

pierścienie osadcze w pędniach i wogóle w maszynach, oraz korbki ręczne przy maszynach.

Osadzenie gładkie obrotowe stosuje się, gdy luz może się wahać od dostrzegalnego do bardzo wydatnego. Przykładem takiego osadzenia są: tulejki odległościowe do łożysk kulkowych oraz pochwy osiowe w samochodach ciężarowych.

Osadzenia gładkie luźne przewidują zawsze duży luz w dopasowywanych częściach. Przykładem takiego osadzenia mogą być: tuleje osiowe pojazdów, łożyska do długich wałów przy suwnicach, łożyska pędni, przystawki stropowe i jałowe koła pasowe.

W podrzędniejszych wypadkach zdarza się, że osadzenia mogą być wykonywane z jeszcze większymi luzami. Przechodzimy wówczas do pasowań zgrubnych, przewidujących jedynie dolegania posuwiste i obrotowe. Wały wykonywane są wówczas z okrągłego ciągnionego materiału. Osadzenie posuwiste wymaga, aby części można było na siebie nałożyć. Stosuje się to do pochew odległościowych, do części wsadzanych, które mają być następnie spawane, zakołkowane lub ześrubowane. Osadzenie obrotowe dopuszcza, aby części już to wchodziły z dużym luzem, już też bez dostrzegalnego luzu. Stosuje się to do łożysk w maszynach rolniczych do nierównego terenu lub do maszyn do domowego użytku.

Pasowania, zbliżone do zgrubnych, stosuje się przy budowie lokomotyw.

## ROZDZIAŁ II

### PASOWANIA GWINTÓW

8. OKREŚLENIA ZASADNICZE. Śruby zarówno złączne, jak i pociągowe, są tak ważnymi elementami maszynowymi, że pasowania gwintów, dające gwarancję ich zamienności, stanowią w ostatnich latach przedmiot ożywionych badań. O ich doniosłości praktycznej nie należy wątpić: wszak prawie każda maszyna zawiera kilkadziesiąt śrub różnej wielkości, a ilość śrub wytwarzanych przez większe fabryki sięga setek tysięcy rocznie. Jeśli uprzytomnimy sobie, że wskutek braku zamienności dobranie odpowiedniej nakrętki i zakręcenie jej zabiera średnio w normalnej praktyce warsztatowej według obserwacji J. Hartness'a kilkanaście minut czasu, gdy tymczasem wprowadzenie pasowania ściśle zamiennego lub bodaj selekcyjnego, skróciłoby ten czas być może do jednej minuty, to łatwo pojąć, jak wielkie znaczenie gospodarcze posiada wyrób śrub zamiennych. Ścisłego ustalenia rodzajów pasowania śrub pomagają się też często względy bezpieczeństwa. W samochodach i samolotach np., narażonych na nieustanne, silne i nieprzewidywane wstrząśnienia, coraz poważniej wymaga się nie tylko zabezpieczeń od odkręcania

się śrub i nakrętek, ale też i specjalnie starannego dopasowywania śrub i nakrętek, które powinny wchodzić zupełnie ciasno, jednak bez nadmiernego wysiłku przy wkręcaniu. Ze względów dogodnego montażu oraz trwałości połączenia, stawiany jest często warunek, aby nakrętka wchodziła z czuciem prawie do samego końca, przyczem w ostatniej chwili stosuje się klucz do zakręcania. Należy zaznaczyć, że technika masowego wykonywania dokładnych śrub posunęła się w ostatnich czasach tak naprzód, że stosując odpowiednie metody pomiarowe, również bardzo ulepszone, technika warsztatowa może sprostać stawianym jej wymaganiom (główki narzynkowe).

Znany konstruktor obrabiarek, J. Hartness, który poświęcił wiele uwagi wytwarzaniu zamiennych śrub, proponuje ustalenie następujących odmian pasowania gwintów: kluczowe (wrench fit), którego charakterystyczną cechą jest konieczność posiłkowania się kluczem dociągającym nakrętkę od pierwszej aż do ostatniej chwili dokręcania; palcowe (finger fit), polegające na ręcznym dokręcaniu przy użyciu klucza dopiero w ostatniej chwili, wreszcie luźne (loose fit), jakie może znaleźć zastosowanie w prostszych maszynach. W. Kühn w swej rozprawie o tolerancjach<sup>1)</sup> pomija pasowanie ciasno-kluczowe, a rozróżnia zaś pasowania analogiczne do omawianych w poprzednim rozdziale: precyzyjne (szlachetne), dokładne, gładkie (zwykłe, normalne) i zgrubne. Komisja niemiecka nie przychyliła się jednak do poglądów Kühn'a i w ostatnich projektach widzimy tylko trzy rodzaje pasowań: precyzyjne, średnie i zgrubne. Precyzyjne śruby mają znaleźć zastosowanie w mechanice i przemyśle precyzyjnym; średnie typu lepszych śrub handlowych — w obrabiarkach, zaś zgrubne wszędzie, gdzie nie jest wymagana większa dokładność. Śruby, nie czyniące zadość tolerancjom zgrubnym, noszą w układzie niemieckim miano rurowych.

W przeciwstawieniu do niemieckiej angielska komisja standardyzacyjna<sup>2)</sup> przyjęła pasowania ciasno-kluczowe, przypisując mu duże znaczenie w rozlicznych zastosowaniach (fine Threads-close fits). W angielskiej praktyce przemysłowej znalazły zastosowanie następujące odmiany pasowań gwintów poza ciasno-precyzyjnym: precyzyjne, średnie, swobodne i zgrubne. Zaznaczyć należy, że układy angielskie zostały opracowane na podstawie licznych i nader gruntownie przeprowadzonych doświadczeń. Większą liczbę odmian pasowania gwintów w Anglii przypisać należy rozpowszechnieniu w tym kraju ulepszonych metod pomiarowych, narzędzi i przyrządów. Nie bez wpływu pozostało tu wcześniejsze niż w Niemczech zajęcie się zagadnieniami standardyzacji pasowań, oraz

<sup>1)</sup> W. Kühn, Direktor der Frankfurter Maschinenbau A. G. Toleranzen. Wyd. V. D. I. Berlin 1920.

<sup>2)</sup> British Engineering Standards Association. Nr. 84 — 1918, Nr. 95 — 1919, Nr. C. L. (M) 7270 — 1919. C. L. (M) 7271 — 1919.



wybitna twórczość angielskich inżynierów w dziedzinie konstrukcji przyrządów naukowych i narzędzi mierniczych.

W porównaniu z wałkami i otworami, realizacja pasowań gwintów nastręcza znacznie więcej trudności. W poprzednim rozdziale mieliśmy sposobność zapoznać się ze sposobami ustalenia układów pasowań, ustosunkowaniem tolerancyj i luzów, co wymagało pogodzenia wielu danych empirycznych i uwzględnienia praktycznych stron zagadnienia. O ileż trudniej opracować układ pasowań dla tak złożonej powierzchni, jak śrubowa, gdy mamy do czynienia ze skokiem gwintu, średnicami, profilem, kątami i wreszcie z zaokrągleniami. Mamy tu do czynienia z grupami wymiarów, przyczem odpowiednie tolerancje i luzy muszą być szarmonizowane.

Z tych wymiarów jedne są ważniejsze, inne mniej ważne i, wobec tego, słusznie uczyniła angielska komisja standardyzacyjna (British Engineering Standards Association), wypowiadając się w następujący sposób:

„Przy rozpatrywaniu zamienności gwintów (pomijając sprawę wierchołków i wgłębień) mamy do czynienia ze średnicą efektywną, skokiem i kątem.

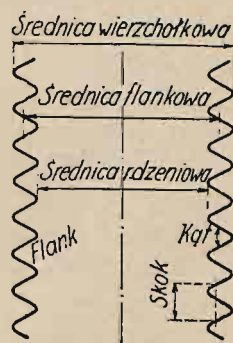
„Błędy skoku i kąta mogą być skompensowane przez stosowną zmianę średnicy efektywnej i, jeśli śruba przyjmie kształt kompletnego wzorca typu „przechodzi“ właściwej długości, to stanie się rzeczą oczywistą, że błędy skoku i kąta nie naruszają zamienności. Jeśli śruba odrzucona zostanie następnie przez wzorzec, sprawdzający średnicę efektywną typu „nie przechodzi“, wykonany według określonych granic tolerancyjnych, to można być pewnym, że śruba nie może odbiegać tak poważnie od kształtu normalnego, by pasowanie było zbyt luźne“.

W tem związku wypowiedzeniu zawiera się zasadniczy program działalności angielskiej organizacji standardyzacyjnej w zakresie tolerancji gwintów. Sprowadza się on przede wszystkim do zagadnienia kojarzenia się błędów średnicy i skoku, oraz kąta. Do tego postawienia sprawy przystosowane zostały metody miernicze i narzędzia, wogóle cała praktyka mierzenia gwintów. Dzięki ściślejszej łączności laboratoriów metrologicznych z przemysłem, metody te szybko rozpowszechniły się w całej Anglii tak dalece, że można powiedzieć, iż w zakresie tolerancji gwintów Anglia obecnie przoduje, posiadając ustalone tablice tolerancyjne, zróżniczkowane pasowania i doskonałe sprawdziany do gwintów, oraz najlepsze przyrządy miernicze.

W Niemczech sprawa tolerancji gwintów na nieco inne weszła tory, a mianowicie od pierwszej chwili skojarzona ona została z wyborem profilu gwintu. Rozpowszechnienie w Niemczech układu międzynarodowego metrycznego obok układu gwintów Whithwortha pobudziło do zajęcia się sprawą samego profilu. W toku prac nad wprowadzeniem pewnych poprawek do profilu Whithwortha stało się rzeczą jasną, że profile

gwintów były ustalone w czasach, gdy nie umiano dokładnie mierzyć, i że pominięto wiele szczegółów, posiadających duże znaczenie przy wytwarzaniu zamiennem. Większość zagadnień tolerancyjnych nie istniała po prostu dla twórców różnych odmian gwintu, jak dla Whithwortha, Sellersa, i innych. Przy ustalaniu na zjeździe zurychskim międzynarodowego gwintu metrycznego liczono się już bardziej z zasadami racjonalnej obróbki profilu, o czym świadczą płaskie ścięcia wierzchołków gwintu w śrubie i nakrętce przy pozostawieniu zaokrągleń we wgłębieniach. Jednak i w tym wypadku możnaby powiedzieć, że popełniono błędy, uniemożliwiające stosowanie większych tolerancyj tam, gdzie to jest niezbędne ze względów oszczędnościowych. Przy swobodniejszych tolerancjach w gwincie metrycznym należy bądź zgodzić się na ostre wcięcia we wgłębieniach gwintu, co jest wysoce niepożądane ze względów konstrukcyjnych, bądź zrezygnować z zasady nienaruszalności samego profilu. W gwincie Whithwortha wierzchołki i wgłębienia są zawsze łagodnie zaokrąglone, zato, wprowadzając luzy i tolerancje, ograniczamy wielkość flanków (boków) gwintu, czyli zmniejszamy powierzchnię nośną gwintu. Ostateczne przyjęcie układu tolerancyjnego jest w tych warunkach związane do pewnego stopnia z usunięciem wad dwóch najważniejszych systemów gwintów europejskich: Whithwortha i międzynarodowego (metrycznego).

9. ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY BŁĘDEM NA ŚREDNICY A BŁĘDAMI SKOKU I KĄTA. Zanim przystąpimy do omówienia układu tolerancyjnego dla gwintów, należy ustalić pewne zasadnicze pojęcia. Tak więc średnicą flankową (efektywną, nośną, czynną) doskonałej śruby, posiadającej pojedynczy gwint, nazywamy (rys. 13) długość odcinka, przeprowadzonego w płaszczyźnie osi śruby i pod kątem prostym względem osi pomiędzy dwoma punktami, w których ten odcinek spotyka flanki gwintu. Średnicą pełną (wierzchołkową) nazywamy dwukrotny największy promień śruby, mierzony w kierunku prostopadłym do osi śruby. Średnicą rdzeniową nazywamy dwukrotny najmniejszy promień śruby, mierzony w kierunku prostopadłym do osi śruby. Wystającą część gwintu nazywamy wierzchołkiem, zaś dno wgłębienia gwintowego nazywamy spodem. Flankiem gwintu nazywamy prostą część profilu, łączącą wierzchołki ze spodami. Kątem gwintu nazywamy kąt międzyflankowy, mierzony w płaszczyźnie osi śruby. Skokiem nazywamy długość odcinka, przeprowadzonego równoległe do osi śruby pomiędzy punktem, w którym spotyka on flank gwintu, a drugim punktem, w którym spotyka on następny flank tego samego gwintu.

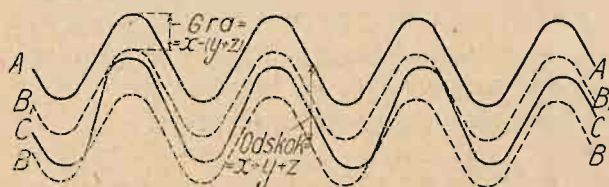


Rys. 13



Pojęcia tolerancji, niedomiarów i luzów przy gwintach są tem samem, co i przy wałkach i otworach. Zato zależność pomiędzy błędami najważniejszych trzech elementów gwintu: średnicy flankowej —  $\phi$  fl., skoku —  $s$ , oraz kąta międzyflankowego  $\alpha$ , zmusza do wprowadzenia nowych pojęć. Mianowicie w myśl propozycji angielskiej (British Engineering Standards Association) nazywamy odskokiem (grade) sumę błędów średnicy flankowej oraz skoku i kąta, mierzonych jako błędy średnicowe, wreszcie grą (play) różnicę pomiędzy błędem średnicy flankowej i sumą dwóch błędów pozostałych. Wielkości te zaraz omówimy, a tymczasem zaznaczymy, że określenia powyższe uznane zostały za bardzo użyteczne w praktyce sprawdzania drobnych śrub lotniczych, w których wyrobie Anglja celuje, stosując do mierzenia ich doskonałe aparaty projekcyjne.

Niech  $A$  na rys. 14 przedstawia profil wzorowej śruby i zarazem wzorowej nakrętki. Odpowiada on linii zerowej w pasowaniach cylindrycznych i możnaby go nazwać profilem zerowym. Każda śruba, której profil znajduje się wewnątrz  $A$  (poniżej), jest zamienną względem  $A$ , czyli wchodzi we wzorową nakrętkę.



Rys. 14

Niech  $C$  będzie zarysem śruby, posiadającej błędy średnicy, skoku i kąta i niech  $B$  będzie profilem

największej śruby idealnie dokładnego kształtu, która może wejść w  $C$ , jeśli  $C$  jest nakrętką. Profil  $B$  dotyka  $C$  w dwóch albo więcej punktach. Dwukrotną odległość pomiędzy  $A$  i  $B$ , czyli dwa razy wziętą największą odległość pomiędzy  $A$  i  $C$ , wyrażoną w mikronach, nazywamy odskokiem  $C$ .

Na rys. 14 widzimy, że pomiędzy  $A$  i  $C$  jest wszędzie wolna przestrzeń tak, że śruba  $C$  wchodzi we wzorową nakrętkę i jest w niej luźna.

Niech  $B_1$  będzie profilem dokładnym i przedstawia najmniejszą nakrętkę, w którą wchodzi jeszcze śruba  $C$ . Odległość pomiędzy  $B_1$  i  $A$ , czyli najmniejsza odległość pomiędzy śrubą  $C$  i wzorową nakrętką, jest miarą swobody  $C$  w  $A$ . Dwukrotnie wziętą odległość pomiędzy  $A$  i  $B_1$  nazywamy grą.

Zmniejszając odskok, ograniczamy największe dopuszczalne błędy kształtu, — zmniejszając grę, ulepszymy szczelność dopasowania gwintu.

Otóż tablice tolerancyjne angielskie uwzględniają, można nawet powiedzieć, opierają się na ustaleniu odskoku i gry gwintu.

Tak więc odskok śruby  $C$  określonej nominalnej wielkości  $A$  równa się różnicy pomiędzy  $\phi$  fl.  $A$  i  $\phi$  fl. śruby  $B$ , która wchodziłaby aku-

rat w  $C$ , gdyby  $C$  było nakrętką. Profile  $A$  i  $B$  ograniczają pewien pas i wszystkie śruby, których profile znajdują się wewnątrz tego pasa, są zamienne. Im pas ten jest węższy, tem mniejsze są błędy śruby  $C$ .

Projekcyjna metoda sprawdzania odskoku jest bardzo dogodna. Za pomocą odpowiedniego układu optycznego otrzymujemy na ekranie powiększony, dajmy na to 50-krotnie, profil gwintu. Na tym ekranie wyznaczone są profile ograniczające pasy tolerancyjne odskoku i gry tak, że łatwo można sprawdzić, czy profil śruby badanej zajmuje właściwe położenie względem tych pasów. Jeśli tak, śruba jest przyjęta.

Pozostaje obecnie ustalić szerokości pasów odskoku i gry w zależności od wymiarów śruby. Jeśli zapewnimy dobre dopasowanie flankom gwintu i przyjmiemy, że wierzchołki i spody znajdują się we właściwych granicach, to mamy do uwzględnienia średnicę flankową, skok i kąt. Otóż wiemy, że wynikiem błędów skoku i kąta w wypadku śruby jest konieczność zwiększenia średnicy najmniejszej nakrętki idealnego kształtu, w którą ta śruba ma wchodzić, zaś w wypadku nakrętki zmniejszenie średnicy największej śruby, wchodzącej w tę nakrętkę. Błędy największego skoku i kąta mogą być określone zapomocą wielkości, wyrażających niezbędne zmiany średnicy flankowej nakrętki lub śruby, uwarunkowane koniecznością dopasowania ich do idealnego nominalnego wzorca śruby, względnie nakrętki.

Niech zmiany na średnicy, jakich wymaga skompensowanie błędów kąta i skoku, będą  $y$  i  $z$ , zaś  $x$  niech będzie zmierzonym błędem średnicy flankowej. Łatwo przekonać się, że odległość pomiędzy profilami  $A$  i  $B$  równa się połowie sumy tych trzech wielkości. Mianowicie, jeśliby śruba  $C$  posiadała teoretyczny kształt, lecz była za małą o wielkość  $x$ , to  $B$  nakładałoby się na  $C$  i odległość pomiędzy  $A$  i  $B$  wynosiłaby  $\frac{1}{2}x$ . Ta odległość jest w następstwie zwiększona o wielkości  $\frac{1}{2}y$  i  $\frac{1}{2}z$  w celu skompensowania błędu kąta i skoku. Tak więc odskok śruby, równy dwukrotnej odległości pomiędzy profilami  $A$  i  $B$ , wynosi  $x+y+z$ .

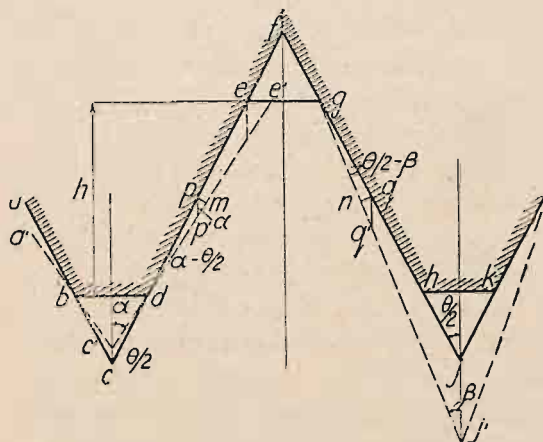
$$\text{Odskok} = x + y + z.$$

Tymczasem odległość pomiędzy  $A$  i  $B_1$  równa się  $\frac{1}{2}|x - (y + z)|$ . Gdyż, jeśliby śruba  $C$  posiadała kształt teoretyczny, lecz była mniejszą o wielkość  $\frac{1}{2}x$ , to  $B_1$  utożsamiałoby się z  $C$  i odległość  $B_1$  od  $A$  wynosiłaby  $\frac{1}{2}x$ . Aby skompensować błędy kąta i skoku zmniejszamy tę wielkość o  $\frac{1}{2}(y + z)$ .

$$\text{Gra} = x - (y + z).$$

Jeśli błędy zaobserwowane dotyczą kąta i skoku, to możemy na ich podstawie obliczyć wartości  $y$  i  $z$ , a następnie wyznaczyć z równań odskok i grę.

10. REDUKCJA  $\Phi$  FL. NIEZBĘDNA W CELU SKOMPENSOWANIA BŁĘDU KĄTA I SKOKU. Dla prostoty bierzemy naprzód pod uwagę gwint trapezowy z ostreми wcięciami, z odstępami na średnicach wierzchołkowej i rdzeniowej. Profil tego gwintu jest  $abcdefghjkl$  (rys. 15). Niech  $a'bc'de'gj'$  będzie śrubą o wadliwym kącie, ale o właściwej pełnej średnicy, która wśrubowuje się prawidłowo w teoretyczną nakrętkę  $abdfhkl$ .



Rys. 15

pełnej średnicy, która wśrubowuje się prawidłowo w teoretyczną nakrętkę  $abdfhkl$ .

Jest rzeczą dogodną rozpatrywać średnicę flankową jako średnicę przeprowadzoną prostopadle do osi śruby i spotykającą profil na połowie drogi pomiędzy kolejnymi wierzchołkami teoretycznego profilu. Niech  $p$  będzie środkowym punktem odcinka  $cf$ . Strata  $\Phi$  — flankowej, wynikająca z błędu kąta flanku  $c'e'$ , jest  $pp'$ .

Flank przeciwny względem  $c'e'$  po drugiej stronie śruby musi być podobny do  $gj'$ , i strata po drugiej stronie musi wynosić  $qq'$ . Tak więc ogólna strata na  $\Phi$  fl. wynosi  $pp' + qq'$ . Mamy

$$pp' = pm \operatorname{cosec} \alpha = dp \sin \left( \alpha - \frac{\theta}{2} \right) \operatorname{cosec} \alpha = \frac{\frac{1}{2} h \sin \left( \alpha - \frac{\theta}{2} \right)}{\sin \alpha \cos \frac{\theta}{2}}$$

Podobnie

$$qq' = \frac{\frac{1}{2} h \sin \left( \frac{\theta}{2} - \beta \right)}{\sin \beta \cos \frac{\theta}{2}}$$

Całkowita żądana redukcja  $\Phi$  flankowej wynosi

$$\frac{1}{2} h \sec \frac{\theta}{2} \left\{ \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\theta}{2} \right)}{\sin \alpha} + \frac{\sin \left( \frac{\theta}{2} - \beta \right)}{\sin \beta} \right\}$$

Należy zauważyć, że jest rzeczą konieczną rozpatrywać oba flanki gwintu oddzielnie i że każdy wyraz w nawiasach musi być zasadniczo dodatni tak, że jeśli  $\beta$  jest większe od  $\frac{1}{2} \theta$ , to zamiast poprzedniego wyrażenia mamy

$$\frac{1}{2} h \sec \frac{\theta}{2} \left\{ \frac{\sin \left( \alpha - \frac{\theta}{2} \right)}{\sin \alpha} + \frac{\sin \left( \beta - \frac{\theta}{2} \right)}{\sin \beta} \right\}$$



Wzór, określający stratę  $\Phi$ . — flankowej piszemy ostatecznie w postaci następującej

$$y = \frac{1}{2} h \sec \frac{\Theta}{2} \left\{ \frac{\sin \left( \alpha \sim \frac{\Theta}{2} \right)}{\sin \alpha} + \frac{\sin \left( \beta \sim \frac{\Theta}{2} \right)}{\sin \beta} \right\}$$

Zauważymy, że przy jednakowym błędzie mały kąt wymaga większej kompensacji, niż duży kąt w stosunku cosecansów półkątów. Dla przybliżonych obliczeń wystarcza zazwyczaj brać wartości średnie i zamiast dawnego wzoru ścisłego stosować przybliżony

$$y = \frac{1}{2} h \sec \frac{\Theta}{2} \left\{ \frac{\sin \left( \alpha \sim \frac{\Theta}{2} \right) + \sin \left( \beta \sim \frac{\Theta}{2} \right)}{\sin \frac{\Theta}{2}} \right\} = \frac{h}{\sin \Theta} \left\{ \sin \left( \alpha \sim \frac{\Theta}{2} \right) + \sin \left( \beta \sim \frac{\Theta}{2} \right) \right\}$$

$$y = \frac{h}{\sin \Theta} \left\{ \left( \alpha \sim \frac{\Theta}{2} \right) + \left( \beta \sim \frac{\Theta}{2} \right) \right\}$$

W wypadku gwintu Whithworth'a sprawa jest nieco więcej zawikłana wskutek obecności zaokrągleń, zakrywających flanki. Jednak bliższe zbadanie zagadnienia wykazuje, że zamiast wzoru poprzedniego można użyć w danym wypadku wzoru (gwint Whithworth'a):

$$y = 0,0105 p \left\{ \left( \alpha \sim 27 \frac{10}{2} \right) + \left( \beta \sim 27 \frac{10}{2} \right) \right\}$$

w którym kąty  $\alpha$  i  $\beta$  są wyznaczone w stopniach, zaś  $p$  oznacza skok.

