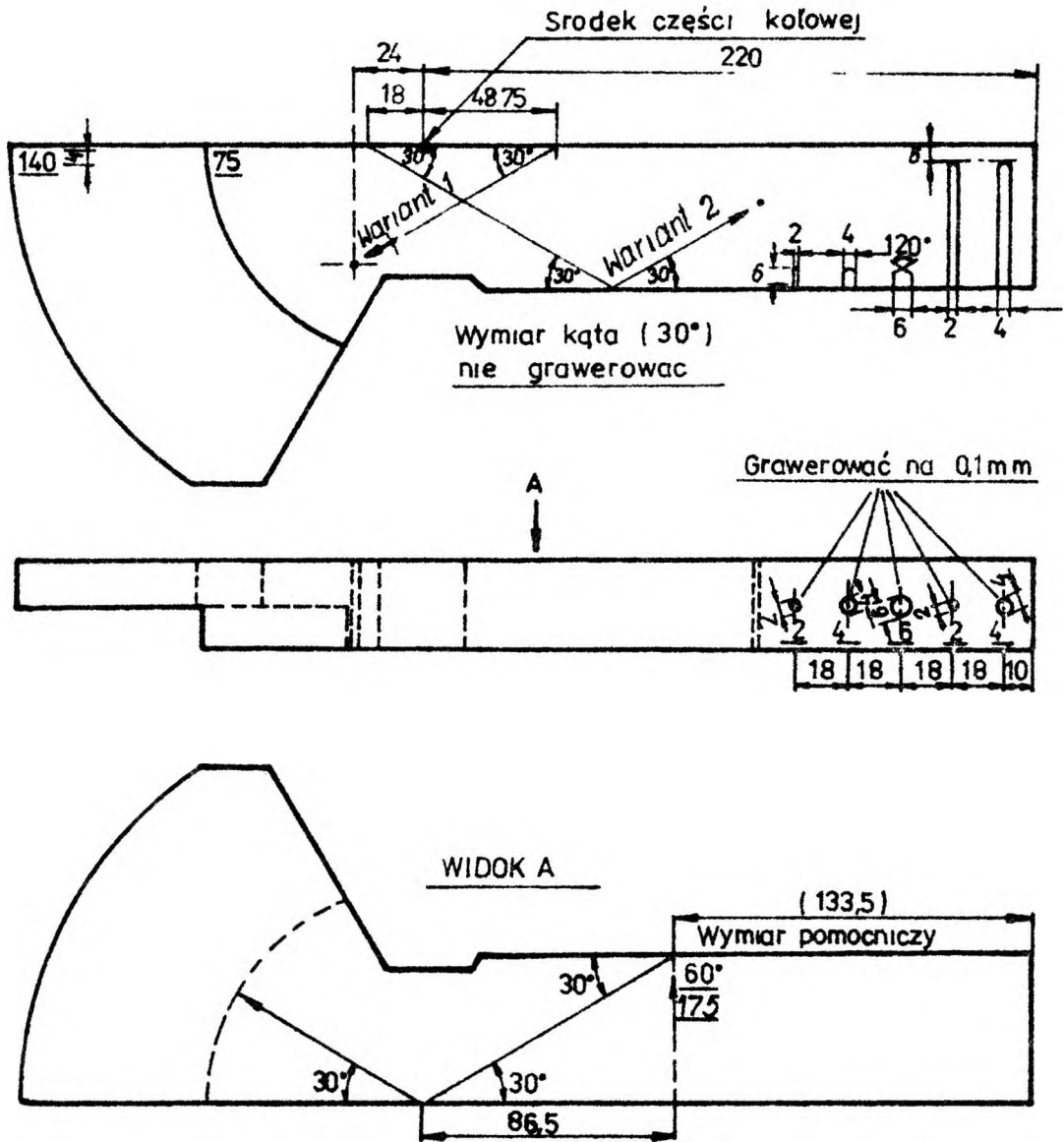
- 4 MHz o średnicy 25 mm,
- 10 MHz o średnicy 5 mm,
- 2 MHz głowica skośna o kącie 60°.

2.3. Wzorce kontrolne. Wzorzec kontrolny nr 1 wykonany wg rys. 1 i 2 należy stosować przy określaniu parametrów badania oraz interpretacji wyników badania górnych części tłoków.

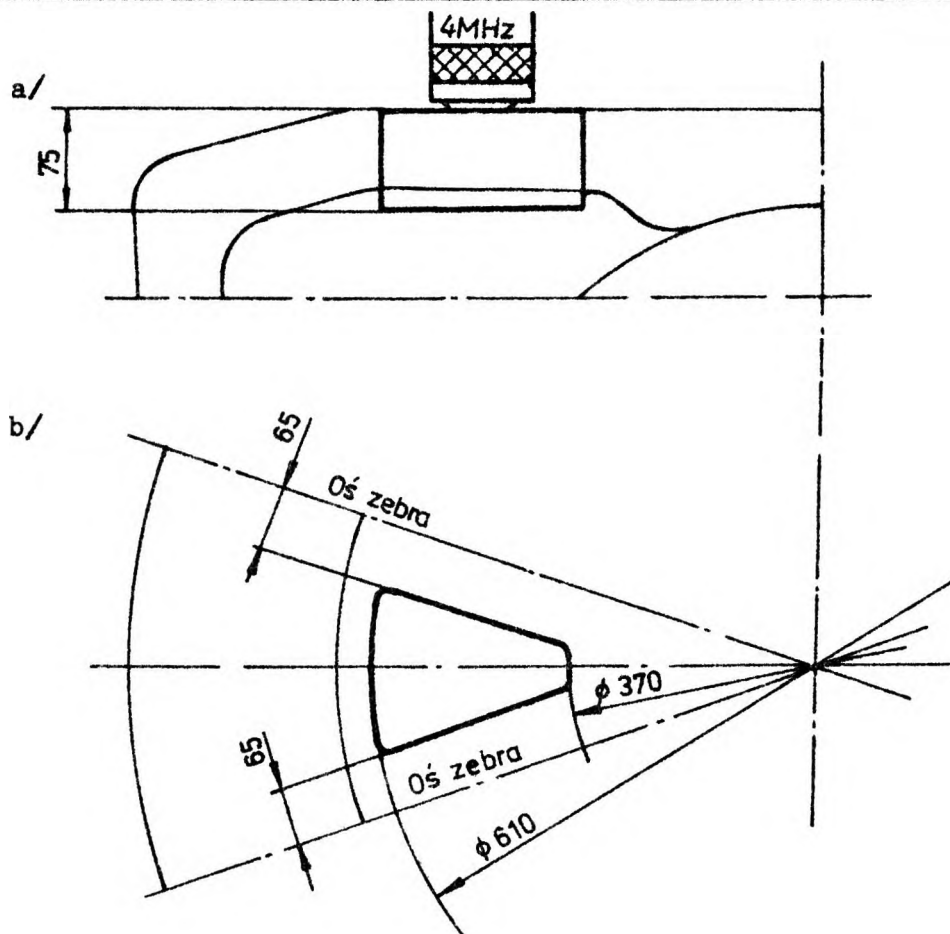
Zgłoszona przez Zakłady Przemysłu Metalowego H.Cegielski - Poznań  
Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Taboru Kolejowego  
dnia 23 grudnia 1981 r. jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1982 r.

