

**KATEDRA TECHNOLOGII MASZYN
I AUTOMATYZACJI PRODUKCJI**

ĆWICZENIE NR 1

TEMAT ĆWICZENIA:

SPRAWDZANIE PŁYTEK WZORCOWYCH

ZADANIA DO WYKONANIA:

1. Ustalić klasę dokładności sprawdzanych płytek wzorcowych na podstawie:
 - a) przywieralności powierzchni pomiarowych,
 - b) odchylenia od płaskości,
 - c) błędu długości środkowej i zakresu rozrzutu długości.

WIADOMOŚCI OGÓLNE O PŁYTKACH WZORCOWYCH

Płytki wzorcowe są jednomiarowymi końcowymi wzorcami długości. W zakładach przemysłowych są podstawowymi wzorcami długości, służą do sprawdzania i nastawiania uniwersalnych przyrządów mierniczych, sprawdzianów i przeciw sprawdzianów oraz dokładnych pomiarów długości. Wykorzystane są również do dokładnych robót traserskich, nastawiania obrabiarek oraz sprawdzania i nastawiania przyrządów optycznych.

Płytki wzorcowe mają kształt prostopadłościanów i wykonane są najczęściej ze stali chromowej, np. ŁH15. Po odpowiedniej obróbce cieplnej oraz mechanicznej powinny mieć twardość nie mniejszą niż 62 HRC, a chropowatość powierzchni mierniczych odpowiadającą $R_a = 0,012 \div 0,025 \mu\text{m}$ - zależne od klasy dokładności.

Zalecane jest, aby współczynnik rozszerzalności cieplnej materiału płytki wynosił $\alpha = (11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ w zakresie temperatury $10 \div 30^\circ\text{C}$.

Dla zabezpieczenia stosu płytek stalowych przed uszkodzeniem lub nadmiernym zużyciem stosuje się zwykle na brzegach dwie płytki ochronne (1mm), wykonane z węglików spiekanych.

Ostatnio produkowane są także płytki wzorcowe z materiałów ceramicznych (związki Zr). Zaletami takich płytek są:

- większa odporność na ścieranie niż stalowych i węglkowych,
- duża odporność na działanie ługu, oleju i innych środków korozyjnych,
- znacznie wyższa twardość niż stali ($\approx 1350\text{HV}$), duża odporność na uderzenia,
- współczynnik rozszerzalności cieplnej zbliżony do współczynnika rozszerzalności dla węglików spiekanych,
- nie wymagają konserwacji (odporne na korozję atmosferyczną),
- są niemagnetyczne, nie przewodzą prądu, są antystatyczne i nie przyciągają kurzu - mogą być stosowane w polu magnetycznym.

Płytki wzorcowe po raz pierwszy zostały wykonane i wykorzystane - jako wzorce - pod koniec XIX wieku w Szwecji przez C.E. Johanssona.

Komplet płytek wzorcowych znajduje się w drewnianym pudełku z osobnymi gniazdami dla każdej płytki. Dysponując odpowiednimi kompletami płytek można zestawić wymiary ze stopniowaniem nawet co 0,005 mm z tym, że częściej stosuje się stopniowanie co 0,01mm.

Tabela 1

Liczby płytek wzorcowych w kompletach

Nazwa kompletu	Symbol wg PN-83/M-53101	Liczba płytek w komplecie
Mały	MLAa	67
Średni	MLAb	76
Duży	MLAc	103
Duży rozszerzony	MLAr	112
Uzupełniający mikrometryczny	MLAd	18
Uzupełniający setkowy	MLAe	10
Uzupełniający mikrometryczny-setkowy	MLAs	38
Uzupełniający małe wymiary	MLAf	18
Uzupełniający duże wymiary	MLAg	5
Uzupełniający duże wymiary, rozszerzony	MLAt	8

WYMAGANIA METROLOGICZNE
wg PN – EN ISO 3650 : 2000

Płytki wzorcowe wykonywane są w czterech klasach K, 0, 1, i 2. Płytki wzorcowe klasy K są przeznaczone do wzorcowania innych płytek wzorcowych i powinny być zawsze stosowane łącznie ze świadectwem wzorcowania (wg dotychczas obowiązujących norm płytki wzorcowe były wykonywane również w klasie 00).

Długość l płytki wzorcowej jest to umownie odległość punktu powierzchni pomiarowej od płaskiej powierzchni płytki pomocniczej z tego samego materiału i o takiej samej strukturze powierzchni, do której przywiera druga powierzchnia pomiarowa. Długość powierzchni pomiarowej uwzględnia efekt przywierania powierzchni.

Długość środkowa l_c płytki wzorcowej jest to długość płytki wzorcowej określona w środku swobodnej powierzchni pomiarowej (l_c jest szczególnym przypadkiem długości l).

Odchylenie długości w dowolnym punkcie od długości nominalnej – **błąd długości w** – jest to algebraiczna różnica ($l - l_n$), gdzie l jest długością w rozpatrywanym punkcie, a l_n długością nominalną.

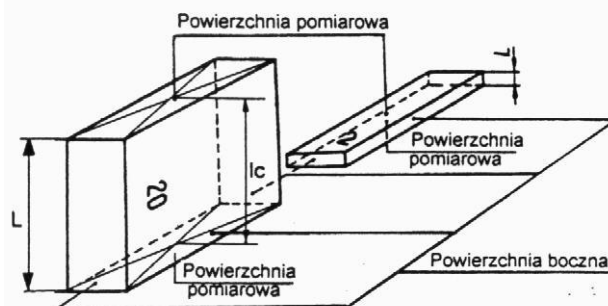
Odchylenie od płaskości f_a jest to minimalna odległość dwóch płaszczyzn równoległych, między którymi są zawarte wszystkie punkty powierzchni pomiarowej.

Zakres rozrzutu długości v jest to różnica między największą długością l_{max} a najmniejszą l_{min} . Jest ona równa sumie odchylen f_u i f_o od długości środkowej l_c .

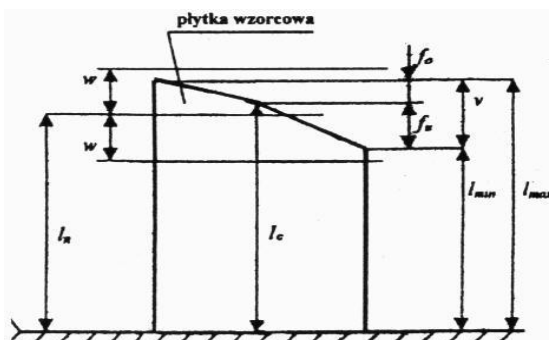
$$v = l_{max} - l_{min} = f_o + f_u$$

gdzie: $f_o = l_{max} - l_c$ oraz $f_u = l_c - l_{min}$

Przywieralność jest to właściwość powierzchni pomiarowych płytki wzorcowej polegająca na całkowitym ich przywieraniu do innych powierzchni pomiarowych lub do powierzchni o podobnej obróbce pod wpływem sił międzycząsteczkowych.



Rys. 1. Właściwości geometryczne płytki wzorcowej



Rys. 2. Płytki wzorcowe; analiza wymiarowa

Odchylenie od płaskości f_d każdej powierzchni pomiarowej płytki wzorcowej o długości nominalnej większej od 2,5 mm nie powinno przekraczać wartości podanych w tab. 2 niezależnie od tego, czy płytka jest przywarta do płytki pomocniczej, czy nie.

Tabela 2

Dopuszczalne odchyłki od płaskości				
Długość nominalna l_n [mm]	Odchylenie od płaskości f_d [μm .]			
	Klasa			
	K	0	1	2
$0,5 \leq l_n \leq 150$	0,05	0,10	0,15	0,25
$150 < l_n \leq 500$	0,10	0,15	0,18	0,25
$500 < l_n \leq 1000$	0,15	0,18	0,20	0,25

Odchylenie od płaskości dla płytek wzorcowych klasy 00 jest równe wymaganiom ustalonym dla klasy K

Odchylenie od płaskości f_d każdej powierzchni pomiarowej płytki wzorcowej o długości nominalnej do 2,5 mm nie powinno przekraczać wartości podanej w tab. 2, kiedy płytka ta jest przywarta do płytki pomocniczej o grubości nie mniejszej niż 11 mm. Kiedy płytka wzorcowa nie jest przywarta, to odchylenie od płaskości nie powinno przekraczać $4\mu\text{m}$.

Przywieralność powierzchni pomiarowych płytki wzorcowej powinna odpowiadać kryteriom podanym w tab. 3.

Tabela 3

Kryteria przywieralności powierzchni pomiarowych płytek

Klasa płytki wzorcowej	Obraz interferencyjny	
	prążki interferencyjne	odcienie
K, 0	nie dopuszcza się	nie dopuszcza się
1, 2		dopuszcza się niewielkie jasne plamy lub szare odcienie

Powierzchnie pomiarowe płytek wzorcowych powinny łatwo przywierać. Drobne rysy bez zadziorów są dopuszczalne, jeśli nie wpływają na właściwości przywierania.

Błędy graniczne dopuszczalne w_g długości oraz zakresu rozrzutu v długości – zostały podane w tab. 4.

Tabela 4

Błędy graniczne dopuszczalne w_g długości oraz zakresu rozrzutu v długości

Długość nominalna l_n	Klasa K		Klasa 0		Klasa 1		Klasa 2	
	Błędy graniczne długości $\pm w_g$	Zakres rozrzutu długości v	Błędy graniczne długości $\pm w_g$	Zakres rozrzutu długości v	Błędy graniczne długości $\pm w_g$	Zakres rozrzutu długości v	Błędy graniczne długości $\pm w_g$	Zakres rozrzutu długości v
mm	μm							
$0,5 \leq l_n < 10$	0,2	0,05	0,12	0,1	0,2	0,16	0,45	0,3
$10 \leq l_n < 25$	0,3	0,05	0,14	0,1	0,3	0,16	0,6	0,3
$25 \leq l_n < 50$	0,4	0,06	0,2	0,1	0,4	0,18	0,8	0,3
$50 \leq l_n < 75$	0,5	0,6	0,25	0,12	0,5	0,18	1	0,35
$75 \leq l_n < 100$	0,6	0,07	0,3	0,12	0,6	0,2	1,2	0,35
$100 \leq l_n < 150$	0,8	0,08	0,4	0,14	0,8	0,2	1,6	0,4
$150 \leq l_n < 200$	1,0	0,09	0,5	0,16	1,0	0,25	2	0,4
$200 \leq l_n < 250$	1,2	0,1	0,6	0,16	1,2	0,25	2,4	0,45
$250 \leq l_n < 300$	1,4	0,1	0,7	0,18	1,4	0,25	2,8	0,5
$300 \leq l_n < 400$	1,8	0,12	0,9	0,2	1,8	0,3	3,6	0,5
$400 \leq l_n < 500$	2,2	0,14	1,1	0,25	2,2	0,35	4,4	0,6
$500 \leq l_n < 600$	2,6	0,16	1,3	0,25	2,6	0,4	5	0,7
$600 \leq l_n < 700$	3,0	0,18	1,5	0,3	3,0	0,45	6	0,7
$700 \leq l_n < 800$	3,4	0,2	1,7	0,3	3,4	0,5	6,5	0,8
$800 \leq l_n < 900$	3,8	0,2	1,9	0,35	3,8	0,5	7,5	0,9
$900 \leq l_n < 1000$	4,2	0,25	2	0,4	4,2	0,6	8	1

SPRAWDZANIE PŁYTEK WZORCOWYCH

Przebieg sprawdzania

Sprawdzanie płytek wzorcowych obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzenie charakterystyk metrologicznych.

Podczas oględzin zewnętrznych należy sprawdzić, czy:

- na powierzchniach pomiarowych płytki wzorcowej nie ma śladów korozji oraz uszkodzeń w postaci rys lub zadziorów oraz czy krawędzie płytki wzorcowej nie są ostre; w razie wykrycia zadziorów należy usunąć je za pomocą drobnoziarnistego kamienia szlifierskiego, np. typu Missisipi lub Arcansas;
- pudełko do przechowywania płytek wzorcowych jest odpowiednie, a w szczególności chroni je przed uszkodzeniem w czasie transportu;
- płytki wzorcowe nie wykazują właściwości magnetycznych; płytki wykazujące takie właściwości powinny być odmagnesowane.

Sprawdzanie charakterystyk metrologicznych płytki wzorcowej obejmuje:

- sprawdzenie przywieralności powierzchni pomiarowych,
- sprawdzenie płaskości powierzchni pomiarowych,
- wyznaczenie błędu długości środkowej,
- wyznaczenie zakresu rozrzutu długości.

Sprawdzanie przywieralności powierzchni pomiarowych

Przywieralność powierzchni pomiarowych płytki wzorcowej sprawdza się w świetle białym na podstawie obrazu interferencyjnego, powstałego w wyniku przywarcia do tych powierzchni szklanej lub kwarcowej płytki interferencyjnej. W zależności od obserwowanego obrazu określa się klasę dla obydwu powierzchni pomiarowych płytki wzorcowej zgodnie z tab. 3, przyjmując za wynik ostateczny niższą klasę. Odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowej zastosowanej płytki interferencyjnej nie powinno przekraczać 0,1 μm.

Sprawdzanie płaskości powierzchni pomiarowych

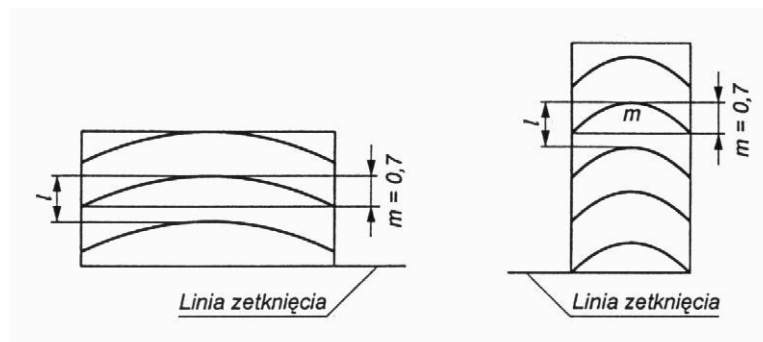
Odchylenie od płaskości f_d powierzchni pomiarowej płytki wzorcowej wyznacza się za pomocą płaskiej płytki interferencyjnej w następujący sposób:

- wzdłuż dłuższej, a następnie krótszej krawędzi sprawdzanej płytki wzorcowej płytki wzorcowej należy przyłożyć powierzchnię pomiarową płaskiej płytki interferencyjnej w taki sposób, aby ukazał się obraz prążków interferencyjnych;
- jeżeli prążki interferencyjne tworzą linie otwarte, jak przedstawiono na rys. 3, należy wyznaczyć liczbę m określającą maksymalne odchylenie prążków interferencyjnych od prostoliniowości, przyjmując za jednostkę tego odchylenia odległość między sąsiednimi prążkami;
- jeżeli prążki interferencyjne tworzą linie zamknięte przedstawione na rys. 4, odchylenie od prostoliniowości określa najmniejsza ich liczba możliwa do uzyskania;
- obliczyć odchylenie od płaskości f_d powierzchni pomiarowej według wzoru