Jeśli oznaczymy przez  $\delta \frac{\alpha}{2}$  odchylenie kąta, utworzonego przez flank i prostopadłą do osi śruby, w stosunku do połowy kąta międzyflankowego, to otrzymamy wzór przybliżony

$$y = \frac{2 h}{\sin \Theta} \delta \frac{\alpha}{2} = 1,201 p \delta \frac{\alpha}{2} \text{ (Whithworth)}$$

Analogicznie otrzymamy dla gwintu metrycznego

$$y = 1,5 p \delta \frac{\alpha}{2}$$

Odchylenie kąta jest wyrażone w mierze teoretycznej. Jeśli wyrazimy go w minutach, zaś  $y$  w mikronach, otrzymamy wzory:

$$y = 0,35 p \delta \frac{\alpha}{2} \text{ (Whithworth)}$$

$$y = 0,44 p \delta \frac{\alpha}{2} \text{ (metryczny).}$$



Przejdźmy teraz do obliczenia odchylenia, jakie musi posiadać średnica flankowa względem miary nominalnej, aby skompensować określony błąd skoku. W tym celu wyobraźmy sobie, że zarysy pełny i kreskowany na rys. 16 przedstawiają odpowiednio przekroje śruby i nakrętki o tym samym prawidłowym profilu i średnicy, których skoki różnią się jednak cokolwiek. Niech największe względne poosiowe przesunięcie dwóch dowolnych nitek gwintu na danej długości będzie  $= 2a$ . Owe dwie skrajne nitki będą więc przesunięte poosiowo na  $+a$  i  $-a$ . Zapoznanie się z rys. 16

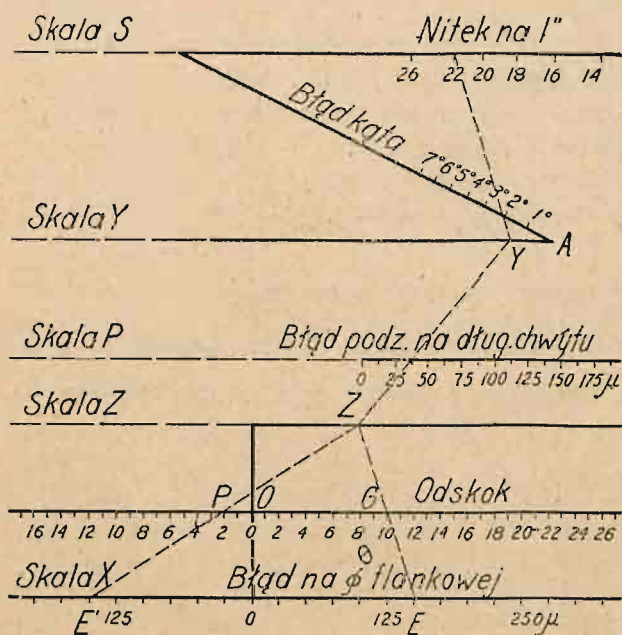


Rys. 16

wystarczy, aby się przekonać, że śruba i nakrętka nie będą do siebie pasować, chyba że przesunięciu poosiowemu  $a$  towarzyszyć będzie przesunięcie promieniowe  $b$ , które dla kąta  $55^\circ$  wynosić będzie  $b = a \cotg \frac{1}{2} \cdot 55^\circ = 1,921 a$ . Jeśli więc śruba posiada całkowity błąd  $2a$ , lub, co na jedno wychodzi, jej błąd perjodyczny  $= \pm a$ , to ten błąd na skoku musi być skompensowany zapomocą błędu  $3,84 a$  na średnicy flankowej.

Dla gwintu metrycznego odnośny błąd wynosi  $3,46 a$ .

Tym sposobem z zaobserwowanych błędów kąta i skoku możemy obliczyć wielkości  $y$  i  $z$ , a następnie i odskok oraz grę. Lepiej w tym wypadku użyć metody wykreślnej, zaproponowanej przez P. Bishop'a. Skala  $S$  na rys. 17 przedstawia skok, odmierzony w odpowiednich jednostkach. Przy poszczególnych kreskach są zaznaczone podziałki, np. liczby zwojów na cal gwintu Whitworth'a. Prosta  $SA$  odpo-



Rys. 17

wiedniej długości i pod odpowiednim kątem nachylenia względem skali  $S$  tworzy nową skalę dla błędu kąta. Pozioma skala  $AY$  służy do określania  $y$ , czyli błędu średnicowego, kompensującego dany błąd kąta. Mieliliśmy mianowicie wzór  $y = 0,0105 p [(a \sim 27^{1/2} \cdot 0) + (\beta \sim 27^{1/2} \cdot 0)]$ . Załóżmy, że dla pewnej śruby skok  $p$  jest dany przez  $SL$  (rys. 18) i że





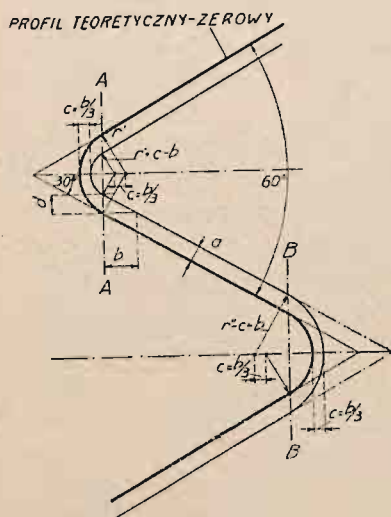
tów profilu o kącie wierzchołkowym  $60^\circ$ , co ułatwi nam zrozumienie całości zagadnienia i wskaże metody ustalenia układu pasowań dla gwintu metrycznego przedewszystkiem, a dla Whithworth'a pośrednio.



Rys. 19

Rys. 20 przedstawia profil gwintu o kącie wierzchołkowym  $60^\circ$ . Proste  $AA$  i  $BB$  wyznaczają punkty, w których flanki gwintu przechodzą w zaokrąglenia wierzchołkowe i wgłębieniowe. Profil jest symetryczny. Na rys. 21 profil teoretyczny, odpowiadający linii zerowej, jest wyciągnięty grubą linią. Zanim przystąpimy do omawiania zależności tolerancyjnych, nie od rzeczy będzie przypomnieć, że wierzchołki znajdują się w odległości  $1,5r$  od prostych  $AA$  lub  $BB$ , gdzie  $r$  oznacza promień odpowiedniego zaokrąglenia. Proste  $AA$  i  $BB$  są równo odległe od wierzchołków łuków, jak i od środków zaokrągleń. Te proste zależności ułatwiają znakomicie późniejsze rozważania i usprawiedliwiają

wybór kąta  $60^\circ$ , jaki jest przyjęty w gwincie metrycznym. Otrzymane wyniki łatwo uogólnić dla gwintu Whithworth'a z kątem  $55^\circ$ .



Rys. 20

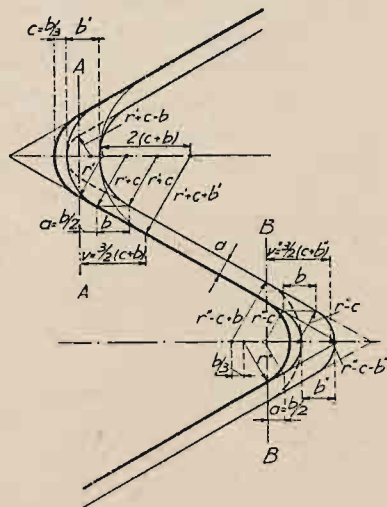
Za podstawę tolerancji przyjmujemy odległość pomiędzy flankiem profilu teoretycznego, a flankiem gwintu śruby, mierzoną w kierunku prostym do flanku. Wielkość  $a$  wyznacza bezpośrednio dwie inne wielkości: tolerancję flankową  $b = 2a$  w kierunku promienia śruby, oraz tolerancję  $d = a / \cos 30^\circ = b \tan 30^\circ$ , mierzoną w kierunku poosiowym śruby. Tolerancja średnicy flankowej gwintu w stosunku do profilu teoretycznego wyniesie  $2b = 4a$ .

Przejdźmy obecnie do zaokrąglania; przyjmijmy, że tworzone przez nas flanki gwintu śruby dochodzą do prostej  $AA$  (rys. 21). Wyznaczamy tym sposobem wierzchołek odnośnego zaokrąglenia, który będzie się znajdował w odległości  $c = b/3$  od wierzchołka zaokrąglenia profilu teoretycznego.

Wielkość  $c$  jest trzykrotnie mniejsza od wielkości  $b$ . Gdybyśmy ją pozostawili, profil śruby przy przesuwaniu bocznym względem profilu teoretycznego wykazywałby znacznie mniejszy luz w wierzchołkach zaokrągleń, niż na flankach. Jest rzeczą zrozumiałą, że powinno być naodwrot: luz w wierzchołkach powinien być większy, gdyż właściwe dopasowanie gwintu polega na ustaleniu luzu międzyflankowego. Flanki stanowią

zawsze nośną, czynną powierzchnię gwintu. Jak zaradzić temu niepożądanemu faktowi?

Na wstępie założmy, że profilem rzeczywistym śruby może być w pewnym krańcowym przypadku sam profil zerowy, teoretyczny. Innymi słowy, luz pomiędzy tak wykonanym gwintem a profilem zerowym sprowadzałby się do zera. Jeśli obecnie przyjmujemy pewne tolerancje wykonania śruby, to te tolerancje w omawianym wypadku odnosić będziemy względem profilu zerowego. Ale tolerancja profilu nie jest wszędzie jednakowa: jest ona mniejsza przy wierzchołkach. Możemy np. powiedzieć, że pole tolerancyjne jest węższe przy wierzchołkach. Aby usunąć tę dolegliwość, o której wspominaliśmy już poprzednio, wprowadzamy stały luz w wierzchołkach, a mianowicie wprowadzamy nowe zaokrąglenie, łączące flanki profilu teoretycznego w odległości  $c = b/3$  wprawo od dawnego wierzchołka. Odległość powyższą wybieramy dowolnie, ale żywiąc przekonanie, że wybór powyższy okaże się trafny.