/Dz.Norm. i Miar nr      poz.      /





Rys. 2. Wzorzec kontrolny nr 1  
/wskazówki dla prac grawerskich/



Rys. 3. Wzorzec kontrolny nr 2

- a/ Wskazanie miejsca przyłożenia głowicy
- o/ Wymiary określające płaszczyznę między zębami służącą do ustalenia parametru wzmocnienia

**2.4. Szablony.** Do wyznaczenia stref badania ultradźwiękowego na powierzchni tłoka od strony komory spalania należy stosować szablony wykonane oddzielnie dla każdego typu tłoka. Strefa badania ultradźwiękowego obejmuje obszar między zębami o prawie niezmienną grubości ścianki denka tłoka. Szablony wykonac należy z blachy aluminiowej lub stopu aluminium o grubości 1 mm. Szablony należy wykonać dla każdego typu tłoka oddzielnie ze względu na inne rozmieszczenie zębier usztywniających denko tłoka <sup>1/</sup>.

**2.5. Osrodek sprzęgający** podczas badania ultradźwiękowego stanowi olej wrzecionowy.

**2.6. Kontrola aparatury.** Kontrolę defektoskopu ultradźwiękowego i głowic należy przeprowadzić zgodnie z PN-75/M-70051.

<sup>1/</sup> Patrz Informacje dodatkowe p. 7

### 3. PRZYGOTOWANIE DO BADAŃ

3.1. Stan górnej części tłoka. Górna część tłoka przed badaniem ultradźwiękowym powinna być poddana obróbce cieplnej, sprawdzeniu własności mechanicznych, obróbce mechanicznej przynajmniej w zakresie wymaganym do przeprowadzenia badania ultradźwiękowego i kontroli jakości powierzchni.

Wyniki poszczególnych zabiegów i badań powinny być zgodne z wymaganiami określonymi w dokumentacji technicznej górnej części tłoka.

Badana powierzchnia górnej części tłoka powinna mieć chropowatość  $Ra \leq 6,3 \mu m$ , a przeciwległa powierzchnia do badanej /od strony chłodzenia tłoka/ powinna być gładka, odpowiadająca przynajmniej klasie chropowatości Cđ0 wg PN-75/H-33140.

3.2. Personel przeprowadzający badanie. Badanie ultradźwiękowe górnej części tłoka powinno być przeprowadzone przez pracownika przeszkolonego w zakresie prowadzenia badań ultradźwiękowych i posiadającego wymagane uprawnienia.

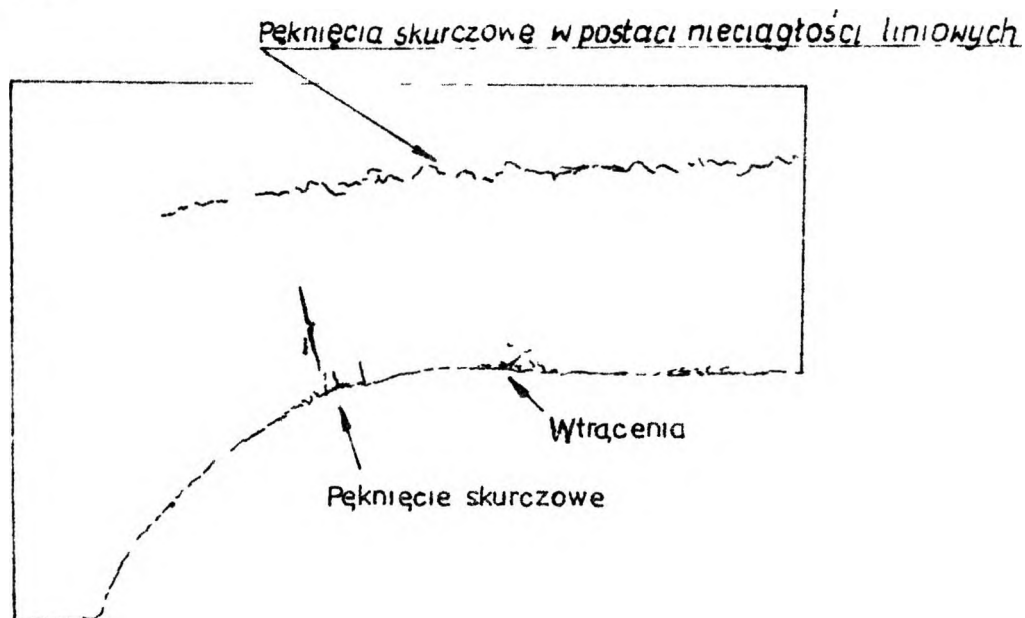
### 4. WADY WYKRYWANE

Wady występujące w odlewach górnych części tłoka, wykrywane badaniem ultradźwiękowym, ze względu na metody badań dzieli się na trzy grupy:

a/ Pęknięcia skurczowe<sup>1/</sup> w postaci nieciągłości liniowych i gruboziarnistość struktury denka tłoka. Przykład takiej wady pokazano na rys. 4.

b/ Nieciągłości materiałowe w postaci pęcherzy, porowatości, zaplacień, zazuzleń oraz obcych metali w denku tłoka.

c/ Pęknięcia skurczowe<sup>1/</sup> w podstawach zeber tłoka. Przykład takiej wady podano na rys. 4.



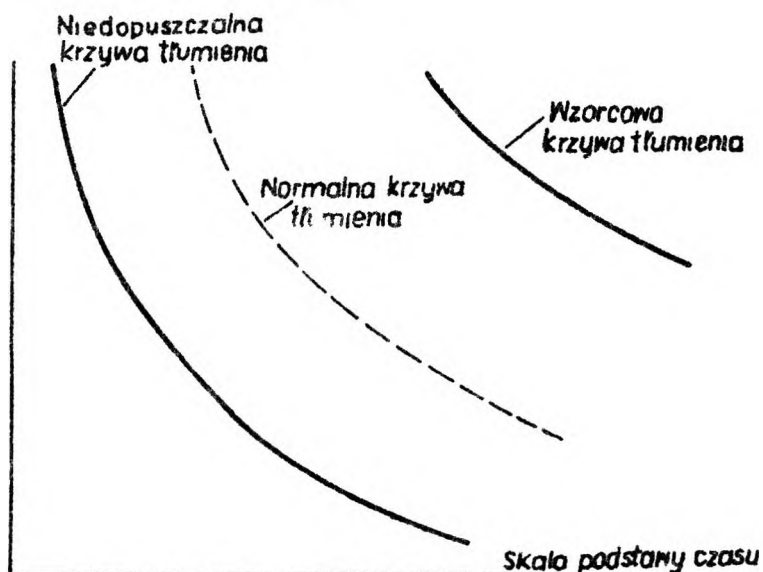
Rys. 4. Schemat rozmieszczenia wad wewnętrznych w przekroju górnej części tłoka

<sup>1/</sup> Pęknięcie skurczowe jako wada wewnętrzna należy do wady typu jama usadowa wg PN-66/A-83105.

## 5. KRYTERIA OCENY JAKOŚCI GÓRNEJ CZĘŚCI TŁOKA

### 5.1. Pęknięcia skurczowe w postaci nieciągłości liniowych i gruboziarnistość.

Podczas badania ultradźwiękowego nie powinny występować impulsy poniżej niedopuszczalnej krzywej tłumienia - wg rys. 5.

