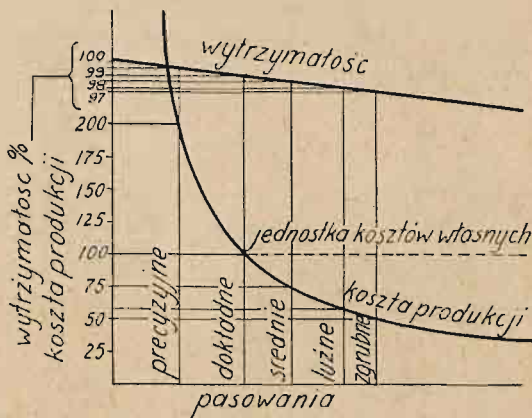


przybliżony wykres (rys. 31), z którego wynika, że wprowadzenie większych tolerancyj jest niekiedy bardzo wskazane ze względów ekonomicznych.

Wynika stąd, że tolerancje średnie odpowiadają niemieckim średnim, zaś zgrubne zgrubnym. Komisja niemiecka, która prawdopodobnie zapożyczyła te tolerancje wprost ze wskazanego źródła, pomija pośrednie pasowanie Herberta t. zw. luźne. Również w projekcie niemieckim pominięte są pasowania precyzyjne angielskiej komisji. Niemieckie pasowania precyzyjne są pośrednie pomiędzy angielskimi pasowaniami ciasno-precyzyjnymi a precyzyjnymi. Przy sposobności zaznaczymy, że angielskie pasowania pokrywają się częściowo z amerykańskimi.



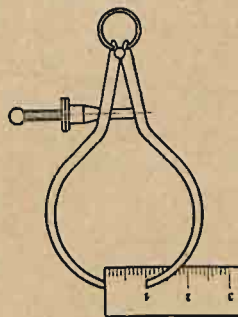
Rys. 31. Koszta wytwarzania śrub różnej dokładności

ROZDZIAŁ III

NARZĘDZIA MIERNICZE

16. ROZSUWNE NARZĘDZIA MIERNICZE DO PRZEDMIOTÓW CYLINDRYCZNYCH. Do mierzenia średnic wałków służą powszechnie znane macki, zwykłe lub sprężynowe (rys. 32). Zapomocą macek można sprawdzić, czy dana średnica jest identyczna z określonym wymiarem wzorca. Porównanie można uskutecznić bardzo dokładnie z błędem, wynoszącym zaledwie kilka mikronów, zachowując jednak kilka warunków. A więc macki należy trzymać lekko pomiędzy dużym a dwoma sąsiednimi palcami prawej ręki i podczas mierzenia podnosić i opuszczać macki tak, by przesuwaniu przez wałek towarzyszył subtelny opór. Zbliżanie ramion zwykłych macek odbywa się zapomocą posłukiwania ich o jakikolwiek przedmiot. Macki sprężynowe z regulowaniem są dogodniejsze w użyciu.

O tem, czy dana miara zgadza się dokładnie z wzorcem, świadczy odczucie przez mierzącego tego samego oporu przy przesuwaniu. Na precyzję pomiaru wpływa nader dodatnio niewielka powierzchnia styku pomiędzy końcówkami ramion macek. Tem objaśnia się możliwość porównywania średnic niekiedy z dokładnością, sięgającą kilku mikronów. Naodwrot, źle się

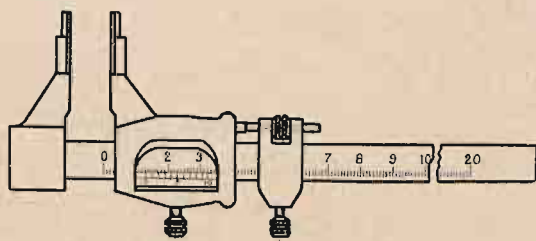


Rys. 32. Macki

przedstawia odczytywanie na miarce rozwarłości ramion macek. W tym wypadku użycie narzędzia ogranicza się do pomiarów przybliżonych.

Istnieje kilka odmian macek rozsuwnych, z których najważniejsze są macki do otworów.

Powszechnie znanym narzędziem warsztatowym jest suwmiarka (rysunek 33). Składa się ona z miarki stalowej ze skalą, stanowiącej sztywną całość z końcówką nieruchomą, następnie z suwaczka z końcówką ruchomą



Rys. 33. Suwmiarka

i wreszcie z suwaczka dodatkowego, połączanego z poprzednim za pośrednictwem śrubki i nakrętki karbowanej. Po umieszczeniu dodatkowego suwaczka za pomocą śrubki ustalającej, nastawia się suwaczek końcówkowy, w którym wycięte jest małe okienko z nonjusem, umożliwiającym odczytanie rozwarości

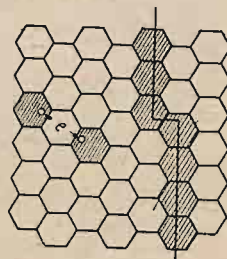
końcówek. Możliwość bezpośredniego precyzyjnego odczytania miary stanowi zasadniczą różnicę pomiędzy suwmiarką a mackami i rozszerza niepomiarowo zakres jej zastosowań. Za pomocą suwmiarki można dokonywać pomiaru otworów. Korzysta się wówczas z zewnętrznych boków końcówek, które posiadają ściśle określoną grubość.

Zanim przejdziemy do omówienia warunków, jakim odpowiadać powinny wysoce precyzyjne suwmiarki i ich liczne odmiany w postaci wysokomierzów i głębokomierzów, musimy zastanowić się nad zastosowaniem nonjusa w narzędziach mierniczych. Jest to tembardziej wskazane, że w nowoczesnych obrabiarkach, przyrządach pomocniczych i specjalnych narzędziach mierniczych, jakie wykonywują poszczególne wytwórnie dla swych własnych potrzeb, coraz szersze rozpowszechnienie zyskują dokładne skale kreskowe, zaopatrzone dość często w nonjuse. Przy wykonywaniu tych skal i nonjuszów popełniane są dość często błędy, przed którymi należy przestrzec. Mianowicie odległości międzykreskowe, grubość i długość samych kresek, wielkość i rodzaj nonjusa, musi być starannie dobrana, gdyż inaczej posilkowanie się skalą jest nużące i pociąga za sobą nieuchronne błędy, wypaczając niekiedy cel właściwy, przewidywany przez konstruktora.

Jest rzeczą niezmiernie ważną, aby kreski były zawsze wyraźne. Grubość kresek na miarkach musi jednak pozostawać w pewnym stosunku do odległości międzykreskowej. Zwykle przyjmuje się za normę, że grubość kreski wynosi co najwyżej 0,1 odległości międzykreskowej. Aby kreski były widzialne, należy zachować warunek, by posiadały one

określoną grubość przy obserwowaniu ich z pewnej odległości. Wielkości te można określić na podstawie fizjologii normalnego oka ludzkiego.

Jak wiadomo podstawą odbierania wrażeń wzrokowych jest odwrócony i zmniejszony obraz danego przedmiotu na siatkówce oka. Rozgałęzienia nerwów wzrokowych są tak rozmieszczone, że siatkówkę można uważać za zbiór elementów, które w postaci dość regularnych sześciokątów (rys. 34) pokrywają tylną część gałki ocznej. Przybliżona średnica elementu siatkówki wynosi około $4\ \mu$, co odpowiada kątowni 50 sekund w polu widzenia oka. Dwa oddzielne punkty rozróżniamy wówczas, gdy odpowiednie wrażenia odbierają odrębne elementy siatkówki. Stąd wynika, że w polu widzenia kąt, jaki tworzą promienie, idące z punktu węzłowego oka do dwóch punktów na siatkówce, musi być większy od $50''$. Przy zwykłej odległości obserwowania, wynoszącej 250 mm , kreska widzialna powinna posiadać grubość conajmniej $0,065\text{ mm}$. Aby można było na oko oceniać dziesiąte części odległości międzykreskowej, odstęp pomiędzy kreskami powinien być conajmniej dziesięć razy większy, gdyż inaczej wydaje się, że kreski są za grube i ocena jest trudna. Wynika stąd, że odległość międzykreskowa powinna być większa od $0,65\text{ mm}$, co potwierdza znany fakt, że miarki z podziałką $\frac{1}{2}\text{ mm}$ są niedogodne w użyciu, męczą wzrok i są tym sposobem mniej dokładne od miarek z podziałką milimetrową, co na pierwszy rzut oka wydaje się być rzeczą paradoksalną.



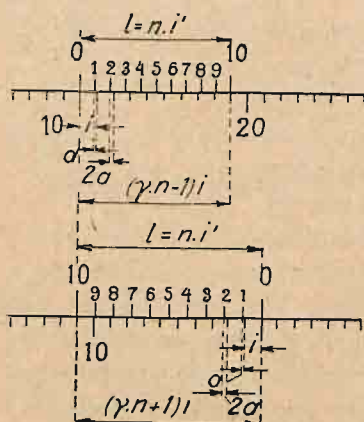
Rys. 34

Jeśli jednak przejdziemy do sprawy widzialności kresek nonjusa, to przedstawia się ona inaczej. Mianowicie, jeśli kreski nonjusa posiadają dostateczną długość, to każdą z nich widzimy oddzielnie za pośrednictwem kilku elementów siatkówki. Wrażenie faktu, że kreski nie są przedłużeniem jedna drugiej i że dana kreska znajduje się po tej, a nie innej stronie drugiej kreski, otrzymuje się nawet wówczas, gdy obrazy na siatkówce znajdują się w odległości mniejszej od $4\ \mu$. Doświadczenia wykazały, że odpowiedni kąt w polu widzenia może w odpowiednich warunkach wynosić zamiast $50''$ znacznie mniej, a mianowicie $12''$, a nawet $10''$. Przytem okazało się, że zbyt krótkie kreski utrudniają spostrzeganie; to samo można powiedzieć i o za długich kreskach. Istnieje pewne ustosunkowanie grubości kresek względem długości, oraz odstępów pomiędzy nimi, aby nonjusz był wyraźny. Z fizjologiczno-wzrokowego punktu widzenia nonjusz daje możliwość znacznie dokładniejszego odczytywania miar, niż zwykła skala dzięki temu, że łatwiej jest stwierdzić fakt pozostawienia dłuższej kreski na prawo lub na lewo od podobnej innej, niż ocenić lub rozpoznać krótką kreskę lub odstęp.

Nonjusz¹⁾ polega na zastosowaniu suwaczka ruchomego wzdłuż miarki, na którym jest wykonana pomocnicza skala z n kreskami o podziałce i' , których odstępy są tak dobrane, że całkowita długość skali wynosi

$$l = n \cdot i' = (\gamma \cdot n \pm 1) \cdot i,$$

gdzie i oznacza podziałkę samej miarki, γ = całkowitą liczbę = 0,1,2, zwaną modulem. Jeśli przyjmiemy, jak to się zwykle dzieje, że $\gamma = 1$, zaś $n = 10$, otrzymamy dwie odmiany nonjusza, przedstawione na rys. 35, stosownie do znaku + lub - w podanym wzorze. Odmianę 1 nazwiemy nonjuszem w kierunku naprzód, gdy obie skale są odkładane w tym samym kierunku. Odmianę 2 nazwiemy nonjuszem wstecz: długość nonjusza jest przytem większa, i dlatego stosujemy prawie wyłącznie odmianę 1 nonjusza.



Rys. 35. Nonjusz

Dokładność pomiaru a wynosi dziesiątą część podziałki zasadniczej, a ogólnie biorąc, $a = + (i - i') = i/n$, na mocy czego nazywamy n mianownikiem nonjusza. Przy module $\gamma = 0$ otrzymalibyśmy $n \cdot i' = i$, czyli właściwie biorąc, zasadnicza podziałka jest po prostu podzielona na określoną liczbę jednakowych części.

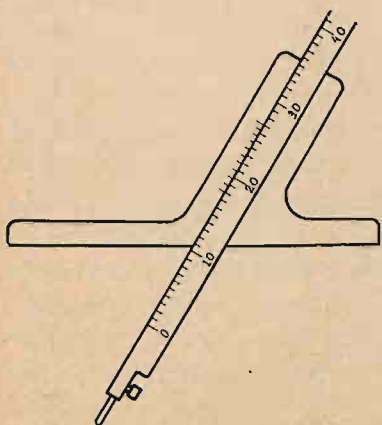
Prawie wyłącznie stosuje się nonjusze o module = 1, przy $n = 10, 20, 50$ i 100 . Tym sposobem można odmierzając $1/10, 1/20, 1/50$ i $1/100$ -ną zasadniczej podziałki. W najlepszych warunkach wzrokowych, a więc

gdy kreski podziałowe są idealnie równe i cienkie, gdy są wykonane na białym tle, to przy odpowiednim oświetleniu można rozpoznać odstępy, wynoszące około $0,01 \text{ mm}$. Na skalach warsztatowych dokładność jest pięć do dziesięciu razy mniejsza. Ogólnie biorąc, dokładność suwmiarki wynosi $1/20 \text{ mm}$, wyjątkowo $1/50 \text{ mm}$. Przy zastosowaniu lupy można ją zwiększyć do $1/100$ -ej mm . Przy posilkowaniu się nonjuszem, dającym niewielkie przybliżenie, można na oko ocenić wartość dokładniejszą. Zależy to jednak od wprawy mierzącego, od zmęczenia jego wzroku, od oświetlenia i t. p.

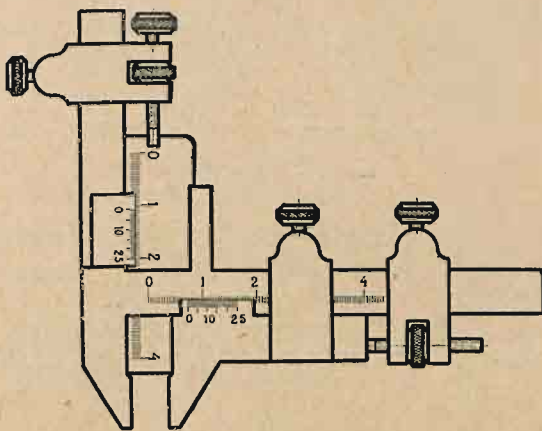
Ważną odmianą suwmiarki jest wysokomierz, zapomocą którego można np. odmierzając wysokość jakiegokolwiek punktu ponad płaszczyznę równi traserskiej. W tym celu nieruchoma końcówka suwmiarki jest za-

¹⁾ Nazwa nonjusza pochodzi od nazwiska wynalazcy, mnicha portugalskiego, Pedro Nunez'a, który przez dodanie specjalnej kreski na suwaczku, której odległość od kreski zerowej różniła się nieco od podziałki zasadniczej, ulepszył odmierzanie. Właściwą współczesną postać nadał nonjuszowi mechanik francuski Pierre Vernier.

opatrzona w podstawę tak, że suwmiarka w zwykłym położeniu stoi pionowo. Do odmierzania głębokości ślepych otworów używa się głębokomierzy. Do sprawdzania głębokości wytoczeń nadają się specjalnie głębokomierze ukośne (rys. 36), których podziałka i nonjusz są odpowiednio powiększone tak, że głębokości odczytuje się we właściwej mierze.



Rys. 36. Głębokomierz ukośny



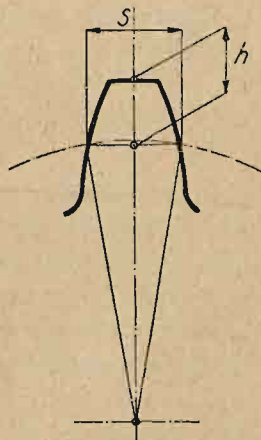
Rys. 37. Suwmiarka do kół zębatach

Rys. 37 przedstawia specjalną suwmiarkę do kół zębatach. Przy mierzeniu grubości zębów jest rzeczą konieczną, aby pomiar był uskuteczniiony w punktach przecinania się boków zęba z obwodem podziałkowym. W tym celu z miarką do grubości zęba jest skojarzona miarka do wysokości wierzchołka zęba; obie miarki są zaopatrzone w nonjusz o dokładności $1/50 \text{ mm}$. Pomiar dotyczy długości cięciwy s i wysokości h (rys. 38):

$$h = M \left[\frac{z}{2} (1 - \cos \beta) + 1 \right]; s = Mz \sin \beta,$$

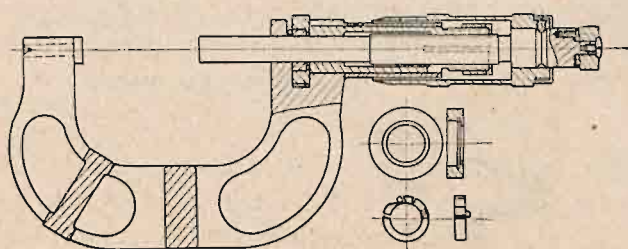
gdzie $\beta = 90^\circ : z$

W ostatnich czasach ulepszono znacznie narzędzia traserskie, a więc miarki pionowe i znaczniki, przez zaopatrzenie ich w dokładne miarki. Niektóre z nich są zaopatrzone w ruchomą skalę, dzięki czemu można nastawiać pręcik ryśnikowy względem wykonanej kreski w celu przeprowadzenia drugiej równoległej, co zaoszczędza wiele czasu w porównaniu z odmierzaniem wprost od równi traserskiej. Wchodzą też w użycie znaczniki, stanowiące odmianę wysokomierza, gdyż odpowiednia skala jest zaopatrzona w nonjusz.



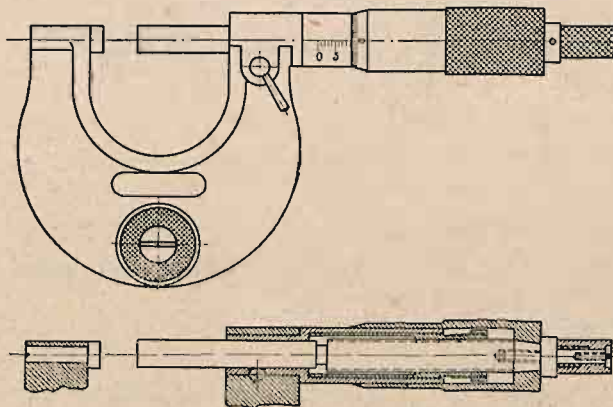
Rys. 38

17. MIKROMETRY. Niezbędnym w pracowni mechanicznej narzędziem mierniczym jest mikrometr i jego liczne odmiany. Nowoczesny



Rys. 39. Mikrometr Zeiss'a

mikrometr (rys. 39) składa się zasadniczo z pałaka, w którym osadzone jest z jednej strony kowadełko, zaś z drugiej wysuwane wrzecionko. Pałak powinien być sztywny i niezbyt mały, aby się nie rozgrzewał zbyt szybko od ciepła ręki. Zwykle dla lekkości w pałaku wycięte są wgłębienia po obu stronach. Dobrze też jest umieścić po obu stronach pałaka poduszeczki ze złego przewodnika ciepła, za które chwyta się palcami (rys. 40).



Rys. 40. Mikrometr Johanson'a

Obracając tulejkę zewnętrzną, wysuwamy ją z oprawki, w której mieści się nakrętka i śruba mikrometryczna. Przesuw wrzecionka, stanowiącego przedłużenie śruby mikrometrycznej względem kowadełka, odczytujemy częściowo z podziałki na oprawce, częściowo zaś, a mianowicie setne mili-

metra, z podziałki na obrzeżu tulejki. Podziałka na oprawce odpowiada skokowi śruby mikrometrycznej, który prawie zawsze $= 0,5 \text{ mm}$. Obrzeże tulejki jest podzielone na 50 części. Uzupełnieniem mechanizmu jest pierścioneń karbowany do zaciskania wrzecionka w dowolnym położeniu, oraz mała grzechotka na końcu tulejki. Działanie sprężynki, działającej na grzechotkę, wystarcza, by pokonać tarcie śruby mikrometrycznej. Z chwilą jednak, gdy wrzecionko oprze się o mierzony przedmiot, pokręcenie grzechotki nie wystarcza, aby pokręcić tulejkę choćby o jedną podziałkę. Tym sposobem zabezpiecza się śrubę mikrometryczną od możliwych uszkodzeń i zarazem zapewnia się stale jednakowy nacisk przy mierzeniu, zależny jedynie od napięcia sprężynki w grzechotce i od użytego przytem smaru. Przy odpowiedniej wprawie mierzącego, posilkowanie się grzechotką staje się rzeczą najzupełniej zbyteczną. Wielu praktyków

uważa grzecholkę wprost za zbędną, gdyż nie posiłkując się nią można osiągnąć dokładniejszy pomiar.

Dobry mikrometr powinien posiadać zupełnie pewną śrubę mikrometryczną, dającą błąd na całej długości mniejszy od $3\text{ }\mu$. Ze względu na trudność wykonania dłuższych śrub o tej dokładności, mikrometry wykonywa się zazwyczaj dla odstepu 25 mm , stosując odpowiednie rozwartości pałaków. Pałak w miejscu osadzenia w nim kowadełka powinien posiadać grubość równą średnicy wrzecionka i powinien być zaokrąglony tym samym promieniem, co i kowadełko, tworząc prawidłowy półcylinder przechodzący bez załamania w płaski przekrój pałaka. Zakończenie wrzecionka i kowadełka powinno być tak dopasowane, by po ich wzajemnem zetknięciu ledwie dostrzegalna kreska mogła zaświadczyć, że nie stanowią one jednolitej całości. Przy większej rozwartości mikrometra założenie wzorcowego pręcika o średnicy wrzecionka i kowadełka powinno dawać ten sam wynik. Końcówki kowadełka i wrzecionka powinny być dotarte i dopolerowane. Ich płaszczyzny storcowe powinny być sprawdzone optycznie zapomocą interferencji. Należy zwrócić uwagę na to, by były one ściśle prostopadłe względem osi wrzecionka.

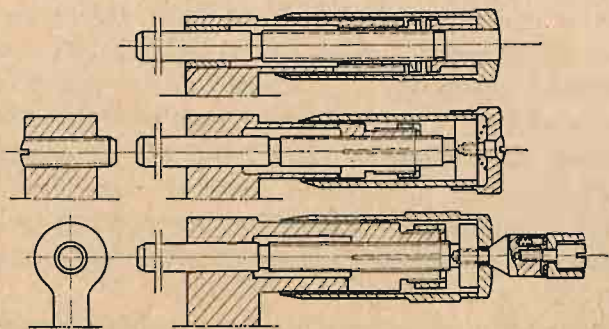
Mikrometry dawnego typu ze zgrubieniami pałaka w pobliżu kowadełka i ze ścięciami zakończeń wrzeciona i kowadełka nie dają możliwości dokonywania pomiaru części niewiele naprzód wysuniętych. Ścięcia maskują złe wykonanie powierzchni storcowych.

Śruby mikrometryczne są wykonywane zazwyczaj z dobrej stali narzędziowej na niewielkich precyzyjnych tokarkach. Nakrętki są wykonywane zapomocą precyzyjnych gwintowników. Znane ze swej dokładności mikrometry Brown-Sharpe'a są tak wykonane, że gwint na śrubie wykonuje specjalista, a następnie dociera nakrętkę do śruby mikrometrycznej bez użycia szmerglu, pokręcając ją tam i z powrotem, aż obrót śruby stanie się miękki i subtelny. Następnie, po zmontowaniu mikrometru i pozostawieniu jednej lub dwóch setnych milimetra na dotarcie, inny specjalista zaczyna równocześnie docierać storcowe powierzchnie kowadełka i wrzecionka, wprowadzając pomiędzy nie mały płaski docieracz żeliwny (25 mm □, 6 mm grub.) i dokręcając stopniowo śrubę mikrometryczną. Podczas tej operacji mikrometr jest zamocowany w imadle. Według tej samej metody poprawia się zużyte mikrometry, co wymaga uwagi, lecz nie specjalnej biegłości.

Na każdym mikrometrze powinna być wybita temperatura zasadnicza 0° lub 20° . Jest to szczególnie ważny dla większych mikrometrów. Amerykańskie i angielskie mikrometry są wykonane dla wzorca przy temperaturze $16,7^{\circ}\text{C}$. Pałaki powinny być wykonane ze stali, posiadającej ten sam mniej więcej współczynnik rozszerzalności, co i przedmioty mierzone. Pałaki mosiężne są niedopuszczalne i z tego powodu, że mosiądz jest

dobrym przewodnikiem ciepła. O ile wytwórca nie daje gwarancji, że mikrometr jest pewny, należy go bezwarunkowo sprawdzić zapomocą płytek Johanson'a lub innych równowartościowych wzorców. O dobrym nastawieniu mikrometru na zero można się przekonać samemu zapomocą dodawanego zawsze do mikrometru pręcika wzorcowego.

Istnieje wiele różnych konstrukcji mikrometra. Najważniejszą rzeczą jest usuwanie luzu pomiędzy gwintem śruby i nakrętki, regulowanie położenia wrzecionka względem kowadełka, wreszcie regulowanie grzechołki.



Rys. 41. Regulowanie mikrometrów

zawsze obawiać skrzywienia osi. Oprawka mikrometru, stanowiąca nakrętkę, jest rozcięta i sprężynuje. Zapomocą specjalnej nakrętki zaciskowej usuwamy luz zasadniczy, ściągając właściwą nakrętkę. W tym celu nakrętka zaciskowa jest nieco stożkowa.

Regulowanie i doprowadzenie do porządku mikrometru po zużyciu końcówek odbywa się w mikrometrach przestarzałej konstrukcji zapomocą dokręcania kowadełka. Lepiej tę regulację przenieść do oprawki. Na rys. 41 widzimy, że nakrętka mikrometryczna może być osadzona w oprawce, nie stanowiąc z nią całości. Jeśli przeto pokręcimy ją wspólnie z tulejką zewnętrzną, przestawimy zero podziałki. Nakrętkę można pokręcić po wkręceniu tulejki zapomocą kluczyka, albo też wkręcić śrubę mikrometryczną do samego końca aż do oparcia się o kowadełko, przy czem małe sprężętłko kłowe, naśrubowane na śrubę mikrometryczną w samym dnie tulejki, chwyta nakrętkę mikrometryczną i obraca ją. Omawiany mikrometr nie posiada wcale grzechołki.

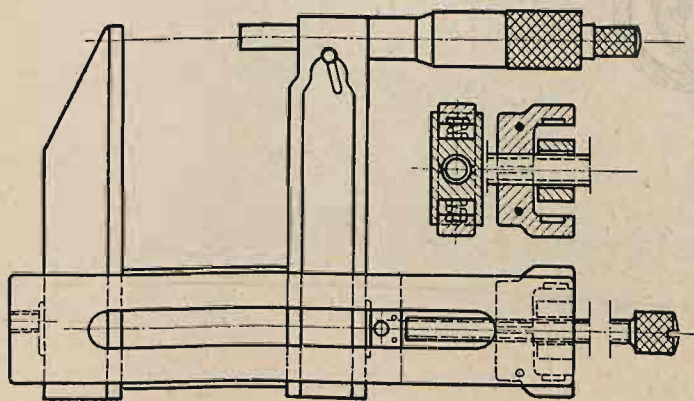
Pewne ulepszenie stanowi mikrometr, przedstawiony również na rys. 41. Mianowicie misterna sprężynka wypycha delikatny zatrask w postaci kołeczka, zeskakującego z ząbków. Pozatem konstrukcja mikrometru nie przedstawia nic ciekawego, gdyż regulowanie końcówek jest przeniesione na kowadełko.

Rys. 41 zapoznaje nas z kilkoma konstrukcjami. Kowadełko może być wkręcone w pałąk; oczywiście przy tej konstrukcji niepodobna myśleć o uzgodnieniu osi kowadełka i wrzecionka, które powinny być precyzyjnie wywiercone zapomocą długiego rozwierたka, przechodzącego na wylot przez pałąk. Przy gwintowaniu otworu należy się

Zupełnie nowoczesny ciężki mikrometr jest przedstawiony na rys. 39. Oprawka jest włożona w pałąk i stanowi właściwą nakrętkę. Jest ona głęboko rozcięta aż poza wytoczenie wewnętrzne, dzięki czemu doskonale sprężynuje na całej długości gwintu mikrometrycznego. Nakrętka zaciskowa działa nie zapomocą gwintu, lecz nasadki stożkowej, odpowiadającej nasadce nakrętki. Podziałki są wykonane na specjalnej tulejce, wepchniętej na oprawkę nakrętkową. Tulejka ta zasłania przecięcia nakrętki i daje sztywność oprawce. Na uwagę zasługuje regulowanie nastawienia i zużycia. Mianowicie wrzecionko i śruba, wykonane w jednej sztuce, są tak osadzone w tulejce, że można je obrócić o dowolny kąt, przyczem zapomocą trzech śrubek na obwodzie skręca się je z tulejką. Zacisk moletowany nie kaleczy wrzecionka. Mianowicie w pierścionku osadzony jest ćwieczek, wchodzący w żłobek w boku wykroju pałąka. Poza tem w wykroju pierścionka sprężynującego osadzona jest samozaciskająca się kulka. Zapomocą mikrometrów tego typu można określać wymiary z dokładnością do 5μ , zaciskając zaś wrzecionko w odpowiedniem położeniu, używać mikrometru jako sprawdziana z dokładnością do 3μ .

Do wbudowywania mikrometrów w specjalne przyrządy miernicze używa się trzpieni mikrometrycznych (por. rys. 40 i 42). Zakładając na bębenki większe tarczki podziałkowe, można przytem osiągnąć dużą dokładność pomiarową np. do

1μ . Przy budowie różnych przyrządów można zalecić używanie gotowych trzpieni, jakie można dostać w wytwórniach tego pokroju co Pratt-Whitney, Brown-Sharpe i inne. Śruby mikrometryczne są w nich wykonane z taką dokładnością, że moż-



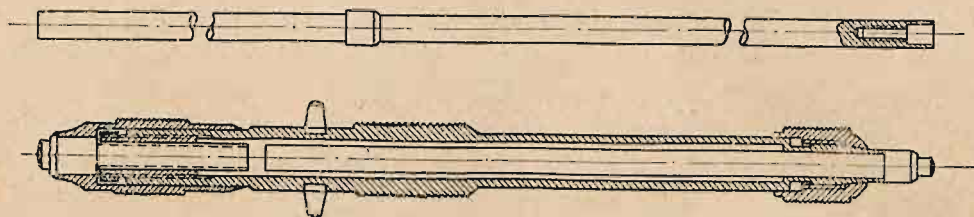
Rys. 42. Składany mikrometr Johanson'a

na do nich zastosować podziałkę mikronową. Gdyby po zmontowaniu okazało się, że dany trzpień jest wadliwy, można go zastąpić innym.

Jednym z przykładów zastosowania trzpienia oddzielnego jest składany mikrometr Johansona (rys. 42). Stanowi go oprawka, klocki i szczęki chwytowe. Do mierzenia średnic wewnętrznych używa się średnicówki mikrometrycznej (rys. 43), czyli trzpienia mikrometrycznego z przedłużnikami. Nie jest to narzędzie tak pewne, by można zapomocą niego usku-

teczniać ważne pomiary, np. przy wyrobie turbin parowych, chyba że się je sprawdza każdorazowo zapomocą maszyny mierniczej.

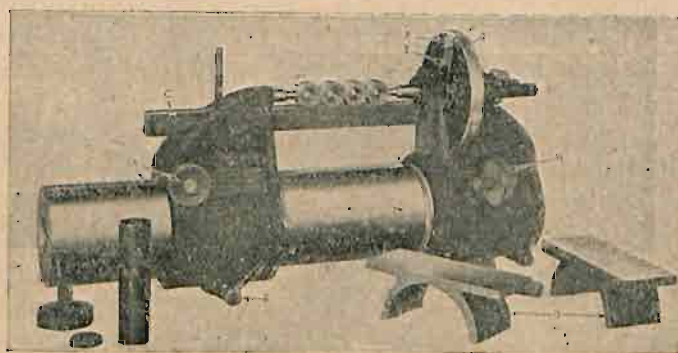
W mikrometrach o wielkiej dokładności, oraz komparatorach mikrometrycznych i maszynach mierniczych, stosowane są różnorodne czujniki



Rys. 43. Średnicówka mikrometryczna

do ustalania przy mierzeniu identyczności nacisku na kowadełko. Odkładając opisy tych przyrządów na później, zapoznamy się obecnie z konstrukcją mikrometru, stanowiącego typ pośredni pomiędzy zwykłym mikrometrem a maszyną mierniczą. Jest to mikrometr nastawny Pratt-Whitney'a.

Rys. 44 zapoznaje nas z konstrukcją tego wyjątkowo prostego mikrometru. Składa on się z niewielu części, daje się cały z łatwością roz-



Rys. 44. Supermikrometr Pratt-Whitney'a

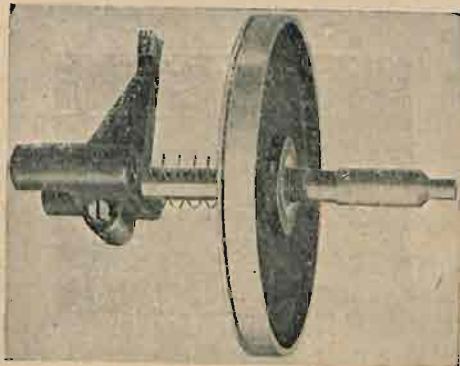
bierać i czyścić, nie zawierając skomplikowanych, łatwych do uszkodzenia mechanizmów i przypominając pod tym względem raczej konstrukcje maszynowe. Stała głowica, w której mieści się wrzecionko miernicze, oraz ruchomy konik, osadzone są na sztywnym, cylindrycznym łożu, podpartem w trzech punktach. Mikrometr posiada wymiar około 200 mm pomiędzy kowadełkami i około 80 mm od kowadełek do stolika roboczego.

Do nastawiania służy prowadnica C, opierająca się z jednej strony na poprzecznym kołku, a wchodząca w odpowiedni kołek centrujący tuż pod wrzecionkiem od strony głowicy. Z góry jest ona zaopatrzona w żłobek w celu umiejscowienia cylindrycznych wzorców o średnicy 25 mm, których można ustawić osiem jeden za drugim. Liczba użytych wzorców zależy od pomiaru, jakiego mamy dokonać. Ruchomy konik

Do nastawiania służy prowadnica C, opierająca się z jednej strony na poprzecznym kołku, a wchodząca w odpowiedni kołek centrujący tuż pod wrzecionkiem od strony głowicy. Z góry jest ona zaopatrzona w żłobek w celu umiejscowienia cylindrycznych wzorców o średnicy 25 mm, których można ustawić osiem jeden za drugim. Liczba użytych wzorców zależy od pomiaru, jakiego mamy dokonać. Ruchomy konik

nastawia się zapomocą kółka moletowanego *A* i zębatki w łożu, ustala się zaś w danem położeniu zapomocą zacisku *B*.

Rys. 45 przedstawia wrzeciono miernicze i tarczkę podziałową. Wrzecionko jest stalowe, hartowane, szlifowane i docierane, to samo tyczy się i gwintu śruby mikrometrycznej na wrzecionku. Wobec tego, że tarczka podziałowa jest osadzona pomiędzy przedniem a tylnem łożyskiem, śruba mikrometryczna nie obraca się, a jedynie przesuwają wzdłuż osi. Z tyłu wrzecionka, poza tylnym łożyskiem osadzony jest prowadnik, prowadzony przez szablon w celu skompensowania błędu śruby mikrometrycznej. Wewnątrz tarczki, wykonanej z duraluminu, znajduje się nakrętka z regulowaniem zużycia gwintu. Dwie sprężyny, odpychające prowadnik od tylnego łożyska, dają stały nacisk poosiowy.



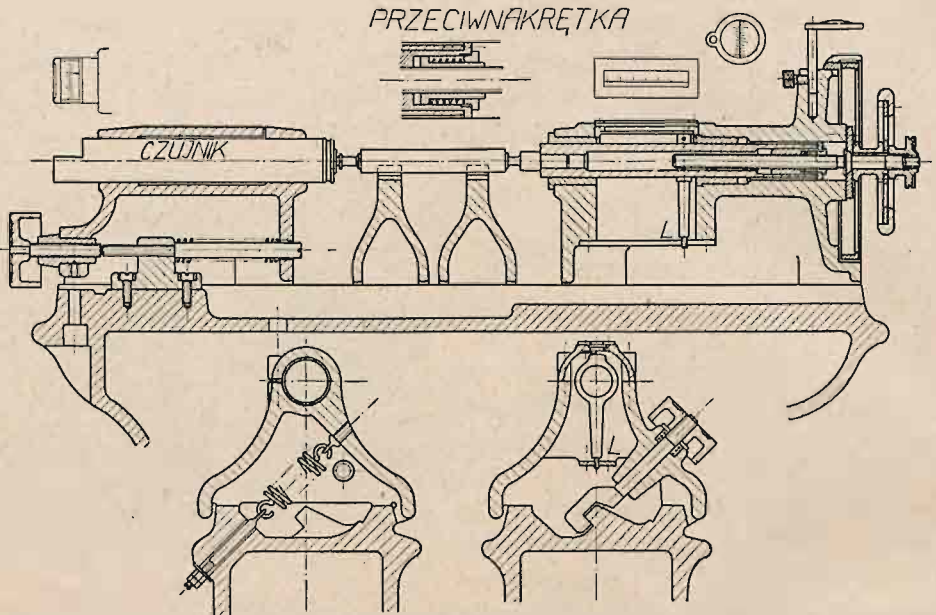
Rys. 45

Tarczkę podziałową obraca się zapomocą skrzyżowanego sznurka i kółka metalowego *H*. Do nastawiania skali na zero służy ruchomy wskaźnik *E* z precyzyjnym nastawianiem *F*. Napięcie sznurka jest niewielkie i pomiar jest ścisły. Do szybkiego obrotu kółka *H* służą przedłużniki mniejszej średnicy.

Mikrometr cały łatwo rozebrać na części i wyczyścić. Do smarowania wrzecionka nadaje się olej kostny, używany do maszyny do pisania. W użytku warsztatowym należy zabezpieczyć przedewszystkiem mikrometr i wzorce od rdzewienia zapomocą waseliny, nie zawierającej kwasów. Poza zwykłymi pomiarami można dokonywać na mikrometrze pomiarów gwintów i t. p., tak samo, jak na maszynie mierniczej, o czem będzie mowa później.

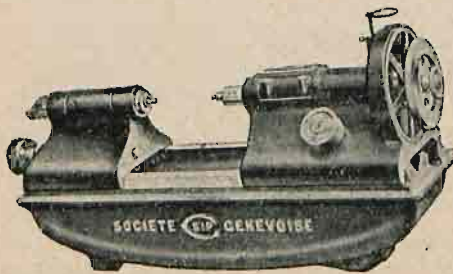
Bardzo starannie opracowany model mikrometru z podziałką mikro-nową opracowała niedawno wytwórnia Société Genevoise (rys. 46 i 47). Na uwagę zasługuje przytem wykonanie śruby mikrometrycznej stalowej hartowanej i szlifowanej, prawdopodobnie na znanej ze swej dokładności szlifierce do gwintów, jaką wyrabia ta wytwórnia. Daje ona możność dokonywania niezawodnego pomiaru na długości 50 mm dzięki wyrugowaniu t. zw. b  d  w okresowych. B  dy skoku usuwa kompensacja zapomocą linja  tu, pokr  caj  cego nakrętkę. Konstrukcja nakrętki pociągowej jest szczególnie starannie opracowana. Nakrętka i przeciwnakr  tka znajdują się pod stałym naciskiem spr   żyny.

Trzpień konika został zastąpiony przez czujnik, t. zw. minimetr, którego odchylenia są mierzone również przez mikronową podziałkę. Daje to



Rys. 46. Konstrukcja mikrometru Société Gènevoise

możność szybkiego porównania niewiele między sobą różniących się wzorców zapomocą pomiaru czujnikowego, zajmującego znacznie mniej czasu.



Rys. 47. Widok mikrometru Société Gènevoise

Pod względem konstrukcji mikrometr powyższy posiada wiele zalet. Całość jest zamknięta szczelnie wewnątrz głowicy i konika. Wszelkie przesuw są miękkie dzięki umiejętnemu zastosowaniu sprężyn. Śrub zaciskowych w zwykłym tego słowa znaczeniu niema wcale, zastępują je wszędzie mocne sprężyny, dające stały nacisk. Prowadnice są nader umiejętnie obmyślane.

18. KALIBRY. Tak suwmiarki, jak i mikrometry wykonywa się w licznych odmianach, przystosowanych do sprawdzania różnych przedmiotów. Nie można też nigdy mówić o bezwzględnej wyższości jednego z tych narzędzi nad innym. Każde z nich w pewnej określonej, niekiedy zało bardzo ograniczonej dziedzinie, może być bez współzawodnictwa.

Macki są niezastąpionem narzędziem w tych razach, gdy mamy szybko określić miary przybliżone. Poręcznym trwałym narzędziem jest suwmiarka. Zato dokładny mikrometr i udoskonalona precyzyjna suwmiarka dla warsztatu dawniejszego typu uchodziły za zbyt delikatne narzędzia, wymagając wprawy, której trudno było żądać od mało wykwalifikowanego rzemieślnika. W izbie narzędziowej i specjalnych pracowniach umożliwiają one dokonywanie różnorodnych pomiarów z wielką dokładnością.

W warsztacie, zatrudniającym robotników niewykwalifikowanych, niepodobna mikrometrowi zapewnić racjonalnego przechowywania i ochrony od dostania się w niepowołane ręce. Powstaje teraz pytanie, jak dokonywać dokładnych pomiarów w samym warsztacie: macki są niedokładne, mikrometr zbyt delikatny. Wyłuszczone powody skłoniły do stworzenia narzędzi mierniczych, zbudowanych według odmiennych zasad konstrukcyjnych, a mianowicie sprawdzianów sztywnych, czyli kalibrów.

Kalibrami nazywamy sprawdziany sztywne, posiadające niezmiennie wymiary lub kształty. Aby pojąć zasady konstrukcyjne tych ważnych narzędzi, służących do sprawdzania otworów, czopów, słozków, śrub i nakrętek, kół zębatach i t. p. elementów maszynowych, rozpatrzmy szczegółowo, na czym polega sprawdzenie zasadniczych kształtów geometrycznych. Zaczniemy od powierzchni walcowej, której różne odmiany pasowań omówiliśmy już poprzednio.

Cylindryczność otworu lub czopa polega na tem, że 1. wszystkie przekroje prostopadłe do osi walca są okrągłe, 2. średnice odpowiednich okręgów są te same i 3. tworzące walca są prostolinjowe. Sprawdzenie precyzyjne musi obejmować każdy z wyszczególnionych trzech punktów oddzielnie z podaniem odrębnych tolerancyj. Można poprzestać na ryczałtowem sprawdzeniu powierzchni cylindrycznej zapomocą jednego narzędzia i jednego pomiaru. Jest to metoda najbardziej rozpowszechniona w praktyce. Polega ona na użyciu sprawdzianów różnicowych, czyli granicznych.

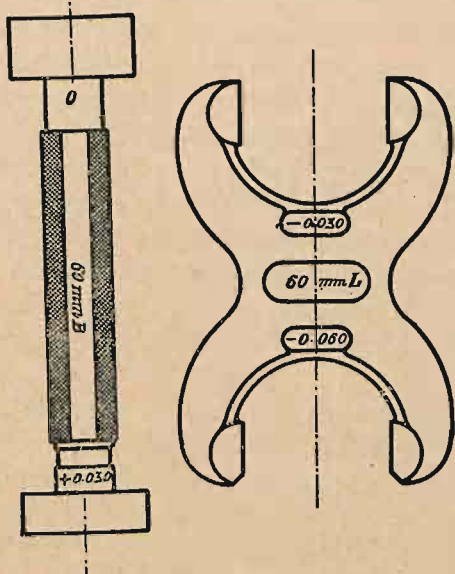
Rys. 48 przedstawia kalibry różnicowe do sprawdzania otworu i wału. Krótkie trzpienie po obu końcach sprawdziana tłoczkowego posiadają średnice, możliwie zbliżone do niższej i wyższej granicy tolerancyjnej. Jeżeli jeden trzpień wchodzi w otwór, drugi zaś nie wchodzi, można być pewnym, że rzeczywista średnica otworu jest zawarta w danym obszarze. Pomiar trwa bardzo krótko, gdyż miar nie odczytuje się na skali i wszystko polega na stwierdzeniu faktu wchodzenia lub niewchodzenia trzpienia sprawdziana w otwór. Choć pomiar jest prosty, bynajmniej nie jest łatwy, jak to się wydaje na pierwszy rzut oka. Trzpienie należy wprowadzać do otworu ściśle storcowo, przewyciężając opór z subtelnym czuciem. Trzpienie powinny być zwilżone nieco waseliną lub olejem rzepakowym, który zabezpiecza je od rdzewienia i zarazem zmniejsza tarcie. Przy małych luzach

należy przy wprowadzaniu trzpienia do otworu, pokręcać powoli sprawdzian, unikając tym sposobem nadmiernego wzrostu oporu przylegania powierzchni trzpienia i otworu.

Ważnym elementem czynności mierzenia jest t. zw. czucie, będące najpewniejszą gwarancją niezbyt bliskiego sąsiadowania średnicy rzeczywistej z którąkolwiek wartością graniczną. Czucie owo polega na większym czy mniejszym oporze wpychania sprawdziana w otwór. Jest rzeczą oczywistą, że zwiększając średnicę nominalną, lub zmniejszając luzy, będziemy ten opór zwiększali, czyli zmniejszali czucie. Ostatnia okoliczność

jest bardzo niepożądana, im bowiem wartości graniczne mają być bliższe, tem na mniejsze możemy liczyć czucie. Jak wykazały doświadczenia Schlessingera, przy obu bardzo gładkich powierzchniach siły przylegania wrażliwe stają tak dalece, że chwilowe przerwanie obrotu sprawdziana w otworze może wywołać trwałe tarcie i siła ręki ludzkiej może się okazać niewystarczająca do wyciągnięcia trzpienia z powrotem. Im dokładniejsze są pasowania, tem bardziej zawodzi czucie.

Sprawdzanie ryczałtowe cylindryczności otworu zapomocą sprawdziana różnicowego ogranicza się do otworów mniejszych i niezbyt dokładnych. Chcąc zwiększyć średnicę pomiarową, należy przejść do sprawdzania poszczególnych warunków cylindryczności otwo-



Rys. 48. Sprawdziany tłoczkowy i szczękowy do wałków

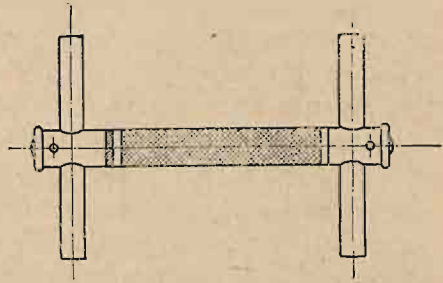
ru, ograniczając powierzchnię styku sprawdziana z otworem. Do sprawdzania okrągłości przekrojów otworu cylindrycznego nadaje się najlepiej kula. Styk ogranicza się do linii, a ukośne wprowadzenie sprawdziana do otworu nie wpływa na pomiar; łatwo pojąć, że sprawdzian kulowy może być różnicowym, jak i trzpieniowy.

W praktyce sprawdzian kulowy jest mało używany, gdyż nie daje możliwości sprawdzania prostolinijności otworu. Rozpowszechnienie zyskał natomiast sprawdzian, będący pochodną kalibru kulowego, zwany średnicówką. Jest to pręcik ze storcami, zakończonymi przez wycinki powierzchni kulistej. Styk średnicówki z otworem ogranicza się do niewielkiej części okręgu koła. Dwa takie trzpienie, bądź oddzielne, bądź osadzone we wspólnej rękojeści tworzą średnicówkę różnicową (rys. 49). Czucie średnicówki jest subtelne i co najważniejsze, mierząc otwór w róż-

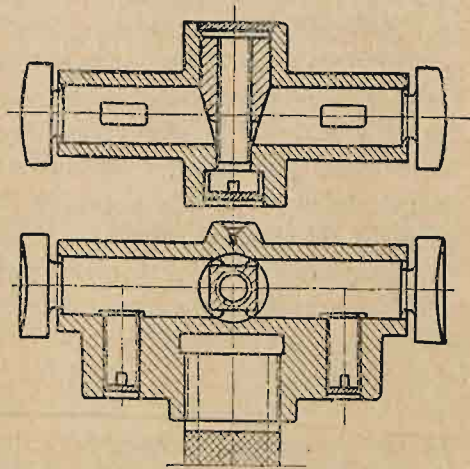
nych kierunkach, można sprawdzić, czy poszczególne przekroje stanowią rzeczywiście okręgi koła. Przy sposobności zauważymy, że w mikrometrycznych rozsuwnych średnicówkach końcówki posiadają małe zaokrąglenia tak, że styk z otworem ogranicza się do punktów, co wpływa na szybkie wycieranie się końcówek.

Odmianę sprawdziana różnicowego, analogiczną do średnicówki, stanowi płaski sprawdzian do otworów. Może on być stały lub nastawny, czyli regulowany. Rys. 50 zapoznaje nas szczegółowo z konstrukcją nastawnego sprawdziana do otworów w wykonaniu szwedzkiej wytwórni Johanson'a. Styk w sprawdzianach płaskich jest ograniczony do dwóch pasków powierzchni cylindrycznej, co umożliwia sprawdzanie okrągłości otworu i zarazem prostoliniowości tworzących walca. Jest on znacznie lżejszy od sprawdziana trzpieniowego i dzięki temu wyrugował go z praktyki przy mierzeniu większych średnic.

Można zgóry przewidzieć, że ograniczenie styku, zmniejszenie ciężaru sprawdziana i, co jest rzeczą najważniejszą, zróżniczkowanie pomiaru przez sprawdzanie poszczególnych cech cylindryczności otworu, umożliwia zredukowanie tolerancji. Fakt powyższy stwierdza doświadczenie. Schlesinger próbował wykryć liczbą zależność pomiędzy ograniczeniem styku a czuciem sprawdzianów. W tym celu poddał on badaniu trzy otwory o średnicy 65 mm, wykonane w zwykłych warunkach warsztatowych. Jeden z nich był wykonany według sprawdziana trzpieniowego tak, że węższy jego koniec wchodził w otwór posuwisto. Drugi otwór wykonano tak samo, lecz według sprawdziana płaskiego, trzeci zaś według średnicówki. Gdy zamieniono sprawdziany, okazało się, że w pierwszy otwór sprawdzian płaski wchodzi lżej od trzpieniowego, zaś jeszcze lżej średnicówka. Naodwrot, sprawdziana trzpieniowego nie można było wepchnąć do otworu drugiego i trzeciego, a sprawdziana płaskiego do otworu trzeciego. Zaraz potem sporządzono nowy sprawdzian płaski i śred-



Rys. 49. Średnicówka różnicowa



Rys. 50. Płaski sprawdzian nastawny

nicówkę, wykazujące przy wprowadzaniu ich do otworu pierwszego ten sam opór co i sprawdzian trzpieniowy. Porównanie sprawdzianów wykazało, że sprawdzian płaski był o 12μ , zaś średnicówka o 20μ mniejsza od trzpieniowego. Schlesinger zaznacza następnie, że ponowne sprawdzenie wykazało, że otwory nie były okrągłe, czego nie wykrył sprawdzian trzpieniowy. Okazało się również, że pierwszy otwór posiadał średnicę większą od tej, jaką mu przypisywano.

Z doświadczeń powyższych wynika niezbicie, że nie można stosować równorzędnie sprawdziana trzpieniowego, płaskiego i średnicówki do mierzenia tej samej średnicy. Konieczność wyrugowania przy mierzeniu czynników subiektywnych zmusza do stosowania sprawdzianów trzpieniowych przy mierzeniu małych otworów, płaskich przy średnich, zaś średnicówek przy sprawdzaniu dużych cylindrów. Niektóre wzorowe wytwórnie stosują u siebie sprawdziany płaskie przy mierzeniu nie tylko średnich, ale i małych otworów (bracia Sulzer w Winterthur). Do mierzenia średnic zewnętrznych stosuje się sprawdziany widelkowe z płaskimi szczękami powszechnie znanego typu. Powierzchnia styku z wałem jest niewielka i sprawdzian posiada dostateczne czucie.

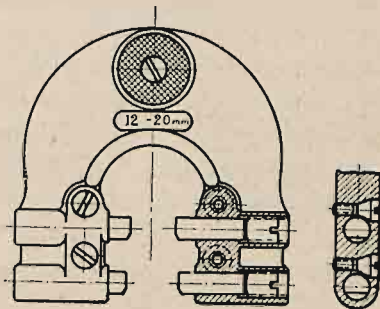
Z faktu, że pasowanie posuwiste przechodzi w szczelne, wskutek zwiększania lub zmniejszania otworu o 4μ , a nawet zaledwie o 2μ , wynika, że zużyciu powierzchni sprawdzianów należy poświęcić wiele uwagi i narzędzia te poddawać systematycznym oględzinom. Co się tyczy tolerancyj, według których powinny być wykonywane same sprawdziany, to przyjęto za zasadę, że są one dziesięciokrotnie zmniejszone w stosunku do tolerancji przedmiotu, mierzonego zapomocą danego sprawdziana. Istnieją również dopuszczalne normy zużycia sprawdzianów, o których mówiliśmy już w rozdziałach o pasowaniach. Poniżej pomieszczamy odpowiednie tablice.

O ile zużycie jest większe od dopuszczalnego, sprawdziany należy wycofać z obiegu i doprowadzić do porządku. Sprawkziany nienastawne naprawiają niekiedy zapomocą postukiwania i wywoływania drobnych odkształceń. Rzeczą jest oczywistą, że tego rodzaju praktyka jest wadliwą, gdyż tym sposobem nie można otrzymać równoległości płaszczyzn szczęk, a docieraniem samem nie można tego osiągnąć, gdyż zadaniem docierania jest jedynie doprowadzenie sprawdziana do zasadniczej miary, nigdy nadawanie mu geometrycznego kształtu, co powinno być uskuteczniane na szlifierce. Jedyne wyjście z sytuacji jest przeszlifowanie sprawdziana tak, by służył on do innego rodzaju osadzenia przy tej samej średnicy nominalnej.

W ostatnich czasach wchodzi bardzo w użycie sprawdziany z nastawnymi szczękami, które wymagają jednak bardziej wykwalifikowanych i sumiennych robotników. Rys. 51 przedstawia sprawdzian widelkowy

Johanson'a, w którym poza możliwością wymiany szczęk na uwagę zasługuje umieszczenie obu szczęk o maksymalnej i minimalnej rozwartości granicznej jedna za drugą, co zabezpiecza od pomylenia strony „przechodzi” i „nieprzechodzi”.

Jak już mieliśmy sposobność o tem mówić, wprowadzenie sprawdzianów różnicowych do wytwórni maszyn wymaga ustalenia luzów i tolerancji, czego nie można, niestety, wykonać sposobem arbitralnym, biorąc odpowiednie dane z tablic, gdyż warunki, jakim powinien odpowiadać dany przedmiot i środki rozporządzalne wytwórni, wpływają na wybór. Prawie zawsze ostateczne przyjęcie tolerancji następuje po szeregu prób i zdobyciu doświadczenia. Gdzie niema tradycji i gdzie nie ustalono dotychczas ogólnych zasad, na jakich oprzeć się ma układ tolerancyjny, tam zalecić wypada ostrożność przy wprowadzaniu sprawdzianów różnicowych bez regulacji.



Rys. 51. Sprawdzian nastawny

Sprawdziany widełkowe z nastawnymi szczękami nie są trudne do wykonania, jeśli wykonać przyrząd do przewiercania za jednym zamocowaniem otworów do wkładek cylindrycznych tak, by pozostawały one w jednej osi. Otwory do śrubek zaciskowych nie wymagają specjalnej dokładności wykonania. Wykonanie wkładek nie nastręcza specjalnych trudności. Co się tyczy obaw o możliwość rozregulowania sprawdziana przez robotnika, to nie jest ona większą od obawy o zepsucie umyślnie sprawdziana sztywnego. Natomiast możliwość zmiany tolerancji w szerokich granicach, możliwość użytkowania sprawdzianów z chwilą zarzucenia wyrobu danej maszyny i przejścia do innej produkcji, łatwość usuwania zużycia powierzchni dotykowych, stanowią o powodzeniu sprawdzianów typu Johanson'a. Wysuwany zarzut, że do nastawiania sprawdzianów Johanson'a niezbędne są wzorce lub specjalne maszyny miernicze, nie jest istotny, gdyż i przy sprawdzianach bez regulacji szczęk należy je poddawać częstemu sprawdzaniu. Byłoby rzeczą wskazaną, aby w każdym ośrodku przemysłowym istniała instytucja, podejmująca się nastawiania i sprawdzania kalibrów.

19. POWOLNE ZMIANY KSZTAŁTU WZORCÓW. Oprawy i pałki sprawdzianów i narzędzi mierniczych, zwłaszcza większych wymiarów, powinny być zupełnie sztywne, a pomimo to lekkie. Przy większych wymiarach należy sprawdzać, czy odkształcenia w danych warunkach nie przekraczają norm dopuszczalnych. Wybór odpowiednich przekrojów musi być starannie dobrany.

Przy wyrobie sprawdzianów nie należy zapominać nigdy, że żelazo i stal podlega stałym zmianom molekularnym, uwarunkowanym przez obróbkę mechaniczną i cieplną. Zmiany te są powolne, jednak bynajmniej nie znikome. Zwłaszcza w przedmiotach ze stali hartowanej powolne zmiany dają się odczuwać w ciągu bardzo długiego czasu.

Leman i Werner w fizyczno-technicznym zakładzie doświadczalnym w Berlinie przeprowadzili szereg badań nad zmianami długości hartowanych wzorców stalowych. Pięcioletni okres doświadczalny umożliwił im obok poznania zmian długości, powstających bezpośrednio po hartowaniu, jeszcze zbadanie zmian, będących wynikiem powolnego procesu cząsteczkowego, trwającego miesiące i lata.

Doświadczenia Lemana i Wernera wykazały, że długości wzorców podlegają zmianom naogół nieprawidłowym. Wielkość tych zmian może mieć wpływ, co prawda w razach wyjątkowych, nawet na zastosowania praktyczne w przemyśle maszynowym. Tak np. przyrost wzorca 50 mm długości, gwarantowanego na dokładność $\pm 1 \mu$, wyniósł w ciągu pięciu lat 17μ . Inny wzorec po upływie dwóch lat wykazał przyrost 12μ . Zmiany polegały na wydłużaniu się wzorców, były jednak wypadki zmniejszania się długości.

Aby ocenić bezpośredni wpływ hartowania, doświadczeniom została poddana pewna liczba wzorców cylindrycznych 20 mm i 100 mm długości. Wzorce, wykonane z różnych gatunków stali, mierzone były dokładnie przed i po hartowaniu. Hartowanie było dokonywane według rozmaitych metod. Wyniki przedstawia tabliczka, w której podane są w mikronach przyrosty dodatnie i ujemne długości wzorców. Wzorce, należące do tej samej grupy i hartowane według tej samej metody, oznaczone są liczbami 1, 2, 3, 4 i 5. Rzymskimi literami są oznaczone grupy hartowania.

Grupa wzorców jednakowo wykonanych i hartowanych	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wzorec 1	-127	-104	-12	+494	+53	+43	+1
" 2	-127	-89	+53	+529	-24	+41	+5
" 3	-111	-92	+25	+477	-4	+37	+12
" 4	-89	-84	+42	+387	-114		
" 5	-136	-99	-34	+244	-24		
Wartość średnia przyrostu	-118	-94	+16	+426	-44	+40	+6

Jak widzimy z załączonej tabliczki, zmiany, wywołane bezpośrednio przez zahartowanie, polegały bądź na zmniejszeniu, bądź na zwiększeniu długości wzorców. Rozbieżność wyników jest raczej pozorna i objaśnia się w ogólności dużym wzrostem objętości wzorca w chwili hartowania.

Po zahartowaniu tworzy się po wierzchu twarda powłoka, od której grubości zależy ustosunkowanie się długości i średnicy wzorca. W tych warunkach jest poniekąd rzeczą przypadku, czy długość ostateczna będzie większa, czy mniejsza od początkowej.

Staranne hartowanie, polegające na równomiernym ogrzewaniu wzorca i na zachowaniu odpowiedniej temperatury wzorca i wody (grupa II, VI i VII), wpływają na osiągnięcie pewniejszych wyników w stosunku do wartości średnich. Niewielkie nawet zmiany w przebiegu hartowania zwiększają wybitnie odchylenia od wartości średnich.

Co się tyczy bliżej sprawy powolnych zmian molekularnych, to obserwacje nad wzorcami wykazały, że największe zmiany zachodzą w pierwszych miesiącach po hartowaniu. O wielkości tych zmian daje pojęcie następujący przykład, przedstawiający przyrosty długości wzorca 100 mm w mikronach, mierzone w rozmaitych odstępach czasu (Leman i Werner):

Daty	12/1	28/1	1/2	4/2	8/2	12/2	11/9
Przyrosty	— 104,2	— 115,1	— 115,8	— 116,5	— 117,1	— 118,5	— 120,6

Znaczenie praktyczne posiadały przeprowadzone przez tych badaczy doświadczenia nad przyspieszaniem procesu cząsteczkowego na drodze obróbki cieplnej. W tym celu pewną liczbę wzorców ogrzewano w kąpeli z oleju palmowego przy temperaturze 150° C. Po dziewięciu godzinach ogrzewania długość niektórych wzorców zmieniła się o kilkadziesiąt mikronów. Doświadczenia wykazały, że jednorazowe dłuższe ogrzewanie w termostatach jest jednoznaczne z przerywaniem lecz zesumowaniem przy tej samej temperaturze. Tym sposobem zabiegi praktyczne, zwane sezonowaniem, a polegające na wystawianiu przedmiotów hartowanych przed docieraniem na zimno i na gorąco, okazały się o tyle skutecznymi, o ile idzie o ogrzewanie, a nie o rapłowne zmiany temperatury. Z doświadczeń omawianych okazało się również, że intensywne przemagnesowywanie wzorców nie „uspokaja“ molekularnego ruchu stali. Zauważone zmiany długości należało całkowicie przypisać podwyższeniu temperatury wskutek przemagnesowywania.

Szybkie wyczerpanie powolnych ruchów molekularnych stali można osiągnąć według Lemana i Wernera przez ogrzewanie wzorców do 150° w ciągu dwunastu godzin. Praktyka Bureau International des Poids et Mesures zaleca ogrzewanie wzorców w ciągu 100 godzin do 100° C. Nie zabezpiecza to jednak od niewielkich zmian późniejszych, bardzo przykrych w dziedzinie metrologii naukowej, jednak znikomych, o ile w grę wchodzi zastosowania praktyczne. W ostatnich czasach znany metrolog i fizyk francuski Ch. Guillaume ¹⁾, dyrektor międzynarodowego biura miar

¹⁾ Wynalazca inwaru stopu żelaza z niklem, posiadającego znikomo mały spólczynnik rozszerzalności (p. La Convention du Mètre par Ch. Ed. Guillaume, 1902, str. 136).

w Breteuil pod Paryżem, podjął rozległe badania nad powolnymi zmianami długości wzorców z różnych metali.

Co się tyczy stali, to według prof. W. Broniewskiego, ogrzewanie w ciągu kilkudziesięciu lub kilkunastu minut do temperatury około 200° C powinno usunąć szybkie zmiany, wynikające z przechodzenia jednych składników metalograficznych w drugie, i zarazem zapewnić stali większą twardość.

Należy zauważyć, że brak dotychczas danych o bezpośrednich zmianach, wskutek hartowania kształtu pierścieni, pałków i t. p. Dane te posiadatyby duże znaczenie dla techniki wyrobu sprawdzianów, ustalając konieczne nadładki na docieranie po hartowaniu.

20. USUWANIE BŁĘDÓW SUBIEKTYWNYCH PRZY POMIARACH. CZUJNIKI. Jednym z najważniejszych warunków dokładnego pomiaru jest prawidłowe położenie narzędzia podczas mierzenia. Dawniej mało liczone się z odnośnymi błędami subiektywnymi i dopiero nowsze konstrukcje starają się od nich zabezpieczyć. Niedokładnego wycentrowania narzędzia względem przedmiotu należy się przedewszystkiem tam obawiać, gdzie jest mała powierzchnia styku przy mierzeniu. Sprawdzian trzpieniowy centruje się przy wprowadzaniu go do otworu lepiej od płaskiego. Najłatwiej zdecentrować średnicówkę, którą można przestawić ukośnie w dowolnym kierunku.

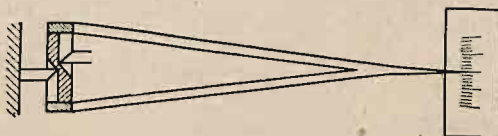
Sprawdzian płaski można tak zbudować, by prawidłowe wprowadzenie go do otworu było nie gorsze, niż przy sprawdzianie trzpieniowym. Łączymy mianowicie dwa sprawdziany płaskie pod kątem 90°. Można również na drodze konstrukcyjnej, co prawda w sposób bardziej złożony, zabezpieczyć centrowanie średnicówek.

Wybitnie subiektywny charakter posiada przy mierzeniu czucie ręki, a raczej odczuwanie oporu kojarzenia narzędzia z przedmiotem. Opór ten zależy od wielu nieuchwytnych czynników: siły ręki, umiejętnego chwytu narzędzia, lekkości władania, od tarcia, przylegania powierzchni, smaru, użytego do śruby mikrometrycznej. Przy pewnych konstrukcjach biegłość mierzącego jest niezbędną, i pomiar nosi typowo subiektywny charakter. Od tych nieuchwytnych czynników należało się za wszelką cenę wyzwolnić, stosując stały nacisk narzędzia na przedmiot. W mikrometrze np. jest to osiągnięte zapomocą znanej grzecholki, wyznaczającej maksymalny opór obracania śruby mikrometrycznej. Doświadczenie wykazuje, że cel ten nie jest jednak osiągnięty w sposób dostatecznie zadawalający. Nasmarowanie grzecholki tym czy innym smarem, oraz szybkość pokręcania zmienia opór w granicach, dających się wyraźnie odczuć. Dopiero w nowszych czasach obmyślono szereg narzędzi, usuwających błędy subiektywne. Z pośród nich na pierwszy plan wysuwają się t zw. czuj-

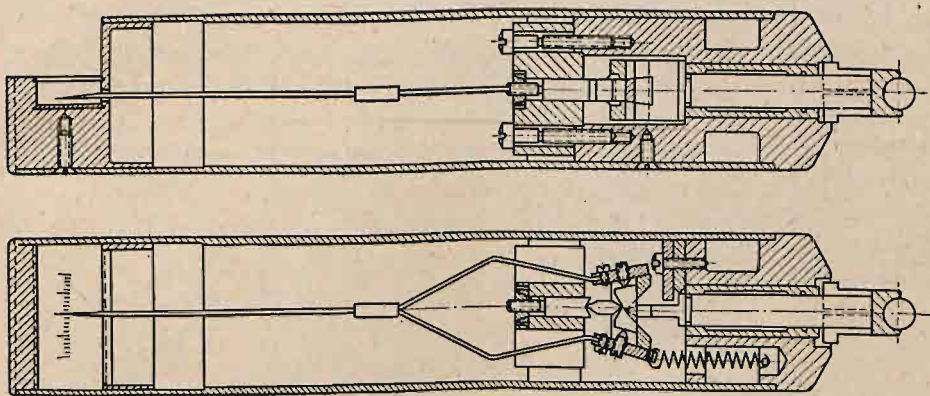
niki. Ukazanie się czujników stanowi do pewnego stopnia punkt zwrotny w praktyce warsztatowej, którego znaczenie stale się pogłębia.