Rys. 21

O ile poprzednio mogło się zdarzyć, że średnica wierzchołkowa śruby wynosiła tyleż, co i odnośna miara teoretyczna, o tyle teraz musi ona być co najmniej o  $2b/3$  mniejszą. Odnośne pole tolerancyjne tworzymy, odkładając od nowego wierzchołka odcinek  $b'$  w zasadzie dowolny, który jednak uczynimy  $b' = b$ . Tym sposobem dla wierzchołka dajemy luz  $c = b/3$  i ponadto tolerancję, równą flankowej. Jest rzeczą oczywistą, że zrezygnowaliśmy przytem z pierwotnej zasady że zaokrąglenia zaczynają się na prostej AA. Promienie tych zaokrągleń i ich środki łatwo wyznaczyć z wielkości  $b$  i  $b'$ . Również łatwo obliczyć zmniejszenie powierzchni nośnej flanku gwintu. Jeśli promień zaokrąglenia teoretycznego jest duży, jak to ma miejsce w gwincie Whithworth'a, strata powierzchni nośnej flanków wskutek wprowadzenia omawianych tolerancji jest niekiedy bardzo dotkliwa. Ze zjawiającymi się trudnościami możemy się uporać, wprowadzając płaskie ścięcia wierzchołków gwintu, jak to się praktykuje w gwincie metrycznym i zreformowanym przez Niemców gwincie Whithworth'a. Jest to metoda słusniejsza, niż powiększanie zbytnie promieni zaokrągleń.

Podobne rozumowanie przeprowadzamy dla wgłębienia gwintu. Otrzymujemy przytem odwrotne wyniki, a mianowicie zamiast zwiększania zaokrągleń otrzymujemy coraz to głębsze i ostrzejsze wcięcia. Ma to



pierwszorzędne znaczenie dla gwintu międzynarodowego, który sam przez się posiada już długie flanki i małe zaokrąglenia. Przyjmujemy tu jak i poprzednio stały luz  $c = b/3$ . Pole tolerancyjne, a więc promienie zaokrągleń i ich środki, jest wyznaczone przez wielkość  $b''$ .

Rozpatrzmy obecnie, w jakich granicach waha się promień zaokrąglenia wierzchołków. Z rys. 21 widzimy bezpośrednio, że najmniejszy promień zaokrąglenia  $r_{\min} = r' + c - b$ , zaś największy  $r_{\max} = r' + c + b'$ , przy czym  $r'$  oznacza promień zaokrąglenia teoretycznego,  $b$  — tolerancję flankową (jednostronną), zaś  $b'$  — tolerancję jednostronną wierzchołkową, czyli najmniejszy luz wierzchołkowy. Jeśli przyjmujemy, że tolerancja wierzchołkowa jest równa flankowej, to otrzymamy:

$$r_{\min} = r' - \frac{2}{3}b \text{ i } r_{\max} = r' + \frac{1}{3}b$$

Średni promień zaokrąglenia, według którego profiluje się nóż tokarski  $d$  dla obrabiania wierzchołków, wyniesie:

$$r_{\text{sr}} = r' + \frac{1}{3}b$$

Dla wgłębień odnośne promienie zaokrągleń wynoszą

$$r_{\min} = r'' - \frac{1}{3}b; \quad r_{\max} = r'' + \frac{2}{3}b; \quad r_{\text{sr}} = r'' - \frac{1}{3}b$$

Przy wykonywaniu narzędzi do gwintów należy przyjąć pewną tolerancję dla promienia średniego zaokrąglenia profilu. Przyjmujemy zazwyczaj, że promień ten powinien być zawarty pomiędzy promieniem średnim a teoretycznym.

**12. DOPUSZCZALNE ODCHYLENIA KĄTA GWINTU.** Ustalając średnice wierzchołkowe i wgłębieniowe, średnicę flankową i zaokrąglenia, wyznaczamy w sposób najzupełniej określony pole tolerancyjne. Profil rzeczywisty gwintu musi pozostawać zawsze wewnątrz pola tolerancyjnego.

Jak to wyjaśnia przejrzyście rys. 22, największe odchylenia od kąta  $60^\circ$  powstają wówczas, gdy największy promień zaokrąglenia wierzchołka kojarzy się z największym możliwym promieniem zaokrąglenia wgłębienia (profil grubo wyciągnięty), bądź też odwrotnie, najmniejszy promień kojarzy się z najmniejszym. Ogólna wysokość gwintu musi być przytem jak najmniejsza. Przyjęty przez nas poprzednio kąt  $60^\circ$  ułatwia i w tym wypadku obliczenia, a mianowicie długość flanku profilu ostrego  $s = p = \text{skokowi gwintu}$ . Znając promienie zaokrągleń, możemy łatwo obliczyć odcinki  $x$  i  $y$ , odpowiadające długościom flanków gwintów rzeczywistych. A więc: skrócenie boku  $s$  wskutek zaokrąglenia wierz-

chołka  $= 2 \left( r + 1\frac{1}{3}b \right) \cos 30^\circ$ . Skrócenie boku  $s$  wskutek zaokrąglenia wgłębienia  $= 2 \left( r + \frac{2}{3}b \right) \cos 30^\circ$ . Wydłużenie wskutek przesunięcia trójkątów  $= b \cos 30^\circ$ . Ogólne skrócenie boku  $= (4r + 3b) \cos 30^\circ$ , skąd odcinek  $x = s - (4r + 3b) \cos 30^\circ$ , gdy zaś przypomniemy sobie, że w trójkącie prostokątnym, określającym wielkość kąta  $\varphi$ , drugi bok posiada wielkość  $a = \frac{1}{2}b$ , to znajdziemy zaraz bezpośrednio tang. kąta odchylenia od wartości normalnej

$$\text{tang } \varphi = \frac{\frac{1}{2}b}{s - (4r + 3b) \cos 30^\circ}$$

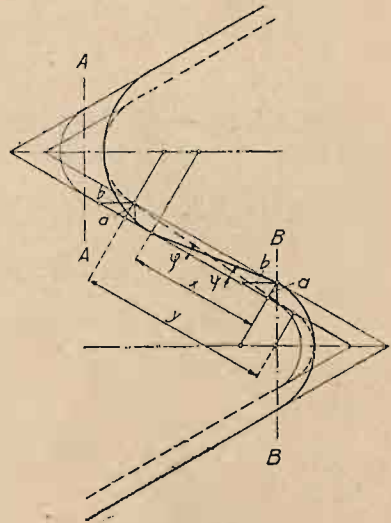
Analogicznie możemy obliczyć odchylenie kąta  $\psi$ , zachodzące w kierunku przeciwnym. W tym celu musimy obliczyć odcinek  $y$ . Skrócenie boku  $s$  wskutek zaokrąglenia wierzchołka  $= 2 \left( r + \frac{1}{3}b \right) \cos 30^\circ$ . Skrócenie boku  $s$  wskutek zaokrąglenia wgłębienia  $= 2 \left( r - \frac{1}{3}b \right) \cos 30^\circ$ . Skrócenie

wskutek przesunięcia położenia trójkątów  $b \cos 30^\circ$ . Ogólne skrócenie boku wynosi  $(4r + b) \cos 30^\circ$ , skąd odcinek  $y = s - (4r + b) \cos 30^\circ$ , zaś

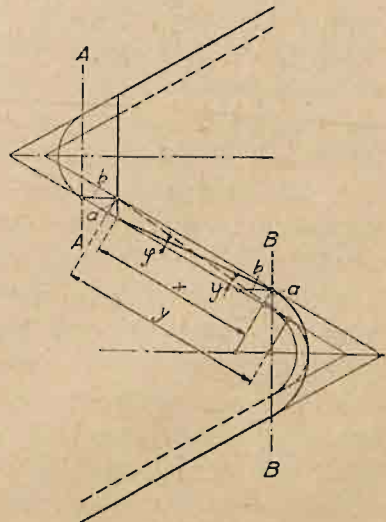
$$\text{tang } \psi = \frac{\frac{1}{2}b}{s - (4r + b) \cos 30^\circ}$$

Kąt wierzchołkowy jest zawarty ostаточно w granicach od  $60^\circ - 2\varphi$  do kąta  $60^\circ + 2\psi$ .

Przejdźmy obecnie do profilu ze ściętym wierzchołkiem. W teoretycznym profilu wierzchołek jest ścięty wzdłuż prostej  $AA$ , przyjmując jednak tolerancję  $b$ , otrzymujemy ścięcie, zaznaczone na rys. 23 grubą linią. Obliczamy teraz odcinki  $x'$  i  $y'$ . Mamy znowu dla  $\varphi'$ : skrócenie wskutek płaskiego ścięcia wierzchołka  $2r \cos 30^\circ + b/\cos 30^\circ$ . Skrócenie wskutek zaokrąglenia wgłębienia



Rys. 22



Rys. 23



nia  $2\left(r + \frac{2}{3}b\right) \cos 30^\circ$ . Wydłużenie wskutek zmiany położenia trójkąta  $b \cos 30^\circ$ . Mamy stąd:

$$x' = s - \left[ \left(4r + \frac{1}{3}b\right) \cos 30^\circ + \frac{b}{\cos 30^\circ} \right]$$

$$\text{tang } \varphi' = \frac{\frac{1}{2}b}{s - \left[ \left(4r + \frac{1}{3}b\right) \cos 30^\circ + \frac{b}{\cos 30^\circ} \right]}$$

Obliczenie  $\varphi'$  wypadnie w sposób następujący: Skrócenie wskutek płaskiego ścięcia wierzchołka  $2r \cos 30^\circ$ . Skrócenie wskutek zaokrąglenia wgłębienia  $2\left(r - \frac{1}{3}b\right) \cos 30^\circ$ . Skrócenie wskutek zmiany położenia trójkąta  $b \cos 30^\circ$ . Ogólne skrócenie boku wyniesie  $\left(4r + \frac{1}{3}b\right) \cos 30^\circ$

$$y' = s - \left(4r + \frac{1}{3}b\right) \cos 30^\circ$$

$$\text{tang } \varphi' = \frac{\frac{1}{2}b}{s - \left(4r + \frac{1}{3}b\right) \cos 30^\circ}$$

13. PORÓWNANIE UKŁADU TOLERANCYJNEGO DLA GWINTU WHITHWORTH A I MIĘDZYNARODOWEGO. Rozważania teoretyczne Kühn'a nad tolerancjami profilu gwintu stanowią dogodny schemat postępowania przy układaniu tablic tolerancyjnych. Pewne uproszczenia, polegające na przyjęciu  $60^\circ$ -go kąta wierzchołkowego, oraz na prostem ustosunkowaniu luzów i tolerancji, nadają metodzie Kühn'a pożądaną przejrzystość. Posłuży nam ona do porównania układów tolerancyjnych dla gwintu Whithwortha i metrycznego w myśl propozycji niemieckich.

Nie będziemy wchodzić w szczegóły tej pracy standardyzacyjnej. Zaznamy jedynie, że polega ona na interpolowaniu danych, dostarczonych przez bezpośrednie doświadczenie lub zapożyczonych pośrednio z ustalonych układów tolerancyjnych dla wałków i otworów. Wszelkie luzy i tolerancje wyraża się w ułamkach skoku  $p$  gwintu. Jakkolwiek gwinty jednego i tego samego systemu są do siebie geometrycznie podobne, to nie wynika z tego, byśmy mogli brać proporcjonalne luzy i tolerancje tak dla gwintów drobnych jak i dla dużych. Zachodzi tu konieczność zmniejszania tolerancji dla gwintów grubych, podobnie jak to czyniliśmy przy pasowaniach wałków. Innymi słowy, należy wprowadzić dla gwintów jednostki pasowania, zależne tym razem nie od średnicy

wałka, lecz od skoku lub podziałki (dla gwintów wielozwojnych) gwintu  $p$ . W tablicach i wykresach te nowe jednostki pasowania w odróżnieniu od poprzednich można oznaczyć symbolem  $JG$  (jednostka pasowania gwintu).