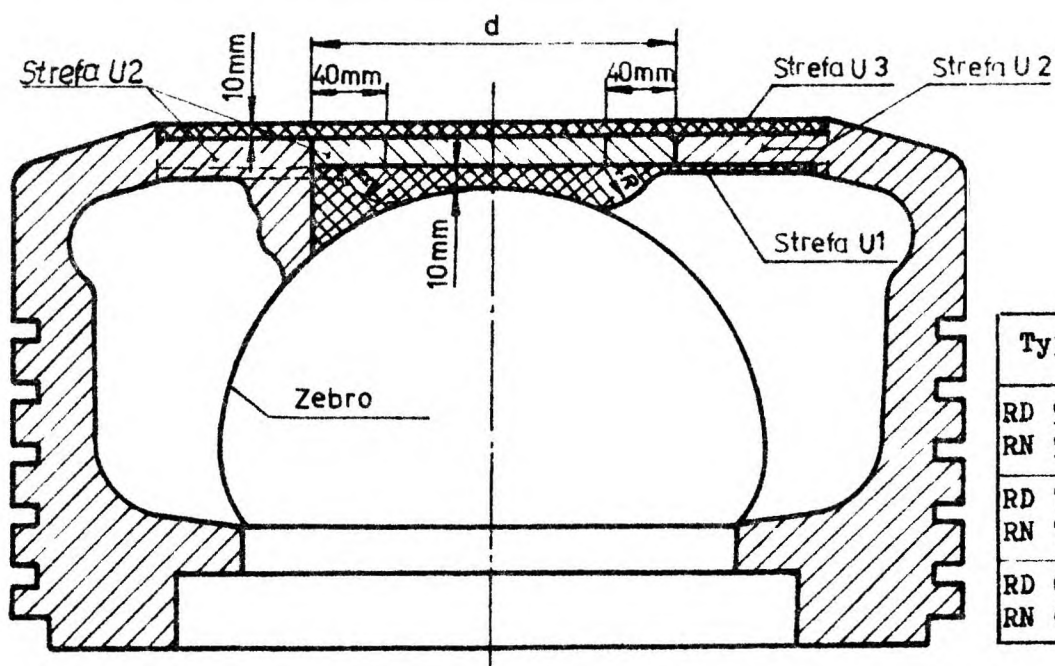


Rys. 5. Krzywe tłumienia w skali 1:1

5.2. Nieciągłości materiałowe w postaci pęcherzy, porowatości, zaplasczeń, zazuzleń oraz obcych metali - wg tabl. 1 i 2 oraz rys. 6.

5.3. Pęknięcia skurczowe - wg tabl. 1 i 2 oraz rys. 6.

W części strefy U2 o ograniczonej średnicy  $d$  nie dopuszcza się pęknięć skurczowych w postaci nieciągłości liniowych.



Rys. 6. Rozmieszczenie stref w górnej części tłoka

Tablica 1 <sup>2/</sup>

Rodzaj wady		Strefa U1	Strefa U2	Strefa U3
A	Pęcherze porowatości	Klasa III	Klasa III /IV/ <sup>1/</sup>	Klasa III
B	Zazúżenia i zapiaszczenia	Klasa III	Klasa III /IV/ <sup>1/</sup>	Klasa III
C	Pęknięcia skurczowe	Klasa I Niedopuszczalne są zadne pęknięcia skurczowe	Dopuszczalne jedno pęknięcie skurczowe o wymiarach maksymalnych: wysokość 10 mm, szerokość 15 mm na jedną podstawę zebra /w kierunku obwodowym/	Klasa I Niedopuszczalne są zadne pęknięcia skurczowe
F	Obcy metal	Niedopuszczalne	Niedopuszczalne	Niedopuszczalne

1/ Klasa IV dopuszczalna jako przypadek graniczny z zastrzeżeniem, że strefy wadliwe nie są razem większe niż maksymalnie 2 % powierzchni tłoka, to jest dla:  
 RN-M /RN/RD 90: 160 cm<sup>2</sup> RN-M /RN/RD 76: 90 cm<sup>2</sup> RN-M /RN/RD 68: 70 cm<sup>2</sup>

Tablica 2 <sup>2/</sup>

Klasa Wzorzec	I	II	III	IV	V
<b>Pęcherze i porowatości</b>					
A1	g	a	a	a	a
A2	u	g	a	a	a
A3	u	u	g	a	a
A4	u	u	u	g	a
A5	u	u	u	u	g
A6	u	u	u	u	u
<b>Zazúżenia i zapiaszczenia</b>					
B1	g	a	a	a	a
B2	u	g	a	a	a
B3	u	u	g	a	a
B4	u	u	u	g	a
B5	u	u	u	u	g
B6	u	u	u	u	u
<b>Pęknięcia skurczowe</b>					
C1	g	a	a	a	a
C2	u	g	a	a	a
C3	u	u	g	a	a
C4	u	u	u	g	a
C5	u	u	u	u	g
C6	u	u	u	u	u

a - wady dopuszczalne  
 g - przypadek graniczny  
 u - wady niedopuszczalne

## 6. TECHNIKA BADANIA I OCENA WYNIKÓW BADAŃ

6.1. Zakres badań. Badaniom ultradźwiękowym podlega każda górna część tłoka. Strefy badań ultradźwiękowych pokazano na rys. 6.

### 6.2. Zakres stosowania metod badań

6.2.1. Badanie ultradźwiękowe metodą tłumienia fala podłużną. Metoda ta stosowana jest do wykrywania pęknięć skurczowych w postaci nieciągłości liniowych i gruboziarnistości w strefie między zebrami i w środkowej części denka tłoka.

6.2.2. Badanie ultradźwiękowe metodą echa fala podłużną. Metoda ta stosowana jest do wykrywania pęcherzy, porowatości, zapiaszczeń, zażużeń oraz obcego metalu w zakresie całego denka tłoka.

6.2.3. Badanie ultradźwiękowe metodą echa fala poprzeczną. Metoda ta stosowana jest do wykrywania pęknięć skurczowych w podstawach żeber wzmacniających.

### 6.3. Opis badań

#### 6.3.1. Badanie metodą tłumienia fala podłużną

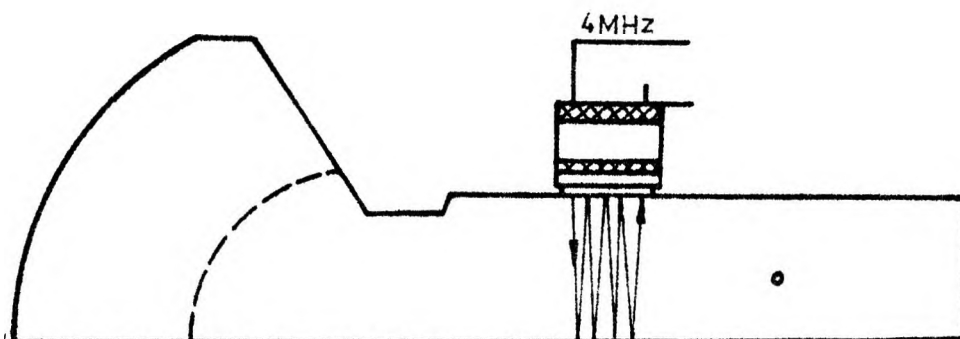
6.3.1.1. Przygotowanie górnej części tłoka. Na denko górnej części tłoka przyłożyć szablon odpowiadający typowi tłoka. Jako bazę prawidłowego przyłożenia szablonu przyjmuje się otwory wejścia i wyjścia wody chłodzącej tłok. Do centrycznego ustawienia szablonu służą gwintowane otwory śrub transportowych. Po umieszczeniu szablonu na powierzchni denka należy mazakiem zwilżonym tuszem traserskim odrysować kontury podstaw zeber, stref między zebrami i środkową część denka /która posiada prawie równoległe ściany/, wyznaczając w ten sposób strefę badań.