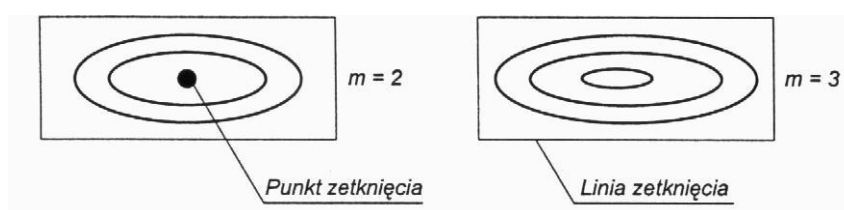
$$f_d = m \frac{\lambda}{2}$$

gdzie: λ jest długością fali światła: dla światła białego przyjmuje się $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$.

Odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowej wyznacza się dla obydwu powierzchni pomiarowych płytki wzorcowej, przy czym jako wynik ostateczny przyjmuje się większą z otrzymanych wartości.



Rys. 3. Obraz prążków interferencyjnych tworzących linie otwarte



Rys. 4. Obraz prążków interferencyjnych tworzących linie zamknięte

Błędy długości środkowej w_c płytki wyznacza się przez porównanie długości płytek sprawdzanych ze znanymi długościami płytek wzorcowych – odniesienia – o tych samych długościach nominalnych. Różnica, stosunkowo niewielka, długości środkowej wzorcowej płytki odniesienia i sprawdzanej płytki wzorcowej jest mierzona za pomocą przyrządu czujnikowego o dużej czułości, np. ultraoptimetru projekcyjnego o rozdzielczości $0,2 \mu\text{m}$. Widok ultraoptimetru projekcyjnego MOP-0,2/20 oraz schemat optyczny przedstawiono na rys. 5.

Przed przystąpieniem do pomiaru płytek wzorcowych sprawdza się ogólny stan powierzchni pomiarowych płytek i stolika ultraoptimetru. W metodzie porównawczej sprawdzania płytek wzorcowych jako płytki wzorcowe stosuje się:

- płytki wzorcowe klasy K (00) do sprawdzania płytek klasy 0,
- płytki wzorcowe klasy K i 0 do sprawdzania płytek klasy 1 i 2.

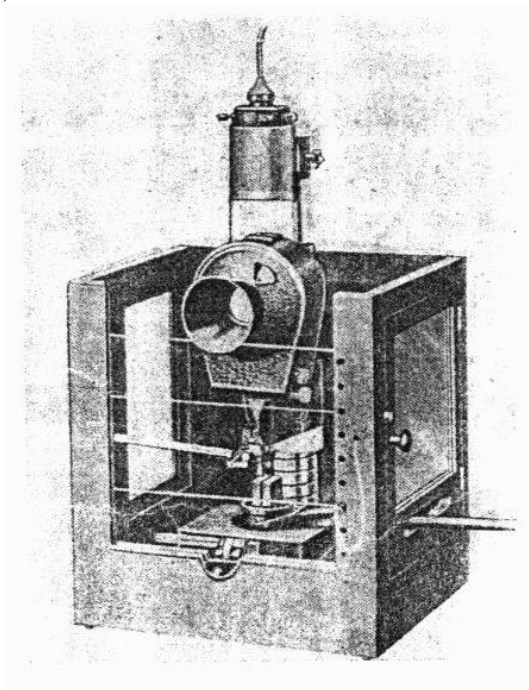
W celu wyznaczenia **zakresu rozrzutu długości** v płytki sprawdzanej należy:

- przemieszczając delikatnie obsadę z płytkami, określić wskazania ekstremalne b_{max} i b_{min} ; w tym celu doprowadzić końcówki pomiarowe czujników do zetknięcia kolejno z punktami 3., 4, 5 i 6 sprawdzanej powierzchni pomiarowej płytki wzorcowej; punkty te powinny się znajdować w odległości około 1,5 mm od powierzchni bocznych płytki; wskazania b_{max} i b_{min} odpowiadają największej i najmniejszej wartości wskazań dla punktów 2, 3, 4, 5 i 6; (rys. 6)
- wykonać wszystkie pomiary co najmniej trzykrotnie;
- odliczyć zakres rozrzutu długości v według wzoru:

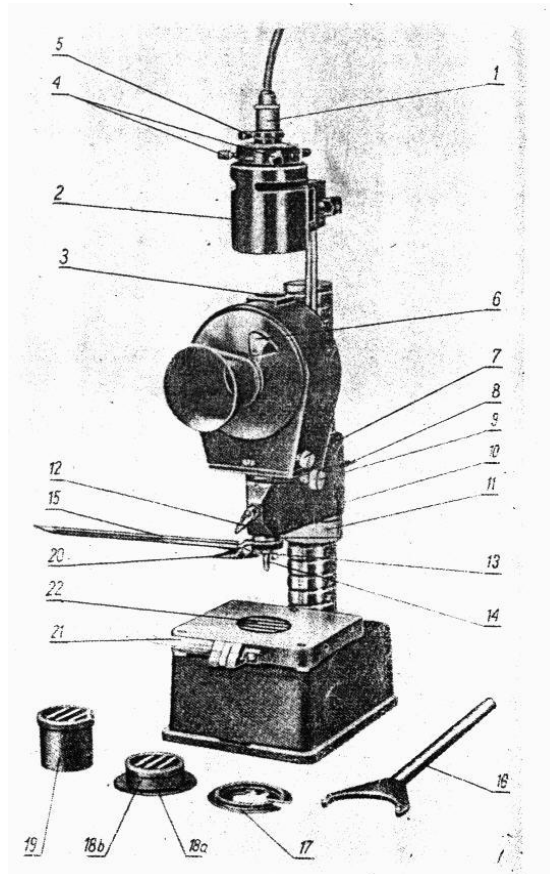
$$v = f_o + f_u = b_{max} - b_{min}$$

- określić klasę sprawdzanej płytki wzorcowej, porównując otrzymane w wyniku pomiarów wartości błędu długości środkowej i zakresu rozrzutu długości z dopuszczalnymi wartościami podanymi w tabeli 4.

a)

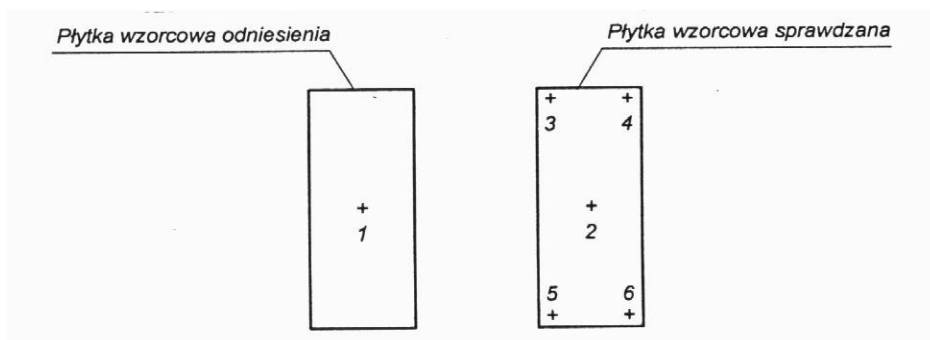


b)



Rys. 5 Ultraoptometr projekcyjny

- a) widok optometru projekcyjnego MOP 0,2/20
- b) elementy obsługi optometru



Rys. 6 Rozmieszczenie punktów pomiarowych na płytce wzorcowej przy wyznaczaniu rozrzutu jej długości

TABELE POMIAROWE

Płytki wzorcowa o wymiarze

Tabela 1. Liczba prążków interferencyjnych wzdłuż dłuższej krawędzi sprawdzanej płytki

Numer pomiaru w serii	Liczba linii tworzących prążki otwarte	Liczba linii tworzących prążki zamknięte
1		
2		
3		
4		
5		
\bar{m}		
e		
f_d		

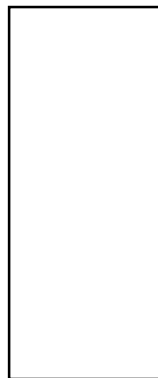
Tabela 2. Liczba prążków interferencyjnych wzdłuż krótszej krawędzi sprawdzanej płytki

Numer pomiaru w serii	Liczba linii tworzących prążki otwarte	Liczba linii tworzących prążki zamknięte
1		
2		
3		
4		
5		
\bar{m}		
e		
f_d		

a)



b)



Rys. 1. Obraz prążków interferencyjnych

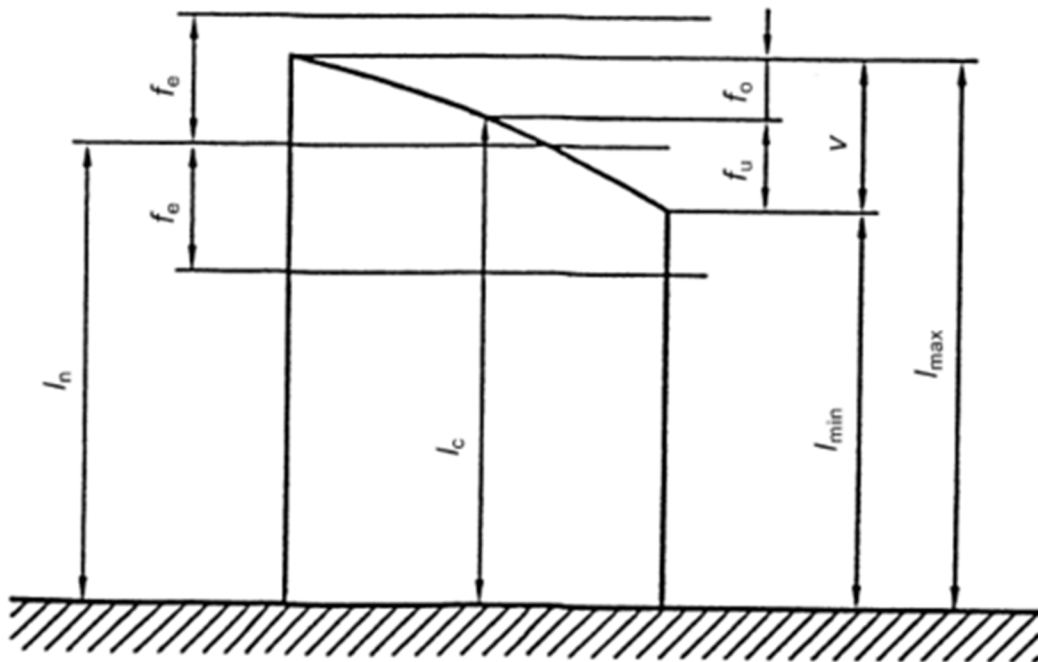
- a) wzdłuż dłuższej krawędzi sprawdzanej płytki wzorcowej,
b) wzdłuż krótszej krawędzi sprawdzanej płytki wzorcowej.

Tabela 3. Zakres rozrzutu długości sprawdzanej płytki

Numer pomiaru	Punkty pomiarowe				
	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
$l_{min} (b_{min})$					
$l_{max} (b_{max})$					

Tabela 4. Parametry określające dokładność płytki wzorcowej

Nazwa	Oznaczenie	Jednostka	Wartość
Długość nominalna	l_n	mm	
Długość środkowa płytki (punkt pomiarowy 2 na płytce wzorcowej)	l_c	μm	
Odchylenie od długości środkowej	f_o		
Odchylenie od długości środkowej	f_u		
Zakres rozrzutu długości	v		
Odchylenie od płaskości (większa z otrzymanych wartości)	f_d		



Rys. 2. Analiza wymiarowa płytki wzorcowej