Kühn proponował tę jednostkę wyrazić w postaci wzoru  $1 JG = 0,01 \sqrt[3]{p^3}$  tak, jak dla zwykłych pasowań niemieckich. Propozycja ta nie utrzymała się i obecnie Niemcy przystosowali się do wzoru angielskiego, oznaczając

$$1 JG = 67 \sqrt[3]{p} \text{ w mikronach,}$$

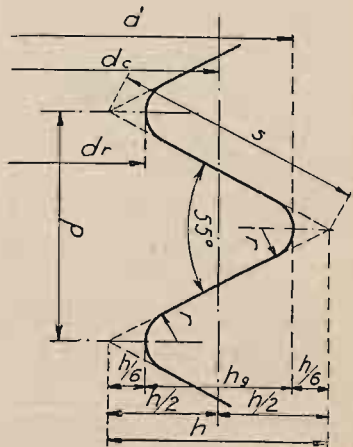
gdzie  $p$  jest skokiem jest oznaczonym w  $mm$ . W celu uniknięcia nieporozumień zaznaczamy, że jednostki pasowania gwintów są wyrażone w calach. Odnośny wzór jest następujący:  $1 JG_{ang} = 0,01 \sqrt[3]{p}$  w calach. Wobec tego jednak, że  $1'' = 25,4 mm$ , zaś w przybliżeniu, o ile chodzi o pasowania  $1'' \sim 25 mm$ , zaś  $\sqrt[3]{25} = 5$ , zachodzi prosta bardzo wielokrotność jednostek angielskich i niemieckich.

Przy układaniu pasowań dla gwintu Whithwortha, którego charakterystyczną cechą stanowią duże promienie zaokrągleń (rys. 24), wysuwa się sprawa tolerancji tych zaokrągleń. Jednak jest to trudność pozorna, gdyż względy praktyczne zmuszają nas do tego, by do nacinania tak gwintów precyzyjnych jak i zgrubnych użyć tych samych nożyków. Konieczne luzy otrzymujemy jedynie przez większe lub mniejsze załębienie narzędzia w materiał.

Inną trudność stanowi konieczność stosowania stałych luzów wierzchołkowych przy utrzymaniu klasycznego wzorca gwintu Whithwortha. W gwincie międzynarodowym i w zreformowanym Whithwortha ta sprawa sama przez się upada.

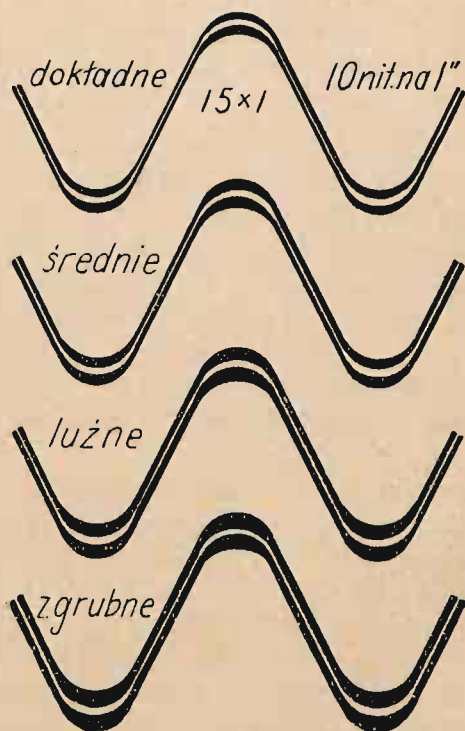
Rozpatrzmy jak się przedstawia zagadnienie stałych luzów w angielskim układzie tolerancji dla gwintu Whithwortha. Układ ten jest ustalony od szeregu lat i przeszedł przez ogniową próbę praktyki w wielkim i różnorodnym przemyśle. Rys. 25 zapoznaje nas od razu z rozwiązaniem zagadnienia. Widzimy więc, że pomiędzy pasami tolerancyjnymi dla gwintu śruby i nakrętki pozostawiony jest pewien zasadniczy luz, większy dla wierzchołków i wgłębień, niż dla średnicy flankowej. Ten luz zasadniczy nie zmienia się, gdy przechodzimy od pasowań precyzyjnych do zgrubnych. Natomiast ulega zwiększeniu szerokość pasów tolerancyjnych.

Inaczej rzecz się ma z projektami niemieckimi. Zasadniczy luz jest pozostawiony tylko w wierzchołkach i to na skutek zmiany zasadniczej



Rys. 24

wzorca gwintu. Pola tolerancyjne są naogół szersze, niż w rozwiązaniu angielskim, natomiast stałego luzu międzyflankowego niema w nich wcale. Powiemy więcej, że dla gwintów precyzyjnych Niemcy proponują dopuścić takie przesunięcie górnego krańca gwintu śruby, że może on



Rys. 25. Tolerancje angielskie. Skala gwintu  $15 \times 1$

się znaleźć po drugiej, nakrętkowej stronie profilu zerowego. Coprawda, owo założenie jest uwarunkowane i, można powiedzieć, nieszkodliwione przez przyjęcie odnośnych tolerancyj dla narzędzi (gwintowników), służących do wykonywania nakrętek, ale niemniej układowi niemieckiemu brak przejrzystości, cechującej układ angielski.

Jak wynika z rozważania ogólnego o tolerancjach profilu na odchylenie od właściwego kąta profilu wpływa kilka przyczyn, a więc: większe lub mniejsze zaokrąglenie wierzchołka i wgłębienia, oraz tolerancja flankowa. Jeśli przyjmniemy zasadę równorzędności tych przyczyn, to wydaje się słusznem, by dopuścić według propozycji Kühn'a czwarte części wartości maksymalnych, jakie otrzymujemy z podanych powyżej wzorów, określających  $\varphi$  i  $\psi$ . Arytmetyczne obliczenia dla gwintu Whithwortha i międzynarodowego wskazują,

że te kąty pozostają mniej więcej bez zmiany przy różnych średnicach, jednak dla tych samych wartości skoku  $p$ . Tym sposobem otrzymujemy tabliczki dla obu gwintów, zawierające dane o dopuszczalnych tolerancjach, stanowiących mniejwięcej czwartą część kątów  $\varphi$  i  $\psi$  dodatnich i ujemnych.

Dopuszczalne odchylenia kątów w minutach dla gwintu Whithwortha (Kühn):

Zw. na cal	Precyzyjne	Dokładne	Gładkie	Zgrubne
$2\frac{1}{2}$ do 9	$\pm 15'$	$\pm 20'$	$\pm 30'$	$\pm 45'$
od 10 do 20	$\pm 20'$	$\pm 30'$	$\pm 45'$	$\pm 60'$
powyżej 20	$\pm 25'$	$\pm 40'$	$\pm 60'$	$\pm 85'$

Dopuszczalne odchylenia kątów w minutach dla gwintu międzynarodowego:



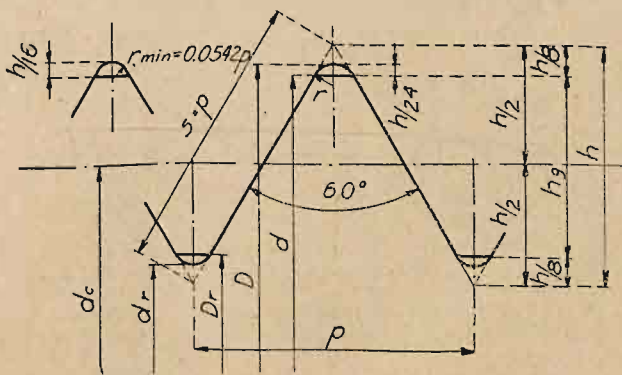
Skok w *mm*

do 0,5	$\pm 30'$	$\pm 40'$	$\pm 60'$	$\pm 85'$
do 1	$\pm 25'$	$\pm 30'$	$\pm 50'$	$\pm 70'$
do 1,75	$\pm 20'$	$\pm 21'$	$\pm 40'$	$\pm 60'$
do 4	$\pm 15'$	$\pm 20'$	$\pm 30'$	$\pm 45'$
powyżej 4	$\pm 10'$	$\pm 14'$	$\pm 20'$	$\pm 30'$

W układach tolerancyjnych należy uwzględniać zużywanie się sprawdzianów trzpieniowych i nakrętkowych (pierścieniowych). Zużywanie się tych narzędzi mierniczych jest przy sprawdzaniu gwintów znacznie większe, niż przy zwykłych walcach i otworach, a to ze względu na to, że są one wkręcane w sprawdzany przedmiot i że gwinty łatwo się przytem zacinają. Wymaga to uwzględnienia dodatkowych tolerancyj. Toteż stały luz, przewidziany w pasowaniach angielskich, jest bardzo na miejscu, pomimo, że praktyka angielska zarzuciła w znacznym stopniu sprawdziany trzpieniowe i pierścieniowe ze względu na ich zacinanie się i przeszła do sprawdzianów szczegółowych lub aparatów projekcyjnych, o czym będzie mowa w rozdziałach następnych.

Doświadczenie wykazuje, że przy wykonywaniu narzędzi do gwintów, a więc narzynek i gwintowników, należy stosować zredukowane tolerancje. Objaśnia się to tem, że gwintując otwór spychamy nieco materiał do środka, zaś stosując narzynki do gwintu zewnętrznego spychamy materiał nazewnątrz. Przy ustalaniu pasowań dla gwintowników i narzynek uwzględnić należy zużywanie się narzędzi oraz większą niepewność co do skoku gwintu. Kühn proponuje, aby tolerancje wierzchołkowe i wgłębieniowe dla narzędzi tnących wynosiły  $2/3$  tolerancji dla gwintu na przedmiotach gotowych, zaś tolerancje flankowe  $1/3$  odpowiedniej wartości.

Gwint międzynarodowy (rys. 26) posiada zgóry przewidziane luzy pomiędzy gładko ściętymi wierzchołkami i wgłębieniami. Sam układ przewiduje, że luzy te możemy zwiększać

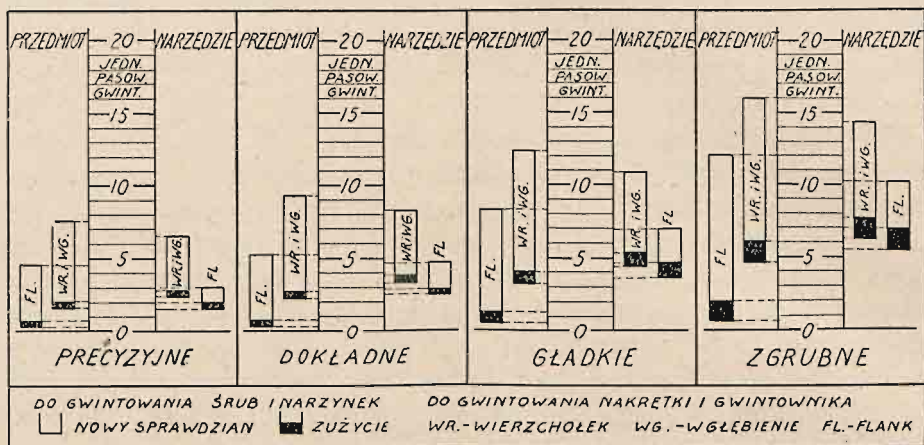


Rys. 26

w określonych granicach stosownie do potrzeby, zachowując pewną najmniejszą wartość zaokrąglenia wgłębienia, a mianowicie  $r_{\min} = 0,0542 p$ .