6.3.1.2. Dobór głowic. Badanie przeprowadza się głowicą 4 MHz o średnicy 25 mm.

6.3.1.3. Skalowanie podstawy czasu. Na ekranie lampy oscyloskopowej należy zamocować tablicę z krzywymi tłumienia wg rys. 5, wykonaną z przezroczystego materiału.

Skalowanie podstawy czasu przeprowadza się przez przyłożenie głowicy do wzorca nr 1 wg rys. 1 w miejscu gdzie jego grubość wynosi 50 mm. Następnie ustawia się czwarty impuls na cyfrze 10 znajdującej się na ekranie lampy oscyloskopowej. Pokrętło "zasięgu" należy przełączyć na cyfrę 20. Przyłożenie głowicy do wzorca pokazane jest na rys. 7.





Rys. 7. Sposób i miejsce przyłożenia głowicy

6.3.1.4. Skalowanie wzmocnienia. przeprowadza się przez przyłożenie głowicy do wzorca nr 2 w miejscu pokazanym na rys. 3 a/. Następnie reguluje się wzmocnienie tak, aby wysokość impulsów wielokrotnych zmniejszała się wzdłuż wzorcowej krzywej tłumienia.

6.3.1.5. Sposob prowadzenia głowicy. Dla ujawnienia wad określonych w p. 4 a/ należy głowicę prowadzić zygzakiem - promieniowo, w strefie wyznaczonej szablonem między żebrami i w środkowej części denka. Gęstość przesuwu powinna zapewniać całkowitą penetrację wyznaczonych stref.

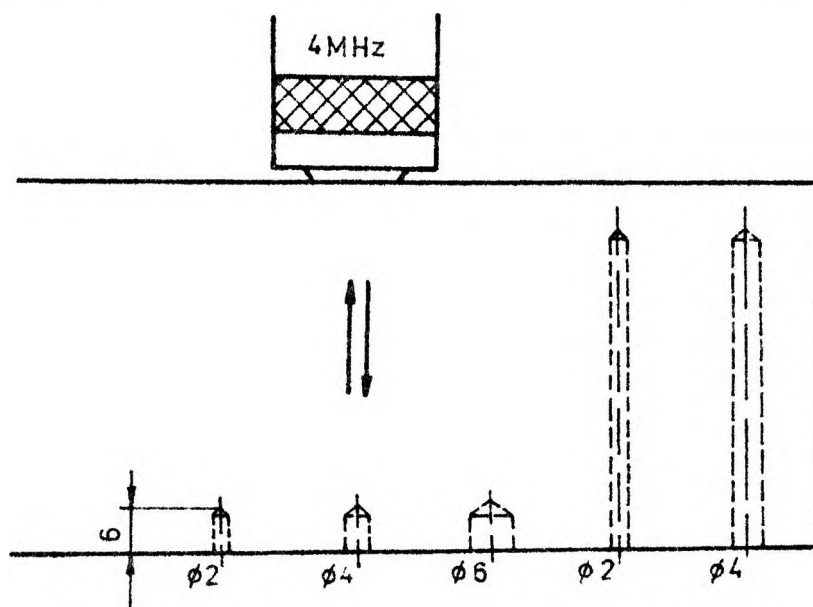
6.3.1.6. Rejestracja wyników badania. W czasie badania należy obserwować ekran lampy oscyloskopowej i w przypadku ujawnienia obniżenia się impulsów poniżej krzywej niedopuszczalnej należy mazakiem wyznaczyć strefę, w której nastąpiły obniżenia impulsów w stosunku do krzywej wzorcowej i normalnej. Na podstawie uzyskanych na ekranie lampy oscyloskopowej wskazań rejestruje się obszary występowania wad.

## 6.3.2. Badanie metodą echa falą podłużną

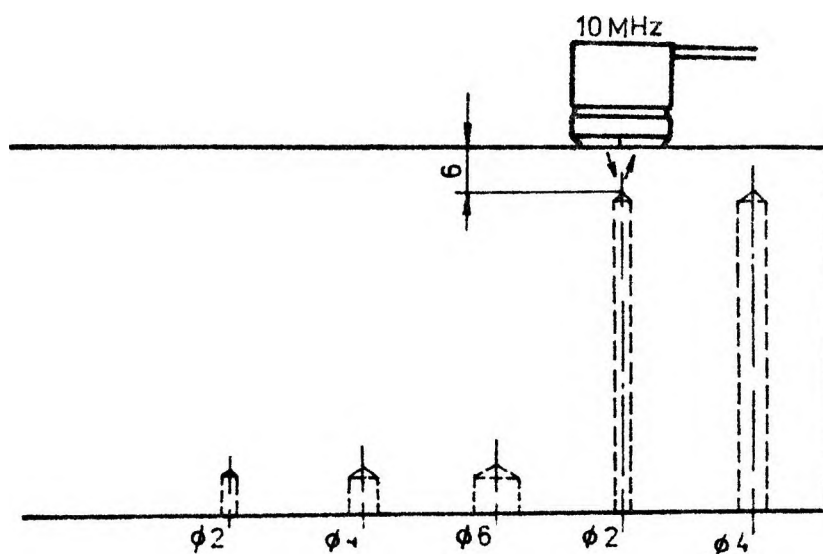
6.3.2.1. Przygotowanie górnej części tłoka - wg p. 6.3.1.1.

6.3.2.2. Dobór głowicy. Badanie przeprowadza się głowicą 4 MHz o średnicy 25 mm i 10 MHz o średnicy 5 mm.

6.3.2.3. Skalowanie podstawy czasu. Za pomocą wzorca kontrolnego nr 1 wg rys. 1 tak ustawić zakres, aby otrzymać na ekranie lampy oscyloskopowej tylko jeden impuls odbicia, przy przyłożeniu głowicy 4 MHz wg rys. 8 i głowicy 10 MHz wg rys. 9.



Rys. 8. Sposób i miejsce przyłożenia głowicy



Rys. 9. Sposób i miejsce przyłożenia głowicy

**6.3.2.4. Skalowanie wzmocnienia.** Głowicę 4 MHz przyłożyć na wzorcu w miejscu pokazanym na rys. 8. Wysokość impulsu od otworu  $\phi 4$  mm tak regulować aby wynosiła 50 mm.

Głowicę 10 MHz przyłożyć na wzorcu w miejscu pokazanym na rys. 9. Wysokość impulsu od otworu  $\phi 2$  mm tak regulować aby wynosiła 30 mm.

**6.3.2.5. Sposób prowadzenia głowicy.** Dla ujawnienia wad wymienionych w p.4b/ głowicę należy prowadzić promieniowo - zygzakiem po całej powierzchni strefy badań denka tłoka. Gęstość przesuwu powinna zapewniać całkowitą penetrację przekroju denka tłoka.

Badanie prowadzi się głowicą 4 MHz, a w przypadku uzyskania impulsu odbicia od wady dla dokładniejszego ustalenia wielkości wady lub obszaru jej występowania badanie prowadzi się głowicą 10 MHz.

6.3.2.6. Rejestracja wyników badania. Położenie wady na przekroju denka tłoża rejestruje się na podstawie uzyskanych podczas badania wyników na ekranie lampy oscyloskopowej.

Rejestrację głębokości wady należy przeprowadzić na podstawie odczytu na skali podstawy czasu.

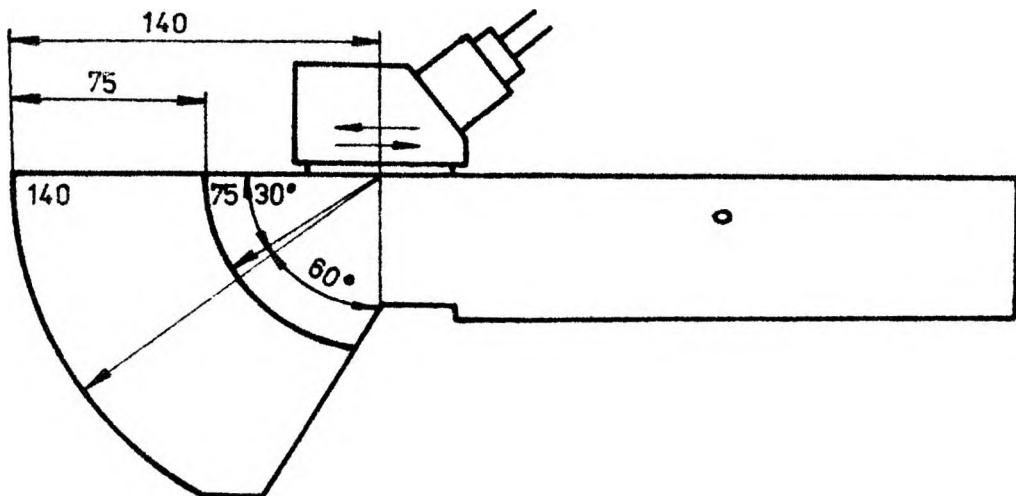
Rejestrację wielkości wady należy przeprowadzić poprzez porównanie wysokości impulsu otrzymanego od wady w tłożu z wysokością impulsu od sztucznej wady na wzorcu nr 1 wg rys. 1 zgodnie z rys. 8 i 9.

### 6.3.3. Badanie metodą echa falą poprzeczną

#### 6.3.3.1. Przygotowanie górnej części tłoża - wg p. 6.3.1.1.

6.3.3.2. Dobór głowicy. Badanie prowadzi się głowicą skośną 2 MHz o kącie  $60^\circ$ .

6.3.3.3. Skalowanie podstawy czasu. Głowicę przyłożyć na wzorcu nr 1 w miejscu pokazanym na rys. 10



Rys. 10. Sposób i miejsce przyłożenia głowicy

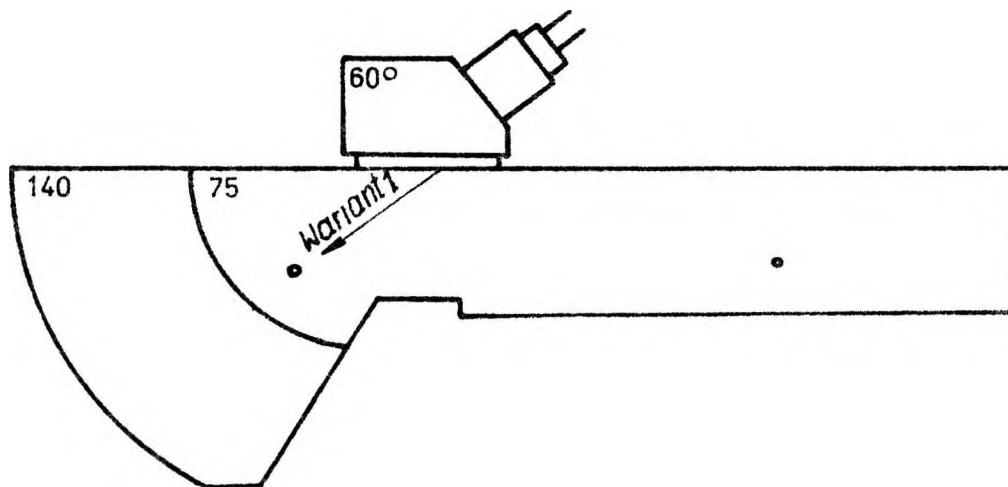
Głowicę przesuwając po wzorcu do miejsca uzyskania maksymalnej wysokości odbici od krawędzi o promieniu 75 mm i 140 mm. Następnie tak regulować podstawę czasu aby impulsy znalazły się na skali podstawy czasu na podziałce 37,5 i 70, przy przełączonym "zasięgu" na cyfrę 20.

6.3.3.4. Skalowanie wzmocnienia. Sposób przyłożenia głowicy do wzorca nr 1 wg rys. 1 podczas skalowania wzmocnienia pokazany jest na rys. 11 - wariant 1 i rys. 12 - wariant 2.

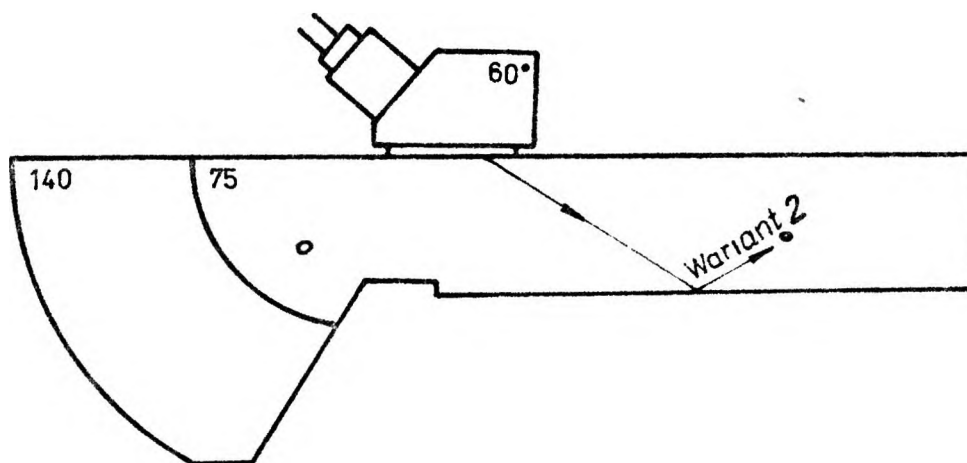
Wysokość impulsu powinna wynosić:

przy wariacie 1 - 65 mm,

przy wariacie 2 - 45 mm.