Czujników istnieje wiele odmian, i stosownie do zasady, według której zostały one zbudowane, dzielą się one na mechaniczne, optyczne, przeponkowe i elektryczne. Czujnikiem mechanicznym nazywamy narzędzie miernicze, określające w znacznie powiększonej skali drobne przesunięcia guziczka dotykowego przyrządu. W czujniku optycznym odchylamy za pomocą lusterka promień światła, przyczem wychylenie lusterka jest proporcjonalne do mierzonego odchylenia. W czujnikach przeponkowych przesunięcie sprężystej przeponki wywołuje podnoszenie się cieczy w rurce cienkiej i skalibrowanej, dzięki czemu możemy zmierzyć owe przesunięcie. Czujnik elektryczny pozwala ustalić z wielką dokładnością moment styku kowadełka z wrzecionkiem maszyny mierniczej. Obecnie rozpatrzmy konstrukcje czujników mechanicznych, polegające bądź na układzie dźwigienek, bądź na mechanizmie z kółek zębatych.

Rys. 52 przedstawia zasadę konstrukcji czujnika Hirth'a, zwanego minimetrem. Polega ona na osadzeniu na nożach długiej lekkiej dźwigienki, stanowiącej zarazem wskazówkę czujnika. Zbliżenie się lub odchylenie noży wywołuje odchylenie się wskazówki, przyczem dzięki wyjątkowo dużemu stosunkowi ramion dźwigienki, podziałka na skali wynosi bądź 0,01 a na-

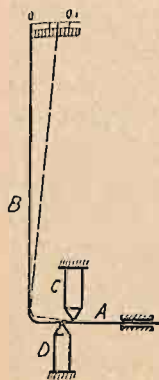


Rys. 52. Schemat minimetru



Rys. 53. Konstrukcja minimetru Hirth'a

wet 0,001 mm. Obszar pomiarowy ogranicza się zazwyczaj do 20 podziałek i wynosi w całości od 0,4 mm do 0,02 mm. Rys. 53 zapozna z konstrukcją minimetru. Mianowicie podwójną krawędź na-

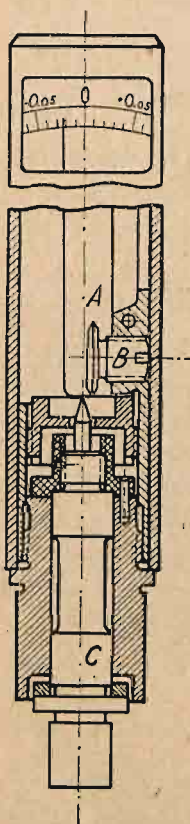


Rys. 54

stawiamy tak zapomocą śrubki, że zapewnia ona właściwy obrót dźwignie wskazówkowej. Łożysko krawędziowe wskazówki jest obracane bezpośrednio przez tłoczek dotykowy, osadzony subtelnie w długiej tulejce przewodnikowej. Sprężyna dociska kowadełko kulkowe tłoczka do przedmiotu mierzonego z naciskiem, wynoszącym stale około 100 gr. Aby nie uszkodzić minimetru przez zbyt silny nacisk, dwa zderzaki ograniczają wychylanie się wskazówki.

Przy omawianej konstrukcji precyzja zależy głównie od stopnia dokładności krawędzi, które w rzeczywistości są powierzchniami walcowymi o bardzo małym promieniu. Przy obrocie dźwignienki zmienia się nieco jej ramię krótkie, a tem samem i stosunek przekładni. Naodwrot grę tłoczka w tulejce przewodnikowej można zlekceważyć. Przy stosunku przekładni 1 : 500 lub 1 : 1000, dokładność minimetru sięga 0,8 a nawet 0,5 μ . Przy stosunku 1 : 100 dokładność wynosi około 2 μ , co wystarcza dla wielu potrzeb praktycznych.

Za zaletę konstrukcji Hirtha należy poczytywać tę okoliczność, że mechanizm składa się właściwie z jednej tylko dźwignienki, będącej zarazem wskazówką, wskutek czego usunięty jest martwy ruch mechanizmu, oraz ograniczony wpływ grubości warstwy smaru w łożyskach i miejscach dotykania się dźwigni i noży.

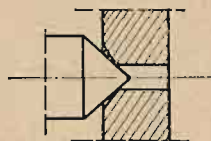


Rys. 55. Digor

Jeszcze prostsze rozwiązanie przedstawia czujnik Goerz'a, t. zw. digor. Mamy tu do czynienia właściwie z cienką, zgiętą pod kątem prostym sprężyną AB (rys. 54), na którą działa z dołu tłoczek D , gdy z góry przytrzymuje ją oporniczek C . Rys. 55 zapoznaje nas z konstrukcją tego czujnika, którego charakterystycznym szczegółem jest tarczka krawędziowa A , nastawiana zapomocą śrubki B , regulującej tym sposobem stosunek przekładni. Poza tem sama wskazówka działa jako sprężyna, dopychająca tłoczek C do przedmiotu mierzonego. Wadą tej pomysłowej konstrukcji jest małe wychylanie się wskazówki, wskutek czego zastosowanie czujnika ogranicza się do identyfikowania nacisku przy wysoce precyzyjnych mikrometrach. Sprężyna, stanowiąca wskazówkę, nie zmienia się nawet po wielu tysiącach pomiarów tak, że czujnik powyższy jest wyjątkowo trwały.

Można w czujnikach użyć podwójnej, albo nawet wielokrotnej przekładni dźwignikowej i, istotnie, tego rodzaju konstrukcje spotyka się dość często w przeróżnych komparatorach warsztatowych.

W czujnikach mechanicznych nie stosuje się naogół osi lub czopików, osadzonych w panewkach, ze względu na to, że pasowanie obrotowe wymaga pewnego luzu, wpływającego w wysokim stopniu na dokładność pomiaru ze względu na stosunek przekładni, wynoszący częstokroć 100 : 1 i więcej. Zamiast osadzenia czopowego racjonalniej jest zastosować osadzenie szpicowe (rys. 56). Zamiast ostrza stożkowego nic nie stoi na przeszkodzie użyć stalowej hartowanej kulki.



Rys. 56

Osadzenie w szpicach nasuwa nam sposobność do wypowiedzenia uwagi ogólnego charakteru. Mianowicie wbrew utartemu mniemaniu należy przy osadzeniu w szpicach dość mocno je docisnąć. W przeciwnym razie odnośna dźwignia może zająć położenie nieco ukośne, czyli „wyjść ze swej płaszczyzny“, przez co zmienić się może stosunek przekładni w pewien nieokreślony i co, gorsza, przypadkowy sposób. Pewność zasadniczych założeń geometrycznych należy we wszelkich przyrządach naukowych stawiać zawsze na pierwszym planie i poświęcić jej w danym razie zmniejszenie subtelności obrotu wskutek zwiększenia tarcia w szpicach.

Przy przekładniach wielokrotnych nacisk na poszczególne dźwigienniki nie może być jednakowy. Pierwsza dźwigenka od strony guzika dotykowego przewycięża, obok tarcia we własnych szpicach, jeszcze pewien opór kontrsprężynki czujnikowej. Wydaje się nam w tych warunkach rzeczą konieczną zastosować pewne stopniowanie w dociskaniu szpiców poszczególnych dźwigienników, w celu niezawodnego pod względem geometrycznym osadzenia poszczególnych dźwigienników, poddanych działaniu tak różnych sił.

Jeśli przyjmiemy za przykładem Berndt'a¹⁾, że stosunki przekładni dźwigienników wielokrotnego czujnika będą $i_1, i_2, i_3 \dots i_p$, zaś odnośne błędy stosunków przekładni $z_1, z_2, z_3 \dots z_p$, to błąd wypadkowy przekładni wyniesie

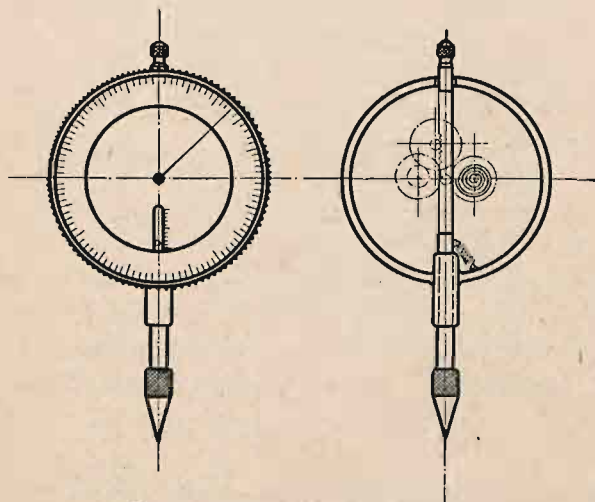
$$\Delta_p = \frac{z_1}{i_1} + \frac{z_2}{i_1 i_2} = \frac{z_3}{i_1 i_2 i_3} + \dots + \frac{z_p}{i_1 i_2 \dots i_p} + \frac{y}{i_1 i_2 \dots i_p}$$

Założenie Berndt'a, że przy stałym stosunku przekładni poszczególnych dźwigienników $i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_p$ należy uważać, że i $z_1 = z_2 = \dots = z_p$, wydaje się nam być nieusprawiedliwionem i błędnem ze względu na omawiany rozkład biernych oporów i nieuniknione odkształcenia dźwigienników i gniazdek, w których osadzone są szpice.

W czujnikach zegarkowych (rys. 57) z mechanizmem, składającym się z kółek zębatych, należy się obawiać martwego ruchu mechanizmu, wskutek obecności smaru pomiędzy zębami przekładni, jak również zaci-

¹⁾ Prof. G. Berndt i H. Schulz. Grundlagen technischer Längenmessungen str. 113. Berlin. J. Springer. 1921.

niania się kółek zębatych. Zato czujniki zegarkowe są bardzo poręczne i dają możliwość odczytywania przesunięć, mierzonych według dość rozległej skali, jakkolwiek należy przestrzec przed niedokładnościami, jakie dają się w nich zauważyć, o ile idzie o znaczniejsze odchylenia. Ostatnie



Rys. 57. Czujnik zegarkowy

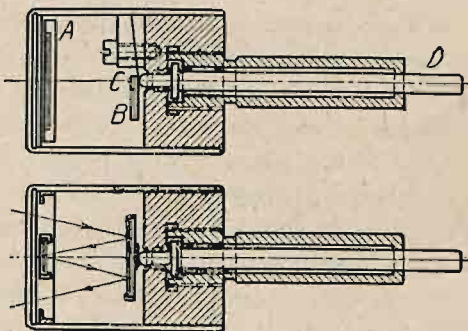
konstrukcje czujników zegarkowych zapewniają należyłą trwałość tym ważnym narzędziom tak, że dawniejsza nieufność względem nich jest w chwili obecnej zgoła nieuzasadniona. Rysunek 57 zapoznaje nas ze szczegółami konstrukcji czujnika zegarkowego. W kadłubie osadzony jest trzpień czujnikowy, przesuwający się w dwóch pochwach brązowych. Jest on dokładnie cylindryczny i zabezpieczony od obrotu za pośrednictwem dobrze

dopasowanego kołeczka przewodnikowego, który jest odsunięty możliwie daleko od osi trzpienia, w celu zapewnienia zupełnie prawidłowego chwytu kółka zębatego z zębatką na trzpieniu. Na wspólnej ośce z trybikiem osadzone jest kołeczko zębate, pozostające w chwycie z trybikiem kółka pośredniego, które zazębia bezpośredni trybik wskazówkowy. Sprężynki usuwają martwy ruch przekładni w tym stopniu, w jakim jest to możliwe. Osi są osadzone w mosiężnej pokrywce. Kółka zębate są mosiężne, trybiki stalowe.

21. CZUJNIKI OPTYCZNE. Wadą czujników mechanicznych jest istnienie dość dużych oporów biernych, oraz konieczność użycia sprężyn i przeciwsprężyn dla usunięcia wszelkich martwych ruchów przekładni, które, wskutek zjawisk hysterezy odkształceniowej, utrudniają szybkie mierzenie i wpływają często na dokładność pomiaru. Te niedogodności występują jaskrawo w czujnikach, służących do porównywania bardziej dokładnych wzorców. W tych wypadkach daleko lepsze wyniki daje z punktu widzenia uproszczenia konstrukcji zastosowanie mierzenia przesunięć zapomocą wiązki promieni świetlnych, odchylonej wskutek pokręcenia lusterka, od którego się ona odbija.

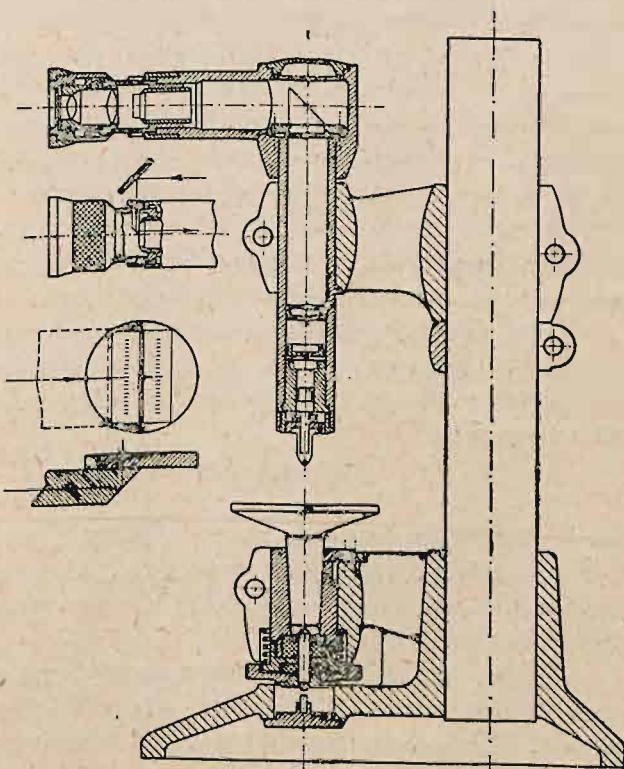
Jeden z najprostszych czujników optycznych, jaki znalazł zastosowanie w angielskich laboratorjach metrologicznych, jest przedstawiony na rys. 58. Subtelne przesunięcia trzpienia D mierzone są zapomocą

odbicia się promienia światła od dwóch lusterek *A* i *B*, znajdujących się naprzeciwko siebie. Lusterko *A* jest stałe, lusterko *B* jest przymocowane do cienkiej wstążeczki stalowej *C*, posiadającej grubość mniej więcej 50 do 75 μ . Promień światła pada na lusterko ruchome, odchylane od położenia normalnego zapomocą trzpienia *D*. Po odbiciu od lusterka *B* następuje drugie odbicie od lusterka *A*, a potem trzecie z powrotem od lusterka *B*, poczem promień pada na skalę umieszczoną w pewnej odległości od przyrządu.



Rys. 58. Czujnik optyczny

Omawiany czujnik służy do ułożsamienia naciśku na trzpień *D*, stanowiący kowadełko mikrometru. O ile porównujemy ze sobą pewne wzorce, różniące się pomiędzy sobą bardzo niewiele, czujnik powyższy może stanowić samodzielny komparator optyczny. Konstrukcja powyższa jest nader prostą. Komparator daje się z łatwością oczyścić i uregulować. Pokrewna zasada zastosowana została w optymetrze Zeissa. Rys. 59 przedstawia konstrukcję tego pomysłowego przyrządu, który znajduje coraz szersze zastosowanie w praktyce przemysłowej i zapozna ze szczegółami działania.



Rys. 59. Konstrukcja optymetru

Optymetr składa się z mocnej podstawy i podnoszonego stolika roboczego. Właściwe urządzenie pomiarowe z czujnikiem optycznym jest osadzone w ruchomym ramieniu, zaciskanem wzdłuż pionowego słupka, przy czem od mimowolnego opadnięcia ramienia zabezpiecza nastawny pier-

ścień oporowy. W ramieniu osadzony jest zgięty pod kątem prostym tubus czujnikowy; można go również podnosić i opuszczać. U dołu tubusa przesuwają się poosiowo tłoczek dotykowy, którego przesunięcia są ograniczone w obu kierunkach, podobnie jak na konstrukcji, przedstawionej na rys. 58. Górny koniec tłoczka jest zakończony przez ostrą krawędź, na której spoczywa lusterko, dociskane przez odpowiednią sprężynkę, nie przedstawioną na rysunku. Może się ono odchylać, obracając się na dwóch innych krawędziach, wykonanych, podobnie jak i pierwsze, z agatu. Odległość osi obrotu lusterka od punktu nacisku tłoczka nie jest bynajmniej mała i wynosi 5 mm. Stosownie do tego i nacisk tłoczka podczas mierzenia może być niewielki i wynosi rzeczywiście poniżej 200 gr. Na to lusterko pada obraz skali, znajdującej się na płycie szklanej, umieszczonej tuż obok okularu, przez który obserwator odczytuje odchylenia lusterka. Skala omawiana jest oświetlona zapomocą małego pryzmaczka, do którego światło wprowadzone jest z boku tubusa. Skala ta i pryzmaczek zasłania połowę pola widzenia lupy okularowej. Lusterko odrzuca obraz skali z powrotem do okularu, przyczem pryzmat o pełnym odbiciu, umieszczony w kolanie tubusa, zmienia bieg promieni z pionowego na poziomy, co ułatwia obserwację. Jeśli lusterko zajmuje położenie prostopadłe względem optycznej osi tubusa, to zero skali znajdzie się naprzeciwko strzałki na szkiełku w polu widzenia lupy. Przy odchyleniu lusterka skala się przesuwa, i z położenia skali względem wskazówki możemy sądzić o przesunięciu tłoczka czujnikowego.

Powiększenie przesuwu tłoczka czujnikowego otrzymamy ze stosunku przekładni mechanicznej i ramienia działania dźwigni optycznej, czyli odległości skali rzeczywistej i odbitej od lusterka. Powiększenie powyższe daje nam wzór

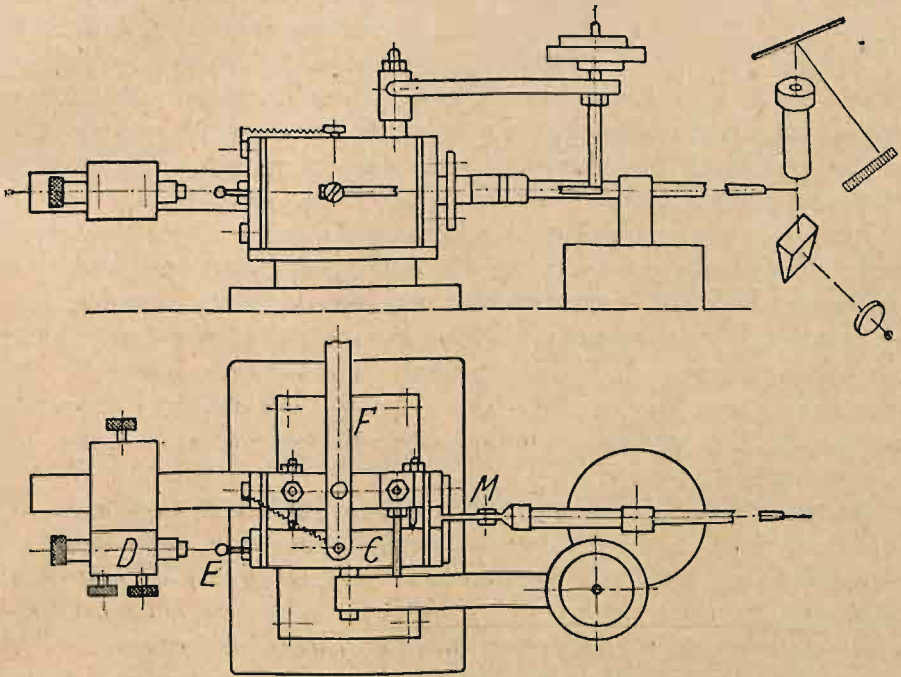
$$\text{powiększenie ogólne} = \frac{2 \cdot A \cdot p}{a},$$

gdzie A oznacza ramię optyczne = 200 mm, a ramię mechaniczne = 5 mm, zaś p = powiększeniu lupy = 12 razy. Otrzymujemy tym sposobem powiększenie 960-krotne i w polu widzenia odstępów mikronowe wydają się być 0,96 mm.

Zapomocą optimetru można oceniać względnie dobrze 0,3 μ . Pomiar, a raczej porównywanie wzorca z przedmiotem mierzonym, jest bardzo prosty. Mianowicie, naprzód na stoliku umieszcza się wzorzec, przyczem, podnosząc do góry stolik, sprowadza się zero skali do wskaźnika. Tłoczek można podnieść do góry zapomocą specjalnej dźwignienki tak, że wyjęcie wzorca i zastąpienie go mierzonym przedmiotem nie nastręcza trudności.

Przy nowem położeniu lusterka odczytujemy bezpośrednio na skali różnicę dodatnią i ujemną. Obszar pomiarowy wynosi wgórę lub wdół po 90 μ .

Optimetr Zeissa jest narzędziem mierniczym nader poręcznym i zarazem bardzo dokładnym. Zapewnia ono ścisłość pomiaru dzięki temu, że nie wymaga żadnej regulacji. Ale ma ono i wady w postaci trudnej naprawy. Jakkolwiek trzeba dużej nieuwagi, by dopuścić do rozregulowania lusterka, jednak w praktyce przemysłowej może się to zdarzyć. Tylko pierwszorzędny specjalista może dokonać naprawy, i naogół zaleca się odsyłać w tym wypadku optimetr do wytwórni. Tych wad nie posiadają czujniki optyczne pomysłu znanego angielskiego metrologa Sears'a, kierownika działu metrologicznego w National Physical Laboratory w Teddington pod Londynem. Czujniki te zasługują na tem baczniejszą uwagę,



Rys. 60. Pierwotny czujnik Sears'a

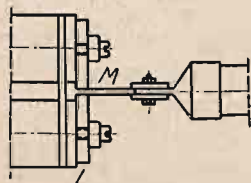
że znalazły w nich zastosowanie niektóre zasady konstrukcyjne, powtarzające się stale w przyrządach angielskich.

Pierwowzór tego czujnika był zbudowany w ciągu kilku dni w normalnych warunkach warsztatowych, co świadczyło dosadnie o inicjatywie Sears'a. Ze względów heurystycznych podajemy na tem miejscu dokładny opis tego pierwowzoru, zanim opiszemy sam czujnik w ostatecznej postaci.

Aby uniknąć trudnego dopasowywania tłoczka czujnikowego w pochewkach, Sears przymocował do sztywnego stojaczka zapomocą dwóch cienkich wstążek stalowych ruchomą głowicę *C* i przestawialny, ale nieruchomy konik *D*. Zakończenie trzpienia *D* stanowiły trzy kulki, o które

opierała się sprawdzana płytka wzorcowa. Zakończeniem trzpienia głowicy *C* była kulka *E*. Zapomocą dźwigni *F* można było przysuwać lub odsuwać głowicę wraz z kulką *E* od trzpienia *D*. Ponadto, nie zaznaczona na rys. 60 dźwigienka dociskała stale głowiczkę do konika.

Przesunięcie całkowite głowiczki wynosiło zaledwie $7,5 \mu$ i było ograniczone zapomocą dwóch zderzaków. Należało to przesunięcie po-



Rys. 61

większyć optycznie i zmierzyć. W tym celu do końca głowicy i kadłubu została przymocowana cienka i odpowiednio wykręcona blaszka *M*. Rys. 61 zapoznaje nas z konstrukcją tej miniaturowej blaszanej dźwigienki, przymocowanej do kadłubu i głowicy zapomocą nakładek *L*. Przedłużeniem dźwigienki *M* była długa wskazówka, skręcona z cynfolji, w której koniec wetknięto zwykłą szpilkę, której cień ukazywał

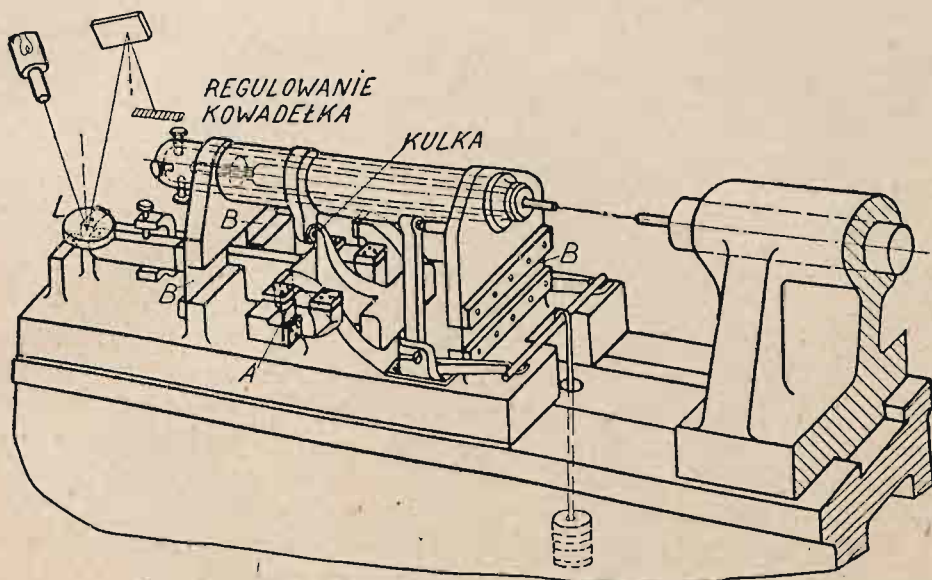
się na ekranie odpowiedniego prostego urządzenia projekcyjnego. Odwinięta ze wskazówki wstążeczka cynfoljowa zanurzona była częściowo w szklance z wodą, tłumiąc wahnięcia się wskazówki.