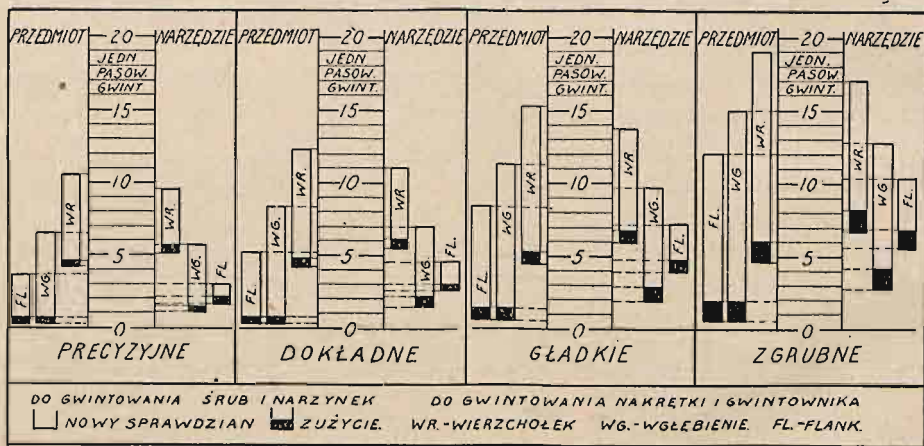
Jeśli zachować zasadę stosowania tych samych narzędzi tnących przy wykonywaniu gwintów do pasowań precyzyjnych i zgrubnych,

trudno dać sobie radę z ustaleniem tolerancji, a to ze względu na to, że najmniejszy promień zaokrąglenia wypada wówczas mniejszy od 0,0542 p. Istnieje kilka dróg wyjścia z tej trudności. Można zwiększyć promień



Rys. 27

zaokrąglenia wgłębiania, ścinając nieco wierzchołek. Można zastosować przy wykańczaniu wgłębień zamiast zaokrągłeń płaskie wcięcia, czyli odstąpić od wzoru gwintu międzynarodowego i przejść częściowo do



Rys. 28

gwintu Sellersa, lub raczej powrócić do francuskiego pierwowzoru gwintu metrycznego. Trzeci sposób wyjścia z sytuacji polega na tym, że przy wgłębianiach nie stosujemy stałego luzu o wartości  $b/3$ , o jakim mówiliśmy poprzednio, natomiast zwiększamy dwukrotnie stały luz przy ustalaniu tolerancji wierzchołka.



Pierwszy sposób doprowadza do zasadniczej zmiany systemu międzynarodowego. Drugi sposób zasługuje o tyle na uwagę, że kańciaste wgłębienie z płaskiem denkiem i dwoma bokami, nachyleniami pod kątem  $120^\circ$ , osłabia prawdopodobnie mniej śrubę, niż wgłębienie, zakreślone jednym promieniem. Najlepszem wyjściem wydaje się być przerzucenie stałego luzu z wgłębień do wierzchołków. Rys. 27 i 28 przedstawia wykreślnie luzy i tolerancje gwintu Whithwortha i międzynarodowego w jednostkach pasowania, zaproponowanych przez Kühna. Możemy z tego wykresu wywnioskować, na czym polega owe specjalne rozwiązanie dla gwintu metrycznego, wynikające z chęci stosowania tych samych narzędzi tnących i z brania w rachubę małej wartości promienia zaokrąglenia  $r_{\min} = 0,0542 p$ .

14. NIEMIECKI UKŁAD PASOWAŃ GWINTÓW. TABLICE TOLERANCJI. Jak już o tem mówiliśmy poprzednio, w Niemczech początkowo zajęto się ustalaniem tolerancji dla profilu gwintu. Dał temu wyraz przede wszystkim Kühn w pierwszej poważnej pracy niemieckiej o tolerancjach gwintów. Wpłynęła na to nieuporządkowana sprawa ostatecznego przyjęcia bądź gwintu Whithwortha bądź metrycznego, a następnie brak poważnego materiału doświadczalnego. W najnowszych propozycjach<sup>1)</sup> daje się zauważyć już ogromny wpływ rozwiązania angielskiego, opartego o mocne podstawy doświadczalne. Z nowych poprawek, utrzymanych przez komisję niemiecką, na pierwszy plan wysuwa się zreformowanie gwintu Whithwortha przez ścięcie wierzchołków. Wpływ angielski zaznacza się w przyjęciu tego samego typu jednostki pasowania, w przerzuceniu ważności sprawy na kompensację błędu skoku i kąta, w osłabieniu znaczenia, jakie Kühn przypisywał zmniejszeniu powierzchni flankowej. Angielskie doświadczenia wytrzymałościowe wykazały, że zmniejszeniu o  $50\%$  powierzchni nośnej towarzyszy zmniejszenie o  $20\%$  wytrzymałości śruby. Przy obciążaniu następuje odkształcanie materiału i zjawia się lepsze przyleganie wzajemne zwojów śruby i nakrętki.

Komisja niemiecka przyjęła trzy stopnie odrobienia śrub: precyzyjne, średnie i zgrubne. Za jednostkę pasowania przyjęto  $1 JG = 67 \sqrt{p}$  (mikronów), gdzie  $p$  jest wyrażone w  $mm$ . Tolerancje flankowe wynoszą przytem odpowiednio dla

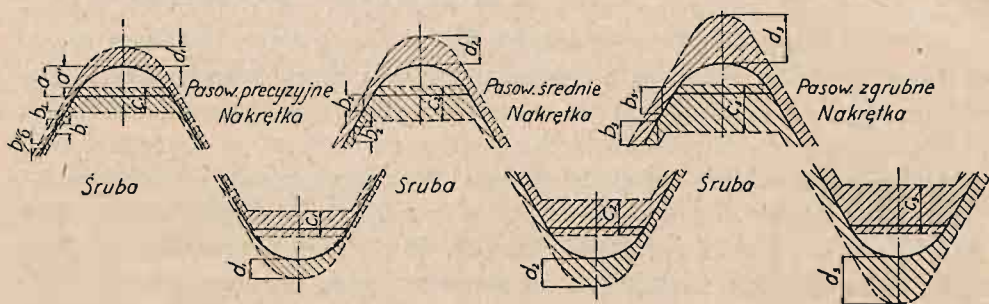
pasowania precyzyjnego	1 JG
„ średniego	$1\frac{1}{2}$ JG
„ zgrubnego	$2\frac{1}{2}$ JG

Rys. 29 zapoznaje nas szczegółowo z wielkością i położeniem pasów tolerancyjnych dla gwintu międzynarodowego. Pasowania średnie

<sup>1)</sup> Referat prof. Berndt'a o tolerancjach gwintów, opracowany na zlecenie Podkomisji dla Spraw Tolerancji Gwintów. Marzec 1923 r.



i zgrubne nie wymagają komentarzy. Widzimy z nich, że podstawowy luz jest pozostawiony jedynie przy wierchołkach, gdzie zresztą jest on przewidziany przez sam charakter profilu. Inaczej rzecz się ma z pasowaniem precyzyjnym. Tu nie dość, że nie pozostawiono luzu zasadniczego, ale nawet przewidziano pewne przesunięcie poza profil zerowy w postaci nadatku (*Übermass*), coprawda niewielkiego, bo wynoszącego  $\frac{1}{6}$  tolerancji. Aby usunąć możliwość zbyt szczelnego dolegania gwintów, tolerancja wykonania sprawdzianów jest tak przesunięta, że śruby nie mogą wypaść zbyt duże, zaś nakrętki zbyt małe w stosunku do krańcowych dopuszczalnych wartości. Ponieważ dokładność wykonania sprawdzianów śrubowych wynosi według norm niemieckich  $\frac{1}{4}$  tolerancji gotowych śrub, przeto można przyjąć, że śruba pozostaje o  $\frac{1}{8} JG$  poniżej swej normy krańcowej, zaś nakrętka o  $\frac{1}{8} JG$  powyżej odpowiedniej wartości krańcowej. Tym sposobem pomiędzy śrubą



Rys. 29. Układ tolerancji gwintu międzynarodowego

a nakrętką zjawia się luz zasadniczy wynoszący  $\frac{1}{4} JG$  i tym sposobem zamiast nadatku otrzymujemy niedomiar stały, wynoszący  $\frac{1}{4} - \frac{1}{6} = \frac{1}{12} JG$ . Ten nadatek jest pozostawiony na śrubie, aby nie naruszać zasady zamienności nakrętek w stosunku do śrub, wykonanych z różnym stopniem dokładności. Wynika z tego, że za podstawę przyjętą została zasada stałego otworu.

Następująca tabliczka zestawia tolerancje według propozycji niemieckich dla gwintu międzynarodowego (metrycznego):

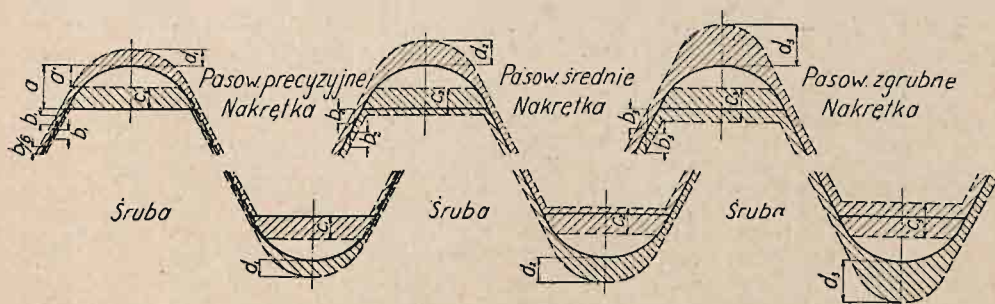
Tolerancje dla pasowania	precyzyjnego	średniego	zgrubnego
① fl. śruby i nakrętki	$r_1 = 1 JG$	$r_2 = 1,5 JG$	$r_3 = 2,5 JG$
Φ wierz. śruby i Φ rdz. nakrętki	$c_1 = 1 JG + 22,5 p$	$c_2 = 2 JG + 22,5 p$	$c_3 = 3 JG + 22,5 p$
Φ rdz. śruby i Φ wierz. nakrętki	$d_1 = 2 JG$	$d_2 = 3 JG$	$d_3 = 5 JG$

W tym najnowszym projekcie uwzględniono już poprawki średnicy flankowej w celu skompensowania błędu skoku i kąta, a mianowicie odnośny naddatek czy niędomiar oblicza się na podstawie znanego angielskiego wzoru:

$$y + z = 1,732 \cdot \delta p + 0,44 \cdot p \cdot \delta \frac{\alpha}{2}$$

przyczem jednak  $\delta p$  jest wyrażone w mikronach, zaś  $\frac{\alpha}{2}$  w minutach.

W podobny sposób unormowane zostały tolerancje dla gwintu zreformowanego Whithwortha (rys. 30). Tolerancje wierzchołków śruby są tu



Rys. 30. Układ tolerancji gwintu Whithworth'a

większe ze względu na ustalenie pewnych tolerancji dla żelaza prętowego, z którego te śruby są wykonywane. Wynoszą one dla trzech klas dokładności odpowiednio 100 i 250  $\mu$ . Zasadniczy luz jest przytem pozostawiony ten sam i wynosi  $a = 0,074 p$ . Tym sposobem otrzymujemy następujące wzory dla gwintu Whithwortha:

Tolerancje dla pasowania	precyzyjnego	średniego	zgrubnego
$\Phi$ fl. śruby i nakrętki	$r_1 = 1 JG$	$r_2 = 1,5 JG$	$r_3 = 2,5 JG$
$\Phi$ wierz. śruby i $\Phi$ rdz. nakrętki	$c_1 = 74 p$	$c_2 = 100 + 74 p$	$c_3 = 250 + 74 p$
$\Phi$ rdz. śruby i $\Phi$ wierz. nakrętki	$d_1 = 2 JG$	$d_2 = 3 JG$	$d_3 = 5 JG$

Kompensację błędu skoku i kąta daje nam wzór

$$y + z = 1,921 \delta p + 0,35 \cdot p \cdot \delta \frac{\alpha}{2}$$

Załączone tablice zapoznają z odnośnymi wartościami liczbowymi. Dla zwykłego gwintu Whithwortha komisja niemiecka norm nie ustaliła.



## GWINT METRYCZNY

## Pasowanie dokładne

Średnica	Skok	Śruby						Nakrętki					
		wierzchołk.		rdzeniowa		flankowa		flankowa		wierzchołk.		rdzeniowa	
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1,0	0,25	1,01	0,97	0,65	0,59	0,84	0,81	0,84	0,87	0,67	0,71	1,02	1,09
1,2	0,25	1,21	1,17	0,85	0,79	1,04	1,01	1,04	1,07	0,87	0,91	1,22	1,29
1,4	0,3	1,41	1,36	0,98	0,91	1,21	1,17	1,21	1,24	1,01	1,05	1,43	1,50
1,7	0,35	1,71	1,65	1,21	1,14	1,48	1,44	1,47	1,51	1,24	1,29	1,73	1,81
2,0	0,4	2,01	1,96	1,44	1,36	1,75	1,71	1,74	1,78	1,47	1,52	2,04	2,12
2,3	0,4	2,31	2,26	1,74	1,66	2,05	2,01	2,04	2,08	1,77	1,82	2,34	2,42
2,6	0,45	2,61	2,56	1,94	1,89	2,32	2,27	2,31	2,35	2,00	2,06	2,64	2,73
3,0	0,5	3,01	2,95	2,31	2,21	2,68	2,64	2,68	2,72	2,34	2,40	3,05	3,14
3,5	0,6	3,51	3,45	2,67	2,56	3,12	3,07	3,11	3,16	2,71	2,77	3,55	3,66
4,0	0,7	4,02	3,94	3,03	2,92	3,55	3,50	3,55	3,60	3,08	3,18	4,06	4,18
4,5	0,75	4,52	4,44	3,46	3,34	4,02	3,97	4,01	4,07	3,51	3,58	4,57	4,68
5,0	0,8	5,02	4,94	3,89	3,77	4,49	4,43	4,48	4,54	3,94	4,02	5,07	5,19
5,5	0,9	5,52	5,44	4,25	4,12	4,93	4,86	4,92	4,98	4,31	4,40	5,58	5,71
6,0	1,0	6,02	5,93	4,61	4,48	5,36	5,29	5,35	5,42	4,68	4,77	6,09	6,22
7	1,0	7,02	6,93	5,61	5,48	6,36	6,29	6,35	6,42	5,68	5,77	7,09	7,22
8	1,25	8,03	7,93	6,26	6,12	7,20	7,13	7,19	7,26	6,35	6,45	8,11	8,26
9	1,25	9,03	8,93	7,26	7,12	8,20	8,13	8,19	8,26	7,35	7,45	9,11	9,26
10	1,5	10,03	9,92	7,92	7,75	9,04	8,96	9,03	9,11	8,02	8,13	10,14	10,30
11	1,5	11,03	10,92	8,92	8,75	10,04	9,96	10,03	10,11	9,02	9,13	11,14	11,30
12	1,75	12,04	11,91	9,57	9,39	10,88	10,79	10,86	10,95	9,69	9,82	12,16	12,34

## Pasowanie średnie

Średnica	Skok	Śruby						Nakrętki					
		wierzchołk.		rdzeniowa		flankowa		flankowa		wierzchołk.		rdzeniowa	
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1,0	0,25	1,01	0,93	0,65	0,55	0,84	0,79	0,84	0,89	0,67	0,74	1,02	1,12
1,2	0,25	1,21	1,13	0,85	0,75	1,04	0,99	1,04	1,09	0,87	0,94	1,22	1,32
1,4	0,30	1,41	1,33	0,98	0,87	1,21	1,15	1,21	1,26	1,01	1,09	1,43	1,54
1,7	0,35	1,71	1,62	1,21	1,10	1,47	1,41	1,47	1,53	1,24	1,33	1,73	1,85
2,0	0,40	2,01	1,92	1,44	1,32	1,74	1,68	1,74	1,80	1,47	1,56	2,04	2,16
2,3	0,40	2,31	2,22	1,74	1,62	2,04	1,98	2,04	2,10	1,77	1,86	2,34	2,46
2,6	0,45	2,61	2,51	1,97	1,84	2,31	2,24	2,31	2,38	2,00	2,10	2,64	2,77
3,0	0,5	3,01	2,91	2,31	2,17	2,68	2,60	2,68	2,75	2,34	2,45	3,05	3,09
3,5	0,6	3,51	3,40	2,67	2,51	3,11	3,03	3,11	3,19	2,71	2,82	3,55	3,71
4,0	0,7	4,02	3,89	3,03	2,86	3,55	3,46	3,55	3,63	3,08	3,20	4,06	4,23
4,5	0,75	4,52	4,39	3,46	3,29	4,01	3,93	4,01	4,10	3,51	3,64	4,57	4,74
5,0	0,8	5,02	4,88	3,89	3,71	4,48	4,39	4,48	4,57	3,94	4,08	5,07	5,25
5,5	0,9	5,52	5,37	4,25	4,06	4,92	4,82	4,92	5,01	4,31	4,49	5,98	5,77
6	1,0	6,02	5,87	4,61	4,41	5,35	5,25	5,35	5,45	4,68	4,83	6,09	6,29
7	1,0	7,02	6,87	5,61	5,41	6,35	6,25	6,35	6,45	5,68	5,83	7,09	7,29
8	1,25	8,03	7,85	6,26	6,04	7,19	7,08	7,19	7,30	6,35	6,53	8,11	8,33
9	1,25	9,03	8,85	7,26	7,04	8,19	8,08	8,19	8,30	7,35	7,53	9,11	9,33
10	1,5	10,03	9,84	7,92	7,67	9,03	8,90	9,03	9,15	8,02	8,22	10,14	10,38
11	1,5	11,03	10,84	8,92	8,67	10,03	9,90	10,03	10,15	9,02	9,22	11,14	11,38
12	1,75	12,04	11,82	9,57	9,30	10,86	10,73	10,86	11,00	9,69	9,90	12,16	12,42



## GWINT METRYCZNY

## Pasowanie zgrubne

Średnica	Skok	Śruby						Nakrętki					
		wierzchołk.		rdzeniowa		flankowa		flankowa		wierzchołk.		rdzeniowa	
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1,0	0,25	1,01	0,88	0,65	0,39	0,84	0,76	0,84	0,92	0,67	0,79	1,02	1,19
1,2	0,25	1,21	1,08	0,85	0,69	1,04	0,96	1,04	1,12	0,87	0,99	1,22	1,39
1,4	0,30	1,41	1,27	0,98	0,80	1,21	1,11	1,21	1,30	1,01	1,14	1,43	1,61
1,7	0,35	1,71	1,56	1,21	1,02	1,47	1,38	1,47	1,57	1,24	1,38	1,73	1,93
2,0	0,40	2,01	1,85	1,44	1,23	1,74	1,64	1,74	1,85	1,47	1,63	2,04	2,25
2,3	0,40	2,31	2,15	1,74	1,53	2,04	1,94	2,04	2,15	1,77	1,93	2,34	2,55
2,6	0,45	2,61	2,44	1,97	1,75	2,31	2,20	2,31	2,42	2,00	2,17	2,64	2,86
3,0	0,50	3,01	2,84	2,31	2,07	2,68	2,56	2,68	2,79	2,34	2,42	3,05	3,28
3,5	0,60	3,51	3,32	2,67	2,41	3,11	2,98	3,11	3,24	2,71	2,90	3,55	3,81
4,0	0,70	4,02	3,80	3,03	2,75	3,55	3,41	3,55	3,69	3,08	3,29	4,06	4,34
4,5	0,75	4,52	4,30	3,46	3,17	4,01	3,87	4,01	4,16	3,51	3,73	4,57	4,86
5,0	0,80	5,02	4,79	3,89	3,59	4,48	4,33	4,48	4,63	3,94	4,17	5,07	5,37
5,5	0,90	5,52	5,28	4,25	3,93	4,91	4,76	4,92	5,07	4,31	4,55	5,58	5,90
6	1,0	6,02	5,77	4,61	4,28	5,35	5,18	5,35	5,52	4,68	4,94	6,09	6,42
7	1,0	7,02	6,77	5,61	5,28	6,35	6,18	6,35	6,52	5,68	5,94	7,09	7,42
8	1,25	8,03	7,74	6,26	5,89	7,19	7,00	7,19	7,38	6,35	6,64	8,11	8,49
9	1,35	9,03	8,74	7,26	6,89	8,19	8,00	8,19	8,38	7,35	7,64	9,11	9,49
10	1,5	10,03	9,71	7,92	7,51	9,03	8,82	9,03	9,23	8,02	8,34	10,14	10,54
11	1,5	11,03	10,71	8,92	8,51	10,03	9,82	10,03	10,23	9,02	9,34	11,14	11,54
12	1,75	12,04	11,69	9,57	9,13	10,86	10,64	10,86	11,08	9,69	10,04	12,16	12,60

## GWINT WHITHWORTH'A

## Pasowanie dokładne

Ø nominal. w cal.	Zwojów na 1 cal	Śruby						Nakrętki					
		wierzchołk.		rdzeniowa		flankowa		flankowa		wierzchołk.		rdzeniowa	
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1/4	20	6,26	6,16	4,72	4,57	5,55	5,48	5,54	5,61	4,82	4,91	6,35	6,50
5/16	18	7,83	7,73	6,13	5,97	7,05	6,97	7,03	7,11	6,23	6,40	7,94	8,10
3/8	16	9,41	9,29	7,49	7,32	8,52	8,44	8,51	8,59	7,61	7,73	9,53	9,69
7/16	14	10,98	10,84	8,79	8,61	9,97	9,88	9,95	10,04	8,92	9,06	11,11	11,29
1/2	12	12,54	12,39	9,99	9,80	11,36	11,26	11,35	11,44	10,15	10,30	12,70	12,89
5/8	11	15,71	15,53	12,92	12,72	14,41	14,31	14,40	14,50	13,09	13,26	15,88	15,08
3/4	10	18,86	18,68	15,80	15,59	17,44	17,34	17,42	17,43	15,99	16,17	19,05	19,26
7/8	9	22,02	21,81	18,61	18,39	20,44	20,33	20,42	20,53	18,82	19,03	22,23	22,45
1	8	25,17	24,93	21,34	21,10	23,39	23,27	23,37	23,49	21,57	21,81	25,40	25,64
1 1/8	7	28,31	28,04	23,93	23,68	26,27	26,15	26,25	26,78	24,20	24,47	28,58	28,83
1 1/4	7	31,48	31,21	27,10	26,85	29,45	29,32	29,43	29,56	27,37	27,64	31,75	32,00
1 3/8	6	34,61	34,30	29,51	29,23	32,24	32,10	32,22	32,35	29,82	30,13	34,93	35,20
1 1/2	6	37,79	37,48	32,68	32,41	35,41	35,28	35,39	35,53	32,99	33,31	38,10	38,38
1 5/8	5	40,90	40,53	34,77	34,47	38,05	37,90	38,02	38,17	35,15	35,52	41,28	41,58
1 3/4	5	44,08	43,70	37,95	37,65	41,22	41,07	41,20	41,35	38,82	38,70	44,45	44,75
1 7/8	4 1/2	47,21	46,79	40,40	40,38	44,04	43,88	44,01	44,17	40,82	41,23	47,63	47,94
2	4 1/2	50,39	49,97	43,57	43,26	47,21	47,06	47,19	47,35	43,99	44,41	50,80	51,12

## GWINT WHITHWORTH'A

## Pasowanie średnie

nominal. w cal.	Zwojów na 1 cal.	Śruby						Nakrętki					
		wierzchołk.		rdzeniowa		flankowa		flankowa		wierzchołk.		rdzeniowa	
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1/4	20	6,26	6,06	4,72	4,50	5,54	5,42	5,54	5,65	4,82	5,01	6,35	6,58
5/16	18	7,83	7,63	6,13	5,89	7,03	6,92	7,03	7,15	6,23	6,44	7,94	8,18
3/8	16	9,41	9,19	7,49	7,24	8,51	8,38	8,51	8,64	7,61	7,83	9,53	9,78
7/16	14	10,98	10,64	8,79	8,52	9,95	9,82	9,95	10,09	8,92	9,16	11,11	11,38
1/2	12	12,54	12,29	9,99	9,70	11,35	11,20	11,35	11,49	10,15	10,40	12,70	12,99
5/8	11	15,11	15,43	12,92	12,61	14,40	14,25	14,40	14,55	13,09	13,36	15,88	16,18
3/4	10	18,86	18,58	15,80	15,48	17,42	17,27	17,42	17,58	15,99	16,27	19,05	19,37
7/8	9	22,02	21,71	18,61	18,28	20,42	20,25	20,42	20,59	18,82	19,13	22,23	22,56
1	8	25,17	24,83	21,34	20,98	23,37	23,19	23,37	23,55	21,57	21,91	25,40	25,76
1 1/8	7	28,31	27,94	23,93	23,55	26,25	26,06	26,25	26,44	24,20	24,57	28,58	28,96
1 1/4	7	31,48	31,11	27,10	27,72	29,43	29,24	29,43	29,62	27,37	27,74	31,75	32,13
1 3/8	6	34,61	34,20	29,51	29,09	32,22	32,01	32,22	32,42	29,82	30,23	34,93	35,34
1 1/2	6	37,79	37,38	32,68	32,27	35,39	35,19	35,39	35,60	32,99	33,41	38,10	38,51
1 5/8	5	40,90	40,43	34,77	34,32	38,02	37,80	38,02	38,25	35,15	35,62	41,28	41,73
1 3/4	5	44,08	43,60	37,95	37,50	41,20	40,97	41,20	41,42	38,32	38,80	44,45	44,90
1 7/8	4 1/2	47,21	46,79	40,40	39,92	44,01	43,77	44,01	44,25	40,82	41,33	47,63	48,10
2	4 1/2	50,39	49,87	43,57	43,10	47,19	46,95	47,19	47,43	43,99	44,51	50,80	51,28

## Pasowanie zgrubne

nominal. w cal.	Zwojów na 1 cal	Śruby						Nakrętki					
		wierzchołk.		rdzeniowa		flankowa		flankowa		wierzchołk.		rdzeniowa	
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1/4	20	6,26	5,91	4,72	4,35	5,54	5,35	5,54	5,73	4,82	5,16	6,35	6,73
5/16	18	7,83	7,48	6,13	5,73	7,03	6,84	7,03	7,23	6,23	6,59	7,94	8,34
3/8	16	9,41	9,04	7,49	7,07	8,51	8,30	8,51	8,72	7,61	7,98	9,53	9,95
7/16	14	10,98	10,59	8,79	8,34	9,95	9,73	9,95	10,18	8,92	9,31	11,11	11,56
1/2	12	12,54	12,14	9,99	9,51	11,35	11,10	11,35	11,39	10,15	10,55	12,70	13,18
5/8	11	15,71	15,28	12,92	12,41	14,40	14,14	14,40	14,65	13,09	13,51	15,88	16,38
3/4	10	18,86	18,43	15,80	15,27	17,42	17,16	17,42	17,69	15,99	16,42	19,05	19,58
7/8	9	22,02	21,56	18,61	18,05	20,42	20,14	20,42	20,70	18,82	19,28	22,23	22,79
1	8	25,17	24,68	21,34	20,74	23,37	23,07	23,37	23,67	21,57	22,06	25,40	26,00
1 1/8	7	28,31	27,79	23,93	23,30	26,25	25,94	26,25	26,57	24,20	24,71	28,58	29,21
1 1/4	7	31,48	30,96	27,10	26,47	29,43	29,11	29,43	29,75	27,37	27,89	31,75	32,38
1 3/8	6	34,61	34,05	29,51	28,82	32,22	31,87	32,22	32,56	29,82	30,38	34,93	35,61
1 1/2	6	37,79	37,23	32,68	32,00	35,39	35,05	35,39	35,73	32,99	33,56	38,10	38,79
1 5/8	5	40,90	40,28	34,77	34,02	38,02	37,65	38,02	38,40	35,15	35,77	41,28	42,03
1 3/4	5	44,08	43,45	37,95	37,20	41,20	40,82	41,20	41,57	38,32	38,95	44,45	45,20
1 7/8	4 1/2	47,21	46,54	40,40	39,61	44,01	43,62	44,01	44,41	40,82	41,48	47,63	48,42
2	4 1/2	50,39	49,72	43,57	42,78	47,19	46,79	47,19	47,58	43,99	44,66	50,80	51,80

15. ANGIELSKIE UKŁADY PASOWAŃ. Angielskie układy pasowań, ustalone na kilka lat przed wojną, przeszły przez ogniową próbę dziesięcioletniej praktyki przemysłowej i, po dokonaniu pewnych koniecz-



nych zmian i poprawek, zyskały sobie powszechne prawo obywatelstwa. Sposób, w jaki zostały one wprowadzone do praktyki, świadczy dobitnie, że wszelkiej gruntownej pracy standardyzacyjnej towarzyszyć musi działalność doświadczalna.

Metody angielskiej standardyzacji znalazły najpiękniejszy wyraz przy ustalaniu drobnych śrub precyzyjnych, jakie znajdują zastosowanie w mechanice precyzyjnej i optyce. Naprzód ustalony został nowy profil gwintu<sup>1)</sup> o kącie wierchołkowym  $47\frac{1}{2}^{\circ}$ , jaki się nadał lepiej od innych w wyjątkowo precyzyjnych drobnych śrubach. Zaokrąglenia dano dość wydatne na wzór tych, jakie widzimy w gwincie Whithwortha. Wbrew tradycji angielskiej wszystkie miary, a więc skok, średnice i zaokrąglenia ustalono wyłącznie w miarach metrycznych. Skoki w milimetrach ustalono na podstawie wzoru  $p = (0,9)^n$ , przyczem  $n$  określa porządkowy „numer“ śruby. W podobny sposób ustalono średnice i promienie zaokrągleń. Nie podajemy tu bliżej szczegółowych danych o tym gwincie, gdyż znaleźć je można w zacytowanej pracy.

Jeśli wspominamy na tem miejscu o tym gwincie specjalnym, to nietyle ze względu na jego wartość w wielu praktycznych zagadnieniach, ile w celu zailustrowania angielskich metod pracy standardyzacyjnej. Przedewszystkiem wykonano komplet wzorców aż do najdrobniejszych, aby się przekonać doświadczalnie o wadach i zaletach proponowanego układu. Najmniejsza śruba, jaką wykonano, posiadała średnicę zewnętrzną śruby 0,25 mm, flankową 0,21 mm. Skok śruby wynosił 0,07 mm, głębokość gwintu 0,04 mm. Wykonanie tej śruby i nakrętki wymagało wielkich zachodów i trudów, niemniej jednak uwieńczone zostało zupełnem powodzeniem. Tym sposobem wyznaczony został dolny kres średnicy śruby przy współczesnym poziomie techniki.

W tym układzie udało się sprawdzić i wyznaczyć tolerancje aż do skoku, wynoszącego zaledwie 0,21 mm. Okazało się przytem, że do drobnych gwintów precyzyjnych nie dadzą się zastosować te jednostki pasowania, jakie ustalone zostały dla gwintu Whithwortha. Tak więc dla  $\phi$  fl. przyjęte zostały tolerancje  $0,08p + 0,02$  mm, dla odskoku 2.  $0,08p + 0,02$  mm, zaś dla gry  $0,08p + 0,02$  mm, gdzie  $p$  jest wyrażone również w mm.

Polecając układ gwintów British Association uwadze wszystkich tych, co mają do czynienia z drobnymi gwintami precyzyjnymi, przechodzimy obecnie do omówienia układu tolerancji dla zwykłego przemysłowego gwintu Whithwortha.

Za jednostkę pasowania przyjętą została wielkość  $0,01\sqrt{p}$ , gdzie  $p$  jest wyrażone w calach angielskich. Dzięki szczęśliwemu zbiegowi oko-

---

<sup>1)</sup> British Engineering Standards Association. Interim Report on British Association Screw Threads with Tolerances. June 1919. Jest to bardzo cenna praca.



liczności ta jednostka daje się łatwo wyrazić w  $mm$ , o ile pominąć drobny błąd, wynikający z zastąpienia  $25,4 mm$  przez  $25 mm$ , pozostający zresztą bez wpływu wobec drobnych wartości tolerancyj.

Angielska komisja standardyzacyjna ustaliła tablice tolerancyjne dla gwintów precyzyjnych normalnych i ciasnych (close fits). Kluczem do zrozumienia tych tablic są następujące wzory, wyrażające pasowania w jednostkach  $0,01\sqrt{p}$ .

#### Angielskie gwinty precyzyjne.

Tolerancje	⊕ pełna (wierzchołkowa)	flankowa	rdzeniowa
Śruba	$3.0,01\sqrt{p}$	$2.0,01\sqrt{p}$	$4.0,01\sqrt{p}$
Nakrętka	$4.0,01\sqrt{p}$	$2.0,01\sqrt{p}$	$3.0,01\sqrt{p}$

Tolerancja odskoku wynosi  $4.0,01\sqrt{p}$ , zaś gry  $2.0,01\sqrt{p}$ . Pomiedzy nakrętką a śrubą pozostawiony jest zasadniczy luz, wynoszący  $0,002'' = 51 \mu$ .

#### Angielskie ciasne gwinty precyzyjne.

Tolerancje	⊕ pełna	⊕ flankowa	⊕ rdzeniowa
Śruba	$1,5.0,01\sqrt{p}$	$0,01\sqrt{p}$	$2.0,01\sqrt{p}$
Nakrętka	$2.0,01\sqrt{p}$	$0,01\sqrt{p}$	$1,5.0,01\sqrt{p}$

Tolerancja na odskoku wynosi  $2.0,01\sqrt{p}$ , na grze  $0,01\sqrt{p}$ . Stały luz  $51 \mu$ .

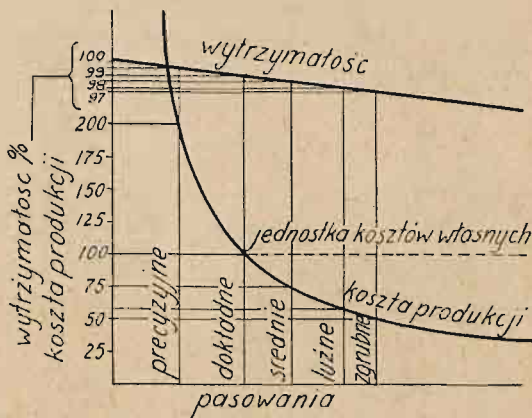
Z wzorów i tablic angielskich przekonywujemy się, że zastosowano w nich większą dokładność wykonania, niż tą, jaka jest projektowana w normach niemieckich.

W ostatnich czasach w przemyśle angielskim zaczęto stosować nowe tablice tolerancyjne, uzgodnione zresztą z tablicami komisji standardyzacyjnej, dla pasowań mniej dokładnych. Zasluguja one na baczna uwage z tego wzgledu, ze najwazniejsze z nich pokrywaja sie z tablicami niemieckimi. Mianowicie wprowadzila je znana wytwornia Alfred Herbert w Coventry na mocy dluzszych prob i dzeki zastosowaniu sprawdzianow szczegolowych Wickman'a do sprawdzania srub, ktore okazaly sie bardzo praktyczne i umozliwily w prosty sposob dokonywac sprawdzania zaimiennosci srub.

W ukladach Herberta zachowana zostala ta sama jednostka pasowania  $0,01\sqrt{p}$ , jednak same tolerancje zostaly znacznie zwiekszone. Poza pasowaniami precyzyjnymi (ciasnymi) i dokladnymi (zwyklymi), jakie ustalila angielska komisja, Herbert wprowadzil pasowania srednie (medium), luzne (coarse) i zgrubne (rough). O koniecznosci wprowadzenia nowych ukladow decyduja wzgledy ekonomiczne. Jesli przyjmiemy zgruba, ze dwa razy dokladniejsze sruby sa dwa razy drozsze, to otrzymamy

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 zaznaczamy, że angielskie pasowania pokrywają się częściowo z amerykańskimi.



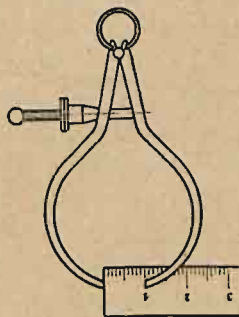
Rys. 31. Koszta wytwarzania śrub różnej dokładności

### 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 skutecznie 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 poszukiwania 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