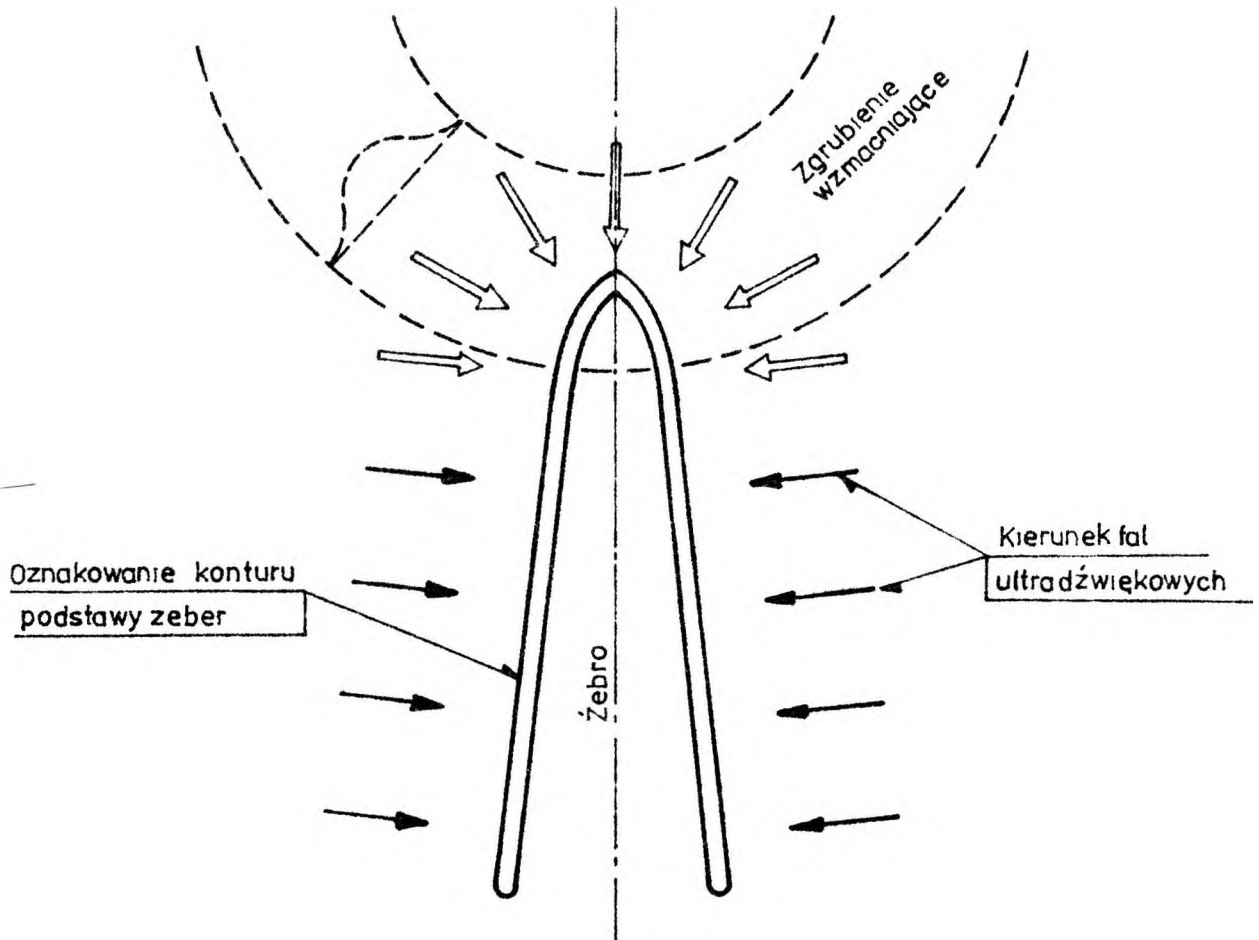


Rys.11. Sposób i miejsce przyłożenia głowicy



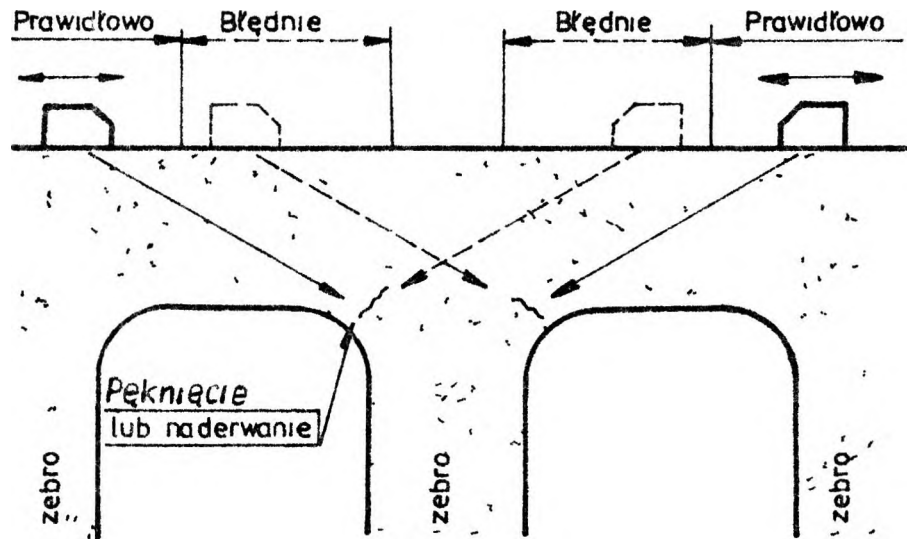
Rys.12. Sposób i miejsce przyłożenia głowicy

6.3.3.5. Sposób prowadzenia głowicy. Na denku tłoka głowicę należy tak prowadzić aby kierunek wysyłanych przez nią fal ultradźwiękowych był zawsze prostopadły do konturu żeber, co schematycznie przedstawiono na rys. 13. Ze względu na trudności ujawniania pęknięć skurczowych i naderwań należy w strefie zaznaczonej na rys. 13 pełnymi strzałkami głowicę prowadzić szczególnie starannie.



Rys. 13. Sposób prowadzenia głowicy

Głowicę należy prowadzić tak, aby badaniu podlegała podstawa zebra położona bliżej głowicy - wg rys. 14.



Rys. 14. Sposób prowadzenia głowicy

6.3.3.6. Rejestracja wyników. Położenie wady w przekroju denka tłka u podstawy zebra ustala się po przeliczeniu wg poniższych wzorów. Lokalizację wady oblicza się wg wzoru:

$$Y = a \cdot \cos 60^\circ \quad [ 1 ]$$

w którym:

Y - odległość wady od środka głowicy /mierzona po powierzchni tłka/,  
 a - wartość odczytana na ekranie z podziałki podstawy czasu, nad którą uzyskano impuls odbicia od wady /po skalowaniu wg p. 6.3.3.3./

Głębokość zalegania wady oblicza się wg wzoru:

$$X = a \cdot \sin 60^\circ \quad [ 2 ]$$

w którym

X - odległość wady od powierzchni denka tłka /w głąb/.

#### 6.4. Ocena wyników badań

6.4.1. Ocena jakości górnej części tłka na podstawie badania ultradźwiękowego metodą tłumienia falą podłużną. Górna część tłka spełnia wymagania normy jeżeli wysokość impulsów osiąga normalną krzywą tłumienia wg rys. 5. Tłok nie spełnia wymagań normy jeżeli wielokrotne odbicia impulsów sięgają poniżej niedopuszczalnej krzywej tłumienia. W przypadku występowania gęsto usytuowanych niskich impulsów na skali podstawy czasu na ekranie lampy oscyloskopowej /trawki/ przy zwiększonym wzmocnieniu wnioskuje się, że obniżenie impulsów poniżej niedopuszczalnej krzywej tłumienia spowodowane jest istnieniem drobnych pęcherzy, co również dyskwalifikuje górną część tłka.

6.4.2. Ocena jakości górnej części tłoka na podstawie badań ultradźwiękowych metodą echa falą podłużną. Górna część tłoka jest dobra, jeżeli spełnione są wymagania podane w p. 5.2.

6.4.3. Ocena jakości górnej części tłoka na podstawie badań ultradźwiękowych metodą echa falą poprzeczną. Górna część tłoka jest dobra, jeżeli spełnione są wymagania podane w p. 5.3.

#### 6.4.4. Zalecenia dodatkowe

W przypadku uzyskania niejednoznacznych wyników badania ultradźwiękowego, należy przeprowadzić badanie radiologiczne w miejscu niezidentyfikowanych wskazań.

6.4.5. Zaświadczenie o wynikach badania. Wyniki badania ultradźwiękowego należy zapisać na "Karcie kontroli" wg załącznika. Karty kontroli powinny być tak opracowane aby schemat rozkładu zeber był zgodny z dokumentacją techniczną.

### 7. POSTĘPOWANIE Z GÓRNYMI CZĘŚCIAMI TŁOKÓW UZNANYMI ZA NIEZGODNE Z WYMAGANIAMI NORMY

Górne części tłoków, nie spełniające wymagań normy, mogą być naprawione zgodnie z Instrukcją napraw wad odlewniczych nr 7359644.

Jezeli po naprawie górna część tłoka poddana ponownemu badaniu ultradźwiękowemu będzie spełniała wymagania niniejszej normy, należy ją zakwalifikować jako pełnowartościową.

Górne części tłoków, nie spełniające wymagań niniejszej normy należy zabrakować.

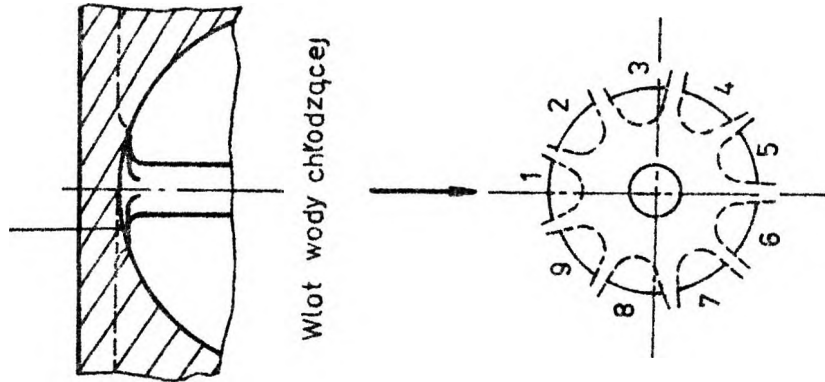
K O N I E C

Załącznik 1

Informacje dodatkowe

<p>Górna część tłoka</p>	<p>Silnik nr: .....</p> <p>Tłok nr: .....</p> <p>Wytop nr: .....</p>
--------------------------	--

KARTA KONTROLI METODĄ ULTRADŹWIĘKOWĄ



1. Ocena wyników badania metodą tłumienia falą podłużną:

.....

.....

.....

.....

2. Ocena wyników badania metodą echa falą podłużną:

.....

.....

.....

.....

3. Ocena wyników badania metodą echa falą poprzeczną:

.....

.....

.....

.....

	nazwisko	podpis	data
badający			
oceniający			
Ocena ogólna tłoka			
	nazwisko	podpis	data



INFORMACJE DODATKOWE1. Instytucja opracowująca normę - Zakłady Przemysłu Metalowego

H.Cegielski - Poznań.

2. Normy i dokumenty związane

PN-66/H-04507	Oznaczanie wielkości ziarna metali
PN-66/H-83105	Odlewy. Nazwy i klasyfikacja wad
PN-75/H-83140	Odlewy z żeliwa i staliwa. Ocena chropowatości powierzchni surowych
PN-75/H-84019	Stal węglowa konstrukcyjna wyższej jakości ogólnego przeznaczenia. Gatunki
PN-76/M-70050	Badania nieniszczące. Metody ultradźwiękowe. Nazwy i określenia
PN-75/M-70051	Badania nieniszczące metodami ultradźwiękowymi. Wzorzec kontrolny W1
BN-79/1340-09	Silniki wysokoprężne okrętowe i kolejowe. Tłoki. Podział i nazwy
-	Przepisy Polskiego Rejestru Statków
7359644	Instrukcja napraw wad odlewniczych

3. Normy i dokumenty zewnętrzne

USA ASTM E 446-78	Reference radiograph for steel castings up to 2 in in thickness ASTM designation: E 446 volume 1 - medium voltage /250kVP/ X - ray
-	Przepisy Towarzystw Klasyfikacyjnych

4. Podstawa do opracowania tabl. 1 i 2 normy - ASTM E 446-785. Autorzy projektu normy

mgr inż. Janina Rogoziewicz i techn. Alojzy Kwieciak - Zakłady Przemysłu Metalowego H.Cegielski - Poznań;

mgr inż. Konrad Heppel - Ośrodek Badawczo - Rozwojowy Wysokoprężnych Silników Okrętowych i Kolejowych przy Zakładach Przem. Met. H.Cegielski-Poznań.

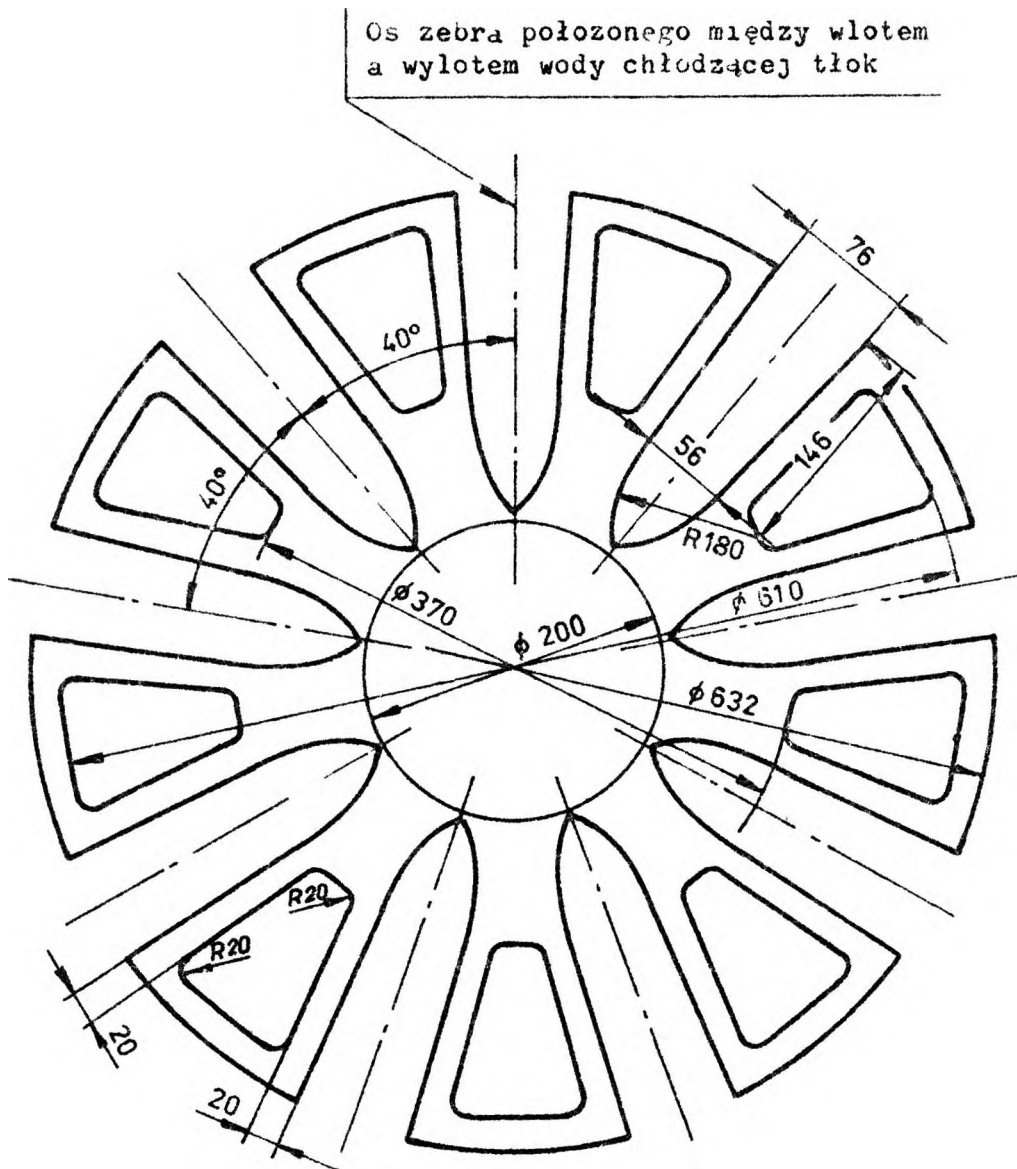
6. Wzorce kontrolne

a/ wzorzec kontrolny nr 1 /rys. 1 i 2/ należy wykonać ze stali konstrukcyjnej węglowej w gatunku 15 wg PN-75/H-84019 - normalizowanej. Wszystkie krawędzie załamane max. 0,5. Otwory powinny być prostopadłe do powierzchni i powinny leżeć w jednej osi. Należy zastosować materiał sprawdzony ultradźwiękiem. Zaznaczone strzałkami drogi dźwięku, otwory nieprzelotowe, jak również wszystkie podkreślone wymiary powinny być grawerowane na wzorcu i zapuszczone czarną farbą.

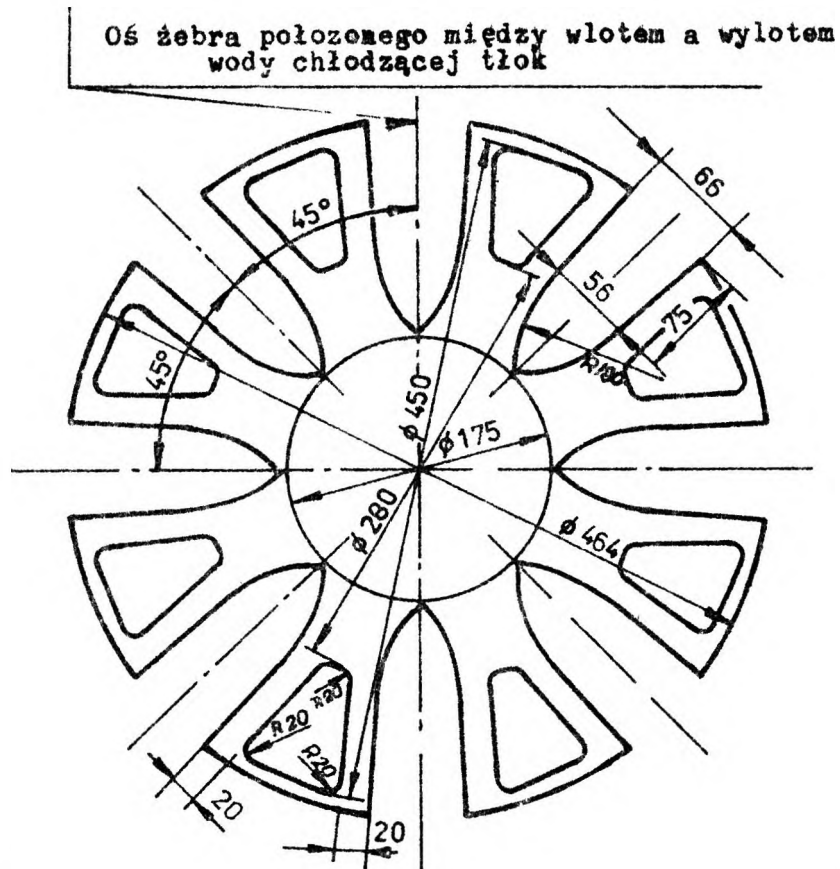
b/ wzorzec kontrolny nr 2 /rys. 3/ powinien odwzorowywać rzeczywisty kształt i stan powierzchni surowych denka tłoka pomiędzy żebrami. Wymiary od strony obróbranej denka powinny odpowiadać wymiarom wycięć międzyzebrowych analogicznie jak w szablonach, pokazanych dla odpowiednich typów na rys. I-1, I-2 i I-3. Wymiary wzorca dla silnika RN 90 /M/ podano na rys. 3b. Materiał wzorca powinien być identyczny z materiałem górnej części tłoka oraz powinien być obróbyony cieplnie wg tych samych warunków, a ponadto:

- powinien być wolny od nieciągłości liniowej i innych wad wewnętrznych,
- wielkość ziarna powinna mieć numer nie mniejszy niż 6 wg PN-66/H-04507.

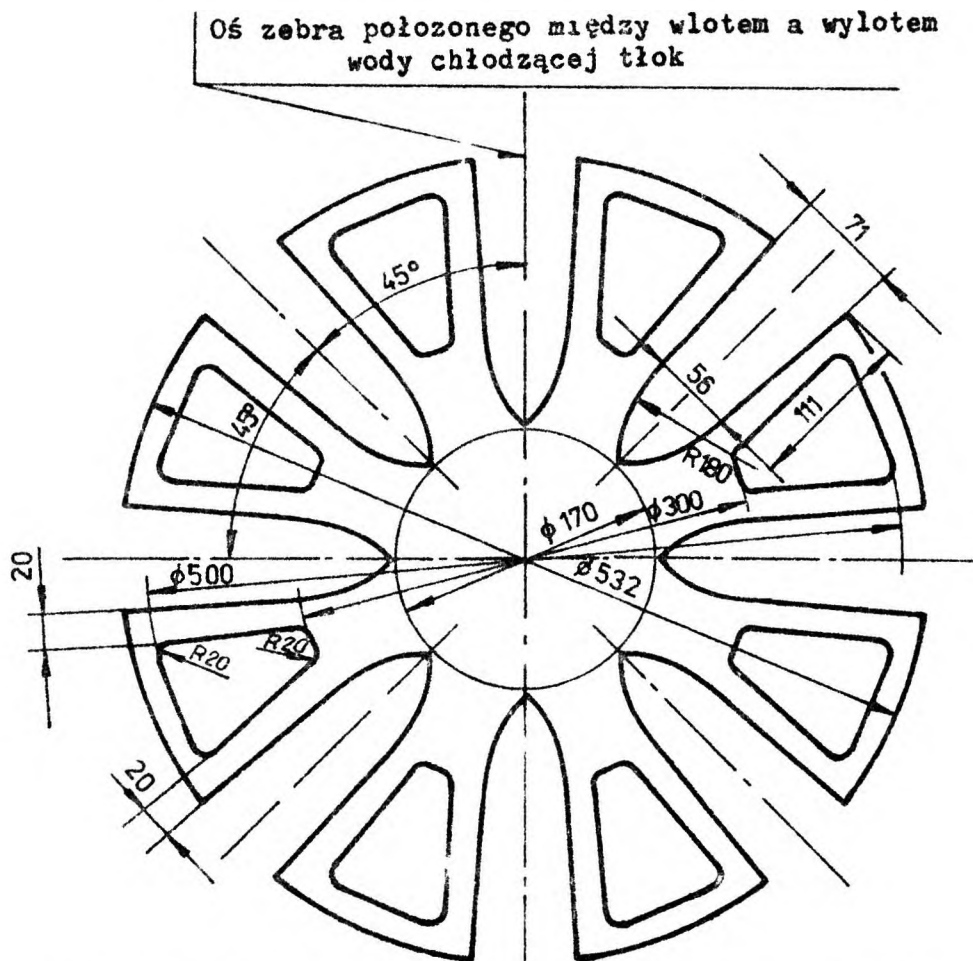
7. Przykłady szablonów wykonanych dla górnych części tłoków podano na rys. I-1, I-2 i I-3.



Rys. I-1. Szablon do odwzorowania konturów zeber i wyznaczania stref badania ultradźwiękowego - silnik RN 90 /M/



Rys. I-2. Szablon do odwzorowania konturów żeber i wyznaczania stref badania ultradźwiękowego - silnik RN 68 /M/



Rys. I-3. Szablon do odwzorowania konturów żeber i wyznaczania stref badania ultradźwiękowego - silnik RN 76 /M/