Zapomocą tego prymitywnego urządzenia można było porównywać wzorce, różniące się pomiędzy sobą o $0,2 \mu$, przyczem odpowiednie wychylenie cienia szpilki wskazówkowej wynosiło $4,5 \text{ mm}$. Stosunek zespolonej przekładni mechaniczno-optycznej wynosił tym sposobem $18000:1$. Ten wyjątkowo prosty przyrząd umożliwił sprawdzenie kompletu płytek wzorcowych przez porównanie go z innym zasadniczym kompletem w ciągu 9 godzin, gdy na normalnej maszynie mierniczej ta sama czynność wymagała 17 godzin.

Na podstawie omawianej próby Sears zbudował swój znakomity czujnik optyczny, będący w chwili obecnej jednym z najpiękniejszych przyrządów, obmyślonych i stosowanych stale w pracowni metrologicznej National Physical Laboratory. Zapoznaje nas z nią schemat, przedstawiony na rys. 62. Na sztywnym łożu żeliwnym są umieszczone głowice i konik z wysuwającym trzpieniem, który dostosowujemy do wielkości sprawdzanego wzorca. Głowica jest przymocowana do odnośnej podstawy zapomocą trzech wstążek stalowych *B* tak, że może się nieco przesuwąć wtył. Przednia wstążka posiada szerokość tę samą, co i odnośny nadlew górnej części głowicy. Ztyłu mamy zamiast jednej wstążki dwie i przytem znacznie węższe, pozostawiające otwór pośrodku, przez który przechodzi dźwigienka, odchylająca lusterko. Możnaby powiedzieć, że ztyłu mamy też wstążkę stalową w tej samej szerokości, co przednia, jednak z otworem pośrodku dla dźwigienki. Zapomocą przeciwcieżarku i kątowej dźwigienki głowiczka jest naciskana w kierunku konika.

Na specjalną uwagę zasługuje podwieszenie dźwigienki, amplifikującej przesunięcia głowicy. Jest to dźwigienka kątoowa, której krótkie pio-

nowe ramię opiera się zapomocą kulki stalowej (rys. 62) o płaskie gniazdko w nadlewie głowicy. Dźwigienka ta jest podwieszona na czterech blaszkach A, przymocowanych do nadlewów podstawy. Dwie z tych blaszek



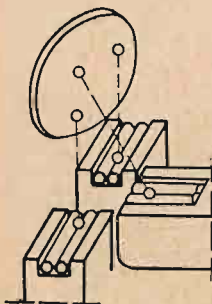
Rys. 62. Czujnik optyczny Sears'a

są pionowe, dwie pozostałe poziome, przyczem wszystkie są umieszczone symetrycznie względem pionowej płaszczyzny symetrii głowicy. Rys. 63 zapoznaje nas ze szczegółami tego podwieszenia. Widzimy więc, że dźwigienka kątowa posiada umyślną beleczkę poprzeczną, do której przymocowywa się blaszki. Dźwigienka jest wyrównowazona. Jej tylny koniec podnosi lusterko L. I ten szczegół konstrukcyjny jest rozwiązany bardzo racjonalnie i pomysłowo. Mianowicie, lusterko spoczywa na trzech kulkach (rys. 64), z których dwie leżą w żłobkach, utworzonych przez położenie obok siebie doszlifowanych starannie wałeczków, zaś trzecia w takim samym żłobku wałeczkowym, ale już na ruchomej dźwigience. Pierwsze dwie kulki stanowią idealną w porównaniu z innymi konstrukcjami oś obrotu, nie wymagającą specjalnego odrobienia, dającą się łatwo oczyścić i rozebrać, a pomimo to, trudną do rozregulowania. W konstrukcji czujnika Searsa zapoznajemy się z klasyczną szkołą angielskiej konstrukcji przyrządów naukowych, której podstawy ustalili tacy uczeni, jak Kelvin, Maxwell i Rayleigh. Operuje ona ścisłymi kategoriami geometrycznymi i mechanicznymi, dzięki czemu konstrukcje wypadają proste i celowe.



Rys. 63

Pozostaje nam omówić jeszcze regulację trzpienia czujnikowego głowicy i urządzenie projekcyjne. Trzpień lekki, rurowy, jest osadzony luźno w tylnej części otworu cylindrycznego głowicy, zaś centrowany w przedniej części. Koniec tego trzpienia od tylnej strony jest nadcięty w czterech miejscach. Zapomocą czterech śrubek możemy go subtelnie wycentrować tak, że płaszczyzny storcowe guzików dotykowych głowicy i konika są ściśle równoległe. Sprzyjają temu nierównej głębokości wcięcia trzpienia.



Rys. 64

Urządzenie projekcyjne składa się z lampki punktowej (pointolite), umieszczonej ponad lustrem i zaopatrzonej w odpowiedni kondensor. Ponad kondensorem przeciągnięty jest cienki drucik, którego cień jest rzucony na lustro. Lampka posiada siłę 100 świec.

Do lusterka jest przyklejona płasko-wypukła soczewka, której strona płaska jest wysrebrzona. Odległość ogniskowa tej soczewki wynosi około 2000 mm. Promień, odbity od lusterka, pada na lustro przymocowane do stropu, poczem znów wraca na dół, rzucając cień drucika na skalę poziomą, przymocowaną do podstawy głowicy.

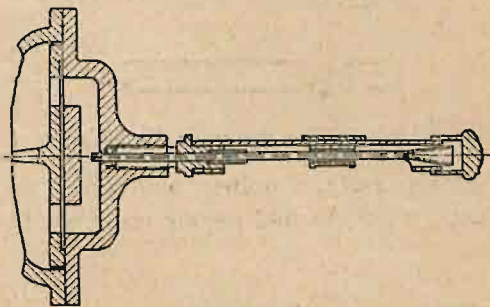
W celu uchronienia czujnika od kurzu, całość przekładni mechaniczno-optycznej jest umieszczona w skrzynce aluminiowej.

Odległości kulek pod lustrem są tak dobrane, że ramię dźwigni optycznej, jaką jest lustro, wynosi zaledwie 2,5 mm. Ponieważ lustro nad lustrem ruchomem znajduje się w odległości 1650 mm, a odległość do skali wynosi drugie tyle, przeto drugie ramię dźwigni optycznej wynosi 3300 mm. Promień światła, odbity od ruchomej soczewki, odchyła się o kąt podwójny. Przekładnia mechaniczna posiada stosunek przekładni 1:10. Tak więc ogólne powiększenie wynosi $10 \cdot \frac{3300}{2,5} \cdot 2 = 2640 : 1$.

Przesunięciu 2,5 μ odpowiada podziałka na skali, wynosząca około 6 mm.

22. CZUJNIK PRZEPONKOWY. Dogodnym sposobem mierzenia drobnych odchyłeń jest przeponka hydrauliczna (rys. 65). Niewielki płaski zbiorniczek posiada z jednej strony cienką przeponkę z blachy mosiężnej, zamocowaną szczelnie na obrzeżu. Przedmiot mierzony ciśnie na przeponkę za pośrednictwem guziczka dodatkowego w środku podkładki, usztywniającej przeponkę. Odpowiednia podkładka znajduje się i wewnątrz zbiorniczka. W połączeniu ze zbiorniczkiem pozostaje cienka rurka włoskowata. Zbiorniczek należy wypełnić alkoholem bez bulek powietrznych, które uniemożliwiają dokładne pomiary. Jeśli czynna średnica przeponki wynosi 80 mm, a średnica rurki włoskowatej 1 mm, to stosunek przesunięć wypadnie 6400:1, czyli, że przesunięciu 1 mm w rurce odpowiada przesuw 0,16 μ .

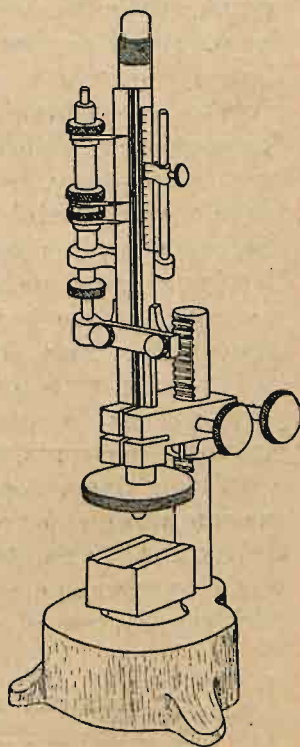
Zbudowany na tej zasadzie komparator Prestwichego jest przedstawiony na rys. 66. Składa się on ze zbiorniczka z przeponką i rurki włoskowej. Przedmiot mierzony umieszcza się na kowadłku pod guziczkiem. Zbiorniczek jest wykonany w postaci bębna z podziałką, obracającego się na wrzecionie z gwintem mikrometrycznym. Odpowiednia podziałka określa w mikronach przesunięcia pionowe guziczka.



Rys. 65. Przeponka

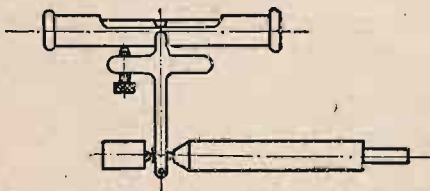
Saneczki są zaopatrzone w skalę, zamocowywaną w odpowiednim położeniu za pośrednictwem śrubki, oraz w trzy wskaźniki. Wskaźniki wyznaczają tolerancje, według których należy pracować. Wskaźnik służy do kontrolowania normalnego poziomu płynu podczas całej pracy. Zapomocą nakrętki nastawiamy wskaźnik i kompensujemy tym sposobem błędy, wynikające ze zmiany temperatury. Zapomocą kółek moletowanych podnosimy i zamocowujemy przyrząd na danej wysokości.

Jakkolwiek komparator działa jak czuły termometr, jednak wpływ temperatury nie daje się dotkliwie odczuwać ze względu na szybkość dokonywania pomiarów i możność natychmiastowego przestawiania skali. Sprężysta histereza przeponki zmniejsza dość znacznie czułość przyrządu, który jednak daje dokładność wynoszącą 0,2 do 0,3 μ . Przeponki hydrauliczne znalazły zastosowanie w wielu niemieckich komparatorach, np. Reineckera, Hommela i innych. Wykonanie przeponki hydraulicznej, oraz skali i skalibrowanie przyrządu można skutecznie w każdym warsztacie.



Rys. 66. Prestometr

Jako czujnika można także użyć precyzyjnej poziomnicy (libelli); odpowiednie zastosowanie widzimy w maszynie mierniczej Newalla, bardzo rozpowszechnionej w Anglii (rys. 67). Należy zaznaczyć, że powszechnie znana poziomnica może posiadać wyjątkową czułość, wyrażającą się np. w tym, że środek bulki powietrznej poziomnicy przesuwają się na jedną podziałkę, gdy podniesiemy koniec metrowego linjału, na którym stoi poziomnica precyzyjna, zaledwie o 0,1 mm. Tym sposobem wykazuje ona pochylenia, wynoszące mniej niż 1 : 10.000.



Rys. 67. Czujnik w maszynie Newall'a

Wadą czujnika poziomnicowego jest jego niestateczność. Uspokojenie się ruchu bulki powietrznej trwa dość długo, na czym cierpi szybkość pomiaru.

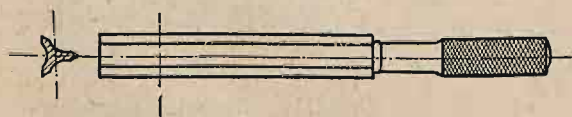
W wielu przyrządach specjalnych, rzadziej używanych, nie stanowi to jednak wady, i należy wyrazić życzenie, by konstruktorowie przyrządów brali niekiedy pod uwagę możliwość stosowania poziomnicy jako czujnika.

ROZDZIAŁ IV

SPECJALNE METODY MIERNICZE

23. SPRAWDZANIE PŁASZCZYZN. Opisane przez nas narzędzia miernicze nie wystarczają do uskutecznienia większości pomiarów, jakich wymaga technika warsztatowa. Aby osiągnąć cel pożądaną, należy budować specjalne przyrządy, kojarzące różne sposoby i mechanizmy. Z rozwojem techniki wypracowane zostały różne specjalne metody miernicze w zastosowaniu do poszczególnych zagadnień i posiadające właściwe obszary zastosowań. Prawie każdy kształt geometryczny, czy element maszynowy, wymaga odrębnych narzędzi i metod pomiarowych. Istnieją więc specjalne metody sprawdzania płaszczyzn, stożków, profilów, gwintów, kół zębatych, cylindrów silnikowych, wałów korbowych. Specjalną grupę metod pomiarowych stanowi sprawdzanie zasadniczych wzorców, o czym będzie mowa w następnych rozdziałach. Obecnie omówimy sprawdzanie płaszczyzn, stożków, gwintów i profilów.

Istnieje kilka metod sprawdzania płaszczyzn. Według jednej z nich przykładą się do sprawdzanej powierzchni cienki linjał z dość ostrą krawędzią i następnie bada się pod światło, czy pomiędzy płaszczyzną a linjałem nie ma szczelinki świetlnej. Wygodnie jest uskutecznić powyższe sprawdzenie nad małą szybą szklaną, oświetloną od spodu lampką elektryczną. O ile stwierdzenie nieprzystawalności linjału jest łatwe, o tyle wymierzenie szerokości tej szczelinki nastręcza poważne trudności. Niekiedy można to uskutecznić zapomocą cienkich blaszek stalowych,



Rys. 68. Krawędź narzędziarska

poczynając od 0,04 mm; poniżej tej wartości można się posługiwać cienką bibułką papierową, której grubość wynosi dość dokładnie 0,01 mm.

Do niewielkich powierzchni używa się w tym wypadku „krawędzi narzędziarskiej” Johanssona (rys. 68). Nadaje się ona nie tylko do sprawdzania niewielkich płaszczyzn,