

## METODA OCENY CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI POWŁOK NA WYROBACH DRZEWNYCH OPARTA NA POMIARZE SIŁY TARCIA

*Alina Staniszevska*

Instytut Podstaw Techniki Akademii Rolniczej w Poznaniu

Dyrektor: prof. Jerzy Strumiński

**Synopsis.** W metodzie oceny chropowatości powierzchni powłok wykorzystano zależność istniejącą pomiędzy siłą tarcia a strukturą geometryczną powierzchni. Na tej zasadzie oparto działanie nowego, przydatnego w warunkach przemysłowych, przyrządu do oceny chropowatości powierzchni powłok malarsko-lakierniczych na wyrobach z drewna.

### 1. GENEZA ZAGADNIENIA I CEL PRACY

Metody pomiaru chropowatości powierzchni powłok opierają się głównie na adaptacji przyrządów pomiarowych stosowanych w obróbce metali [1, 5, 11, 13, 17, 20, 22, 23]. Badania prowadzące do skonstruowania przyrządów przeznaczonych do pomiaru chropowatości drewna i powłok należą do bardzo nielicznych.

Istniejące metody pomiaru i oceny chropowatości powierzchni powłok można podzielić na:

- stykowe odwzorowywanie profilu powierzchni,
- bezstykowe odwzorowywanie profilu powierzchni,
- porównawcze,
- specjalne.

Stykowe odwzorowywanie profilu powierzchni polega na rejestrowaniu ruchów ostrza wzorującego (igły), przesuwającego się po nierównościach powierzchni wzdłuż określonego odcinka. Ostrze wzorujące związane jest z przetwornikiem (mechanicznym, optyczno-mechanicznym, elektrodynamicznym, piezoelektrycznym, pneumatycznym itp.), który kieruje nadane przez igłę impulsy poprzez wzmacniacz do urządzenia wskazującego lub rejestrującego.

Metody stykowe umożliwiają zarejestrowanie profilu nierówności powierzchni w postaci profilogramu, wyróżniają się niezależnością powiększeń pionowych od

poziomych profilu oraz szeroką skalą powiększeń pionowych. Wadą jednak tej grupy metod jest zniekształcanie profilu powierzchni, wynikające z geometrycznych i dynamicznych błędów odwzorowywania ostrza.

W przemysłowych pomiarach chropowatości metody stykowe mają zastosowanie ograniczone, gdyż próbki do badań chropowatości muszą być wycinane z wyrobu. Brak produkcji krajowej tych przyrządów, duży koszt zakupu, skomplikowana często konstrukcja i obsługa decydują o małym ich zastosowaniu również na skalę laboratoryjną.

Bezstykowe (optyczne) odwzorowywanie profilu powierzchni oparte jest na zasadzie:

- przekrojów świetlnych,
- cienia,
- interferencji światła.

Dotychczas w pomiarach chropowatości powierzchni powłok najszerze zastosowanie znalazły mikroskopowe metody przekrojów świetlnych. Zasada działania mikroskopów o podwójnym układzie optycznym polega na skierowaniu pod kątem  $45^\circ$  do badanej powierzchni wąskiej wiązki światła, której płaszczyzna przecięcia z powierzchnią stanowi profil nierówności obserwowany w okularze mikrometrycznym.

Aczkolwiek metoda ta odznacza się dość dużą dokładnością pomiaru i odwzorowywania profilu, to jednak w zastosowaniu do powłok ujawnia cechy ujemne. Najczęściej przyrządy oparte na zasadzie przekrojów świetlnych nie mają charakteru warsztatowego, a zatem próbki użyte do pomiarów są wycinane z wyrobu, co powoduje jego zniszczenie. Inną wadą tego rodzaju przyrządów jest zbyt małe pole widzenia.

Zasadę odwzorowywania profilu nierówności cieniem wykorzystano między innymi w tzw. metodzie nożykowej. Odpowiedni dobór kąta padania światła i obserwacji granicy cienia rzucanego przez ostrze nożyka na badaną powierzchnię umożliwia pomiar wysokości profilu powierzchni okularzem mikrometrycznym. Oparty na tej zasadzie mikroskop charakteryzuje się dużym zakresem pomiarowym. Na dokładność odwzorowywania profilu powierzchni w sposób zasadniczy wpływa prostolinijność ostrza nożyka.

Zjawisko interferencji światła wykorzystano w konstrukcji przyrządów do pomiaru chropowatości powierzchni polerowanych. Strumień monochromatycznego światła zostaje rozdzielony w pryzmacie. Jedna wiązka światła pada na powierzchnię badaną, a po odbiciu wraca do okularu mikroskopu. Druga, przechodząc przez pryzmat, zostaje odbita od zwierciadła i po załamaniu się w pryzmacie skierowana do okularu mikroskopu. Różnica drogi tych dwu promieni wywołuje obserwowane zjawisko interferencji. Metoda ta jest użyteczna tylko do pomiarów powierzchni o małej chropowatości.

W grupie metod porównawczych wyróżnia się:

- badanie powierzchni dotykiem (palcem, paznokciem lub blaszką),
- obserwacje powierzchni okiem nieuzbrojonym lub pod mikroskopem.

Badanie dotykowe i obserwacje powierzchni umożliwiają ocenę chropowatości przez porównanie jej z ustalonymi powierzchniami wzorcowymi. Dotąd nie zostały opracowane wzorce chropowatości powierzchni powłok. Trudności w opracowaniu stwarza materiał wzorców, barwa, zdolności refleksyjne, sposoby obróbki powierzchni wzorców, dokładność wykonania itp. Z tych względów do oceny chropowatości powierzchni powłok stosuje się prymitywne sposoby wzrokowe i dotykowe.

Ocena chropowatości powierzchni powłok metodami specjalnymi odbywa się przez pomiar określonych wielkości fizycznych, charakteryzujących te zjawiska lub właściwości powierzchni, które pozostają w ścisłym związku z jej chropowatością.

W zastosowaniu do powierzchni powłok polerowanych na uwagę zasługują sposoby fotooptyczne i fotoelektryczne. Zasada pomiaru przy użyciu tzw. fotometrów polega na wizualnym porównaniu intensywności światła odbitego od oświetlonej powierzchni wzorcowej i powierzchni badanej. Ilość światła odbitego jako miernik nierówności powierzchni powłok jest jednak obciążona błędami subiektywnymi wzrokowej oceny.

Metody fotoelektryczne oparte są na zasadzie pomiaru natężenia światła odbitego od badanej powierzchni przy użyciu czujnika fotoelektrycznego [7, 19]. Znane są również proste sposoby oceny wzrokowej, polegające na obserwacji wyrazistości i prawidłowości odbitego obrazu [8]. Należy też wspomnieć o metodach pneumatycznych, polegających na pomiarze czasu wypływu powietrza, powodującego określony spadek ciśnienia, poprzez szczeliny między badaną powierzchnią a kołnierzem pomiarowym [14]. Porównując czasy wypływu powietrza przy badanej powierzchni i przy powierzchni wzorcowej, ocenia się chropowatość badanej powierzchni. Zniekształcenie wyników pomiarów występuje na skutek nieuniknionych drobnych zanieczyszczeń powstałych na badanych powierzchniach.

Na uzyskiwane wyniki pomiaru, przy użyciu specjalnych metod oceny chropowatości powierzchni powłok, duży wpływ wywierają uboczne czynniki nie dające się często określić.

Na podstawie przedstawionego stanu metod pomiaru chropowatości wynika, że dotychczas brak przyrządów umożliwiających przeprowadzenie w sposób szybki, prosty i tani oceny chropowatości powierzchni powłok bezpośrednio na wyrobie.

Podstawową przesłanką badań zakreślonych niniejszą pracą jest założenie, że istnieje zależność pomiędzy siłą tarcia a chropowatością powierzchni [2, 3, 25, 26, 27]. Wprawdzie wskutek złożoności procesu tarcia wiele zagadnień wymaga jeszcze rozległych badań, niemniej jednak wiadomo, że przy niezmiennych innych parametrach siła tarcia jest funkcją chropowatości powierzchni [4, 9, 15, 16, 24].

Przyjmując to założenie jako główny cel pracy, określono opracowanie metody pomiaru chropowatości powierzchni powłok użytecznej do stosowania w warunkach przemysłowych. Pośrednim celem pracy jest zbadanie przydatności technicznej skonstruowanego przez autorkę przyrządu — przez określenie korelacji pomiędzy wskazaniami według skali przyrządu, stanowiącymi odpowiednik siły tarcia, a chropowatością powierzchni wybranych powłok określoną gładkościomierzem Schmalza

## II. ROZWAŻANIA DOTYCZĄCE POMIARU CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI POWŁOK JAKO FUNKCJI SIŁY TARCIA

W rozwiązaniu konstrukcyjnym przyrządu pomiarowego zamierza się wykorzystać zależność między siłą tarcia i chropowatością powierzchni do oceny jej struktury geometrycznej. Zarejestrowanie siły tarcia może nastąpić w jednym z trzech momentów:

- przejścia tarcia statycznego w kinetyczne,
- tarcia kinetycznego,
- przejścia tarcia kinetycznego w statyczne.

Pomiar siły tarcia w momencie przejścia tarcia statycznego w kinetyczne można by przeprowadzić laboratoryjnie, sposobem trybometru. Praktyczne zastosowanie tej metody jest zbyt uciążliwe i pracochłonne. Prawdopodobnie większą przydatność przedstawia wyznaczenie siły tarcia z warunków samohamowności równi pochyłej. Jednak wadą tej metody są drgania występujące podczas nachylania liniału sinusowego, które mogą łatwo spowodować znaczny błąd. Główną wadą obu tych metod jest bezwładność trących się elementów.

Pomiar siły tarcia w momencie tarcia kinetycznego powinien być przeprowadzony w ruchu prostoliniowym lub obrotowym, co wiąże się z rozbudową stanowiska badawczego i nadaje metodzie charakter ściśle laboratoryjny.

Pomiar siły tarcia w momencie przejścia tarcia kinetycznego w statyczne wymaga, w rozwiązaniu konstrukcyjnym przyrządu użytecznego do pomiaru w warunkach przemysłowych, uwzględnienia pewnych czynników występujących w procesie tarcia. W związku z tym chropowatość powierzchni ciała trącego powinna być tak dobrana, aby nie występowały zjawiska adhezji, a wyłączną formą nawiązania styku elementów trących się były zahaczenia.

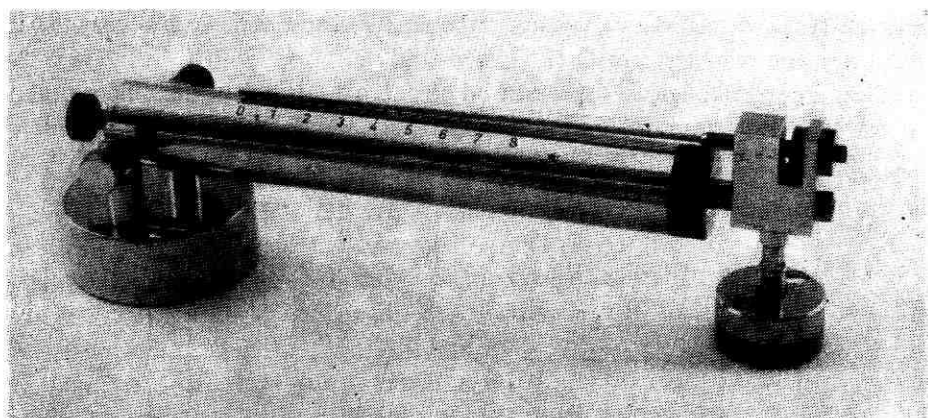
Duże znaczenie w ocenie chropowatości powierzchni opartej na pomiarze siły tarcia ma wielkość powierzchni stopy trącej i jej ciężar. Korzystne w przypadku powłok są małe naciski jednostkowe na podłoże, a zatem powierzchnia trąca powinna być dość duża przy niewielkiej sile dociskającej. Warunkuje to wyeliminowanie ewentualnych śladów przesuwu stopy trącej po powierzchni powłok.

Innym ważnym czynnikiem w omawianym sposobie pomiaru chropowatości powierzchni powłok jest prędkość ciała trącego. W razie zastosowania małej prędkości przesuwu stopy trącej po badanej powierzchni bezwładność układu ruchowego wpływa w sposób nieistotny na uzyskane wyniki. Zapewnia to również prawidłowe zarejestrowanie siły w momencie przejścia tarcia kinetycznego w statyczne.

### III. PRZYRZĄD POMIAROWY

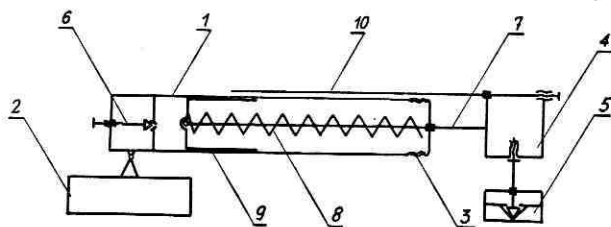
#### 1. OPIS PRZYRZĄDU POMIAROWEGO

Na podstawie przeprowadzonych rozważań pomiaru chropowatości powierzchni powłok jako funkcji siły tarcia zaproponowano rozwiązanie konstrukcyjne przyrządu pomiarowego według rysunku 1. Przyrząd ten stanowi przedmiot patentu [25] uzyskanego przez autorkę pracy.



Rys. 1. Widok ogólny przyrządu do oceny chropowatości powierzchni powłok

Schemat przyrządu pomiarowego pokazano na rysunku 2. Cylinder 1 jest zamocowany wahliwie we wspornikach podstawy 2. Nakrętka 3 stanowi pokrywę nagwin-towanej końcówki cylindra 1 pełniącego również rolę prowadnicy tłoczyska 7. W dnie cylindra 1 jest zawór 6 służący do regulacji przepływu powietrza i hamowania ruchu stopy trącej. Uchwyt 4 łączy tłoczek 7 i stopę trącą 5 (o przekroju kołowym) z zamocowaną przesuwnie wskazówką 10. Wymienna stopa trąca 5 związana jest z uchwytem 4 łożyskiem kłowym. Podzespół ruchowy składa się z tłoka drążonego 9 oraz tłoczyska 7 ze sprężyną naciskową 8. Na cylindrze 1 nacięta jest mili-metrowa skala pomiarowa.



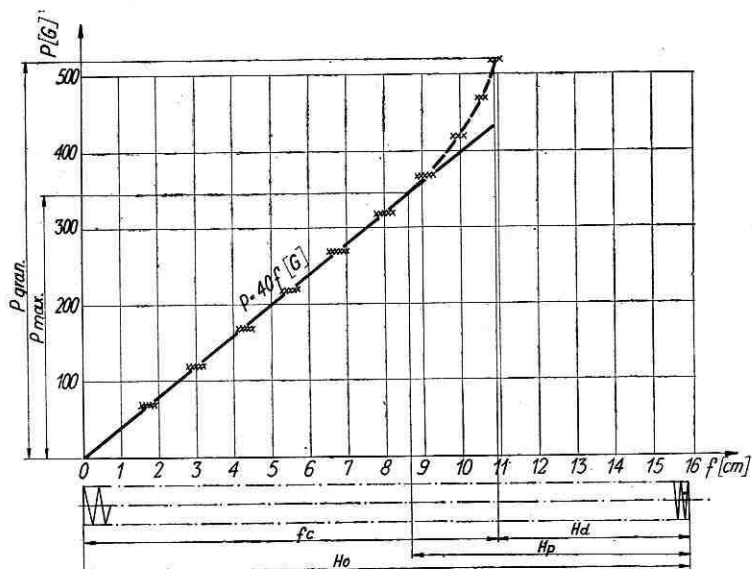
Rys. 2. Schemat przyrządu do oceny chropowatości powierzchni powłok: 1 — cylinder, 2 — pod-stawa, 3 — nakrętka, 4 — uchwyt, 5 — stopa trąca, 6 — zawór, 7 — tłoczek, 8 — sprężyna śru-bowa naciskowa, 9 — tłok, 10 — wskazówka

Tłoczek 7 przy użyciu uchwyty 4 zostaje wysunięte z cylindra, co powoduje ściśnięcie sprężyny przez tłok 9. Tak przygotowany do pomiaru przyrząd umieszcza się na powierzchni badanej w płaszczyźnie poziomej. Następnie na skutek zwolnienia ściśniętej sprężyny 8 następuje jej rozprężenie i przesuwanie się stopy trącej 5 o określonej chropowatości aż do ustalenia się stanu sił w równowadze statycznej w płaskim układzie odniesienia. Odczytana na skali przyrządu pomiarowego siła tarcia służy do umownego określenia chropowatości badanej powierzchni.

W opisanym przyrządzie pomiarowym podstawowym elementem jest sprężyna przesuwająca stopę trącą o określonej chropowatości po badanej powierzchni.

Sprężyna śrubowa naciskowa została wykonana z drutu stalowego sprężynowego, tzw. fortepianowego rodzaju C (PN-65/M-80057).

Zależność strzałki ugięcia  $f$  sprężyny od obciążenia  $P$  przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Charakterystyka sprężyny śrubowej naciskowej:  $H_0$  — długość sprężyny,  $H_d$  — długość sprężyny ściśniętej,  $H_p$  — długość sprężyny poddanej obciążeniu siłą  $P_{max}$ ,  $f_c$  — całkowita strzałka ugięcia sprężyny

Na podstawie doświadczeń wstępnych ustalono również chropowatość powierzchni stopy trącej. Opierając się na rozważaniach zawartych w poprzednim rozdziale, wykonano stopy trące średnicy 30 mm ze stali narzędziowej stopowej NC11 w klasach chropowatości od 8 do 2 (wg PN-58/M-04251).

Nierówność powierzchni stopy trącej stanowi spirala otrzymana drogą promieniowego toczenia od środka stopy ku obwodowi.

Proponowanym przyrządem pomierzono siłę tarcia na powłokach o chropowatości  $5 \mu\text{m}$ . Doświadczenia te pozwoliły stwierdzić, że najmniejsze rozrzuty wyników uzyskano przy zastosowaniu stopy trącej wykonanej w 4 klasie chropowatości powierzchni, którą ostatecznie zastosowano w przyrządzie. Stopa trąca jest podparta łożyskiem kołowym, co umożliwia dostosowanie się płaszczyzny stopy do ewentualnych odchyłeń od płaskości badanej powierzchni.

Prawkidłową pracę sprężyny, a więc i przemieszczanie stopy trącej, warunkuje rozwiązanie konstrukcyjne zespołu ruchowego przyrządu. Analizowano pracę tłoka w cylindrze przy zastosowaniu smarowania lekkimi olejami i na sucho. W wyniku badań stwierdzono, że wskutek zmian lepkości i starzenia się smaru pomiary odznaczały się dużym rozrzutem. Wobec tego przyjęto — mimo zwiększonego oporu tarcia — pracę tłoka na sucho. Cylinder jest zaopatrzony w zawór dławiący przepływ powietrza spod tłoka. Ma to na celu regulację prędkości prze-

suwu tłoka, zmierzającą do ograniczenia wpływu sił bezwładności układu ruchomego na wyniki pomiaru.

## 2. PRZYGOTOWANIE PRZYRZĄDU DO POMIARU

Przygotowanie przyrządu do pomiaru chropowatości powierzchni sprowadza się głównie do wyznaczenia zależności wskazań przyrządu od obciążenia z uwzględnieniem tarcia na płytce wzorcowej.

Ponadto charakterystyka przyrządu pomiarowego zawiera:

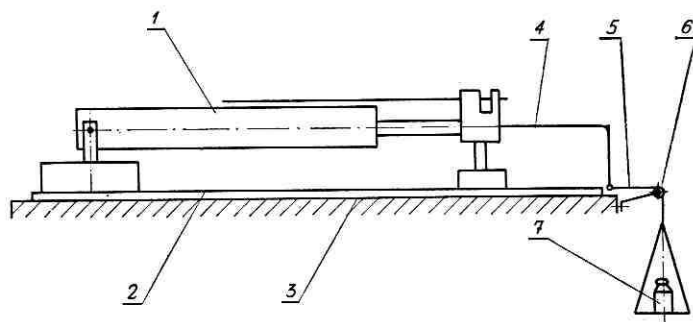
1) zależność wskazań przyrządu od obciążenia bez uwzględnienia tarcia na płytce wzorcowej,

2) zależność nacisków stopy pomiarowej od wskazań przyrządu.

Wzorcem gładkości dla przyrządu pomiarowego jest płytka wykonana z polerowanego szkła o wymiarach  $470 \times 60 \times 6$  mm. Płaskość powierzchni mierniczych wzorca gładkości sprawdzono płytkami interferencyjnymi płasko-równoległymi I klasy dokładności. Chropowatość polerowanych powierzchni pomiarowych wzorca nie przekracza wartości  $0,008 \mu\text{m}$  według wskazań  $R_a$  (średniego arytmetycznego odchylenia profilu od linii średniej).

Przed przystąpieniem do badań przyrząd wyzerowano na płytce wzorcowej. Czynność ta polegała na ustawieniu wskazówki w położenie zerowe, które wyznacza stan równowagi pomiędzy siłą tarcia na płytce wzorcowej i oporami tarcia w przyrządzie a siłą sprężyny. Ustawienia zerowego dokonuje się na podstawie średniej arytmetycznej z 10 pomiarów siły tarcia na płytce wzorcowej.

Na rysunku 4 pokazano sposób wyznaczania zależności pomiędzy obciążeniem a wskazaniami przyrządu pomiarowego z uwzględnieniem tarcia stopy o wzorzec.



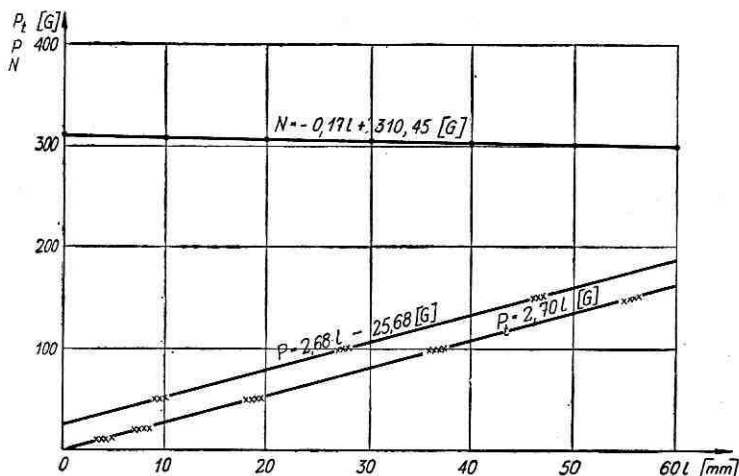
Rys. 4. Sposób wyznaczania zależności pomiędzy obciążeniem a wskazaniami według skali przyrządu pomiarowego z uwzględnieniem tarcia stopy o płytke wzorcową: 1 — przyrząd pomiarowy, 2 — płytka wzorcowca, 3 — stół, 4 — haczyk, 5 — nitka, 6 — bloczek, 7 — odważniki

Wyznaczanie wymienionej zależności odbywa się w ten sposób, że w przyrządzie umieszczonym na płytce wzorcowej obciąża się większą siłą (a następnie odciąża stopniowo) tłoczysko, określając siłę  $P_1$  będącą w równowadze z siłą sprężyny i oporami tarcia w przyrządzie. W ten sposób wyznacza się charakterystykę sprężyny w przyrządzie przy jej odciążaniu.

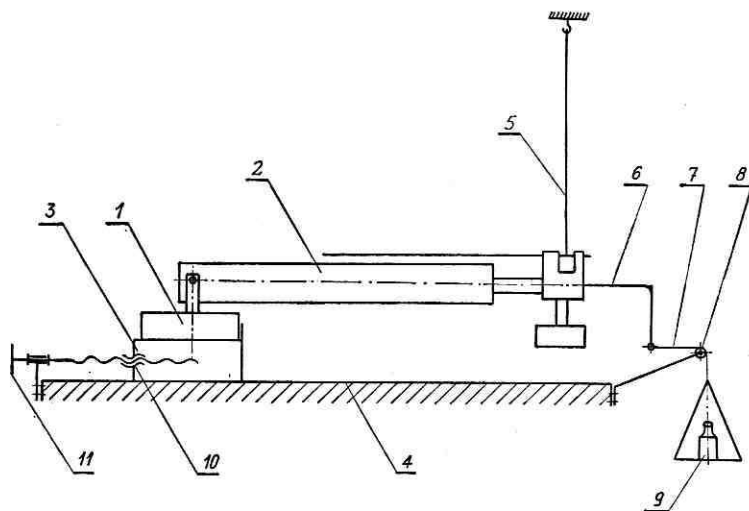
Na podstawie diagramu korelacyjnego par liczb ( $l_i$ ,  $P_{ti}$ ) obliczono prostą regresji przedstawioną na rysunku 5 w postaci zależności

$$P_t = 2,70 l \text{ [G]}$$

Zbadanie wpływu obciążenia na wskazania przyrządu (bez uwzględnienia tarcia stopy o płytkę wzorcową) przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 5. Zależność obciążenia z uwzględnieniem tarcia stopy o wzorec  $P_t$ , bez tarcia stopy o wzorec  $P$  oraz nacisku stopy trącej  $N$  od wskazań według skali przyrządu  $l$



Rys. 6. Sposób wyznaczania zależności pomiędzy obciążeniem a wskazaniami według skali przyrządu pomiarowego, bez uwzględnienia tarcia stopy o płytkę wzorcową: 1 — podstawa przyrządu, 2 — przyrząd pomiarowy, 3 — zabierak, 4 — stół, 5 — nitka podtrzymująca przyrząd w pionie, 6 — haczyk, 7 — nitka obciążnika, 8 — bloczek, 9 — odważniki, 10 — mechanizm śrubowy, 11 — koło ręczne



Charakterystykę sprężyny po odjęciu oporów tarcia w przyrządzie wyznacza się również przy jej odciążaniu. W tym celu obciąża się szalkę nieco powyżej stanu równowagi sił. Odczytów wskazań na skali przyrządu dokonuje się wówczas, kiedy nitka podtrzymująca stopę trącą zajmuje położenie pionowe.

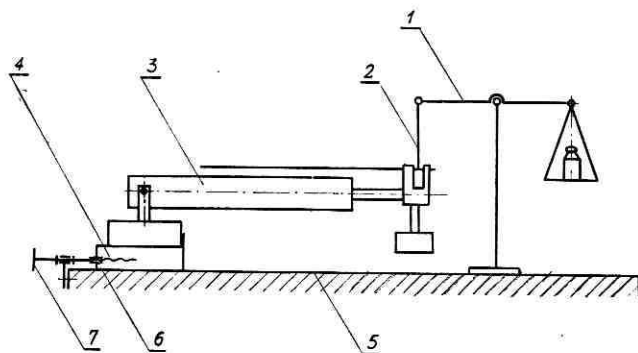
Z uzyskanych wyników utworzono diagram korelacyjny par liczb ( $l_i, P_i$ ). Obliczoną na podstawie diagramu korelacyjnego zmiennych prostą regresji ilustruje rysunek 5. Wynikłą z tego rysunku zależność wskazań przyrządu  $l$  do obciążenia  $P$  (bez uwzględnienia tarcia stopy o płytkę wzorcową) można przedstawić równaniem

$$P = 2,68 l + 25,68 \quad [\text{G}]$$

Łatwo zauważyć, że straty wynikające z oporów tarcia stopy o płytkę wzorcową stanowią różnicę wielkości siły  $P$  i  $Pt$ .

W celu ewentualnego wykorzystania przyrządu do pomiaru współczynnika tarcia wyznaczono również zależność wskazań przyrządu od nacisków stopy trącej. Sposób wyznaczenia tej zależności przedstawiono na rysunku 7. Uzyskane wyniki pomiarów pozwoliły na obliczenie prostej regresji, którą ilustruje rysunek 5. Z rysunku tego wynika, że zależność wskazań przyrządu  $l$  od nacisku stopy trącej  $N$  można przedstawić za pomocą równania

$$N = -0,17 l + 310,45 \quad [\text{G}].$$



Rys. 7. Sposób wyznaczenia zależności pomiędzy naciskiem stopy trącej a wskazaniami według skali przyrządu pomiarowego: 1 — waga laboratoryjna, 2 — nitka, 3 — przyrząd pomiarowy, 4 — zabierak, 5 — stół, 6 — mechanizm śrubowy, 7 — koło ręczne

Nacisk stopy jest sumą stałego ciężaru samej stopy oraz zmiennej reakcji podparcia przyrządu.

W zakresie przygotowania przyrządu do przeprowadzenia pomiaru siły tarcia jako funkcji chropowatości powierzchni wykonano również badanie wpływu odchylenia powierzchni pomiarowej od poziomu na wyniki pomiaru. Doświadczenia wykazały, że odchylenie powierzchni od poziomu większe od  $15^\circ$  oddziaływa bardzo nieznacznie na wskazania przyrządu pomiarowego. Słuszne byłoby wprowadzenie w przyrządzie poziomnicy pozwalającej na sprawdzenie powierzchni poddanej pomiarowi jednocześnie w kierunku podłużnym i poprzecznym o czułości

12–15", co odpowiada pochyleniu maksymalnemu 0,07 mm/m. Jednak wbudowanie w cylinder poziomiczy utrudnia konstrukcja przyrządu uwarunkowana potrzebami użytkownika. Przestrzegano zatem spoziomowania stanowiska badawczego przy użyciu poziomiczy stanowiącej wyposażenie przyrządu.

#### IV. ZAŁOŻENIA METODYCZNE I OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

##### 1. MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY

Próbki dwustronnie okleinowanych płyt wiórowych o wymiarach  $600 \times 500 \times 16$  mm, powleczono następującymi materiałami malarsko-lakierniczymi: lakierem nitrocelulozowym o symbolu 50/00/227, lakierem poliestrowym meblowym, lakierem chemoutwardzalnym typu Plastlak (matowym) bezbarwnym, o symbolu 73/10/48/60, emalią chemoutwardzalną HB-2 firmy Klintens, farbą syntetyczną szybko schnącą i emalią syntetyczną szybko schnącą do mebli  $22/\times/\times/129$ .

Powierzchnie powłok przygotowano zgodnie z obowiązującymi zakładowymi warunkami technologicznymi. Powierzchnie powłok szlifowano papierami ściernymi, a niektóre polerowano pastami drobnoziarnistymi typu HM-3 i 260. W przypadku lakieru chemoutwardzalnego typu Plastlak i emalii chemoutwardzalnej HB-2 ostateczne wykończenie powierzchni stanowił natrysk rozcieńczonych środków powlekających.

Tabela I

Operacje technologiczne wykańczania powłok

Operacje technologiczne powłok	Rodzaje powłok					
	lakier poliestrowy	lakier nitrocelulozowy	emalia HB-2	lakier Plastlak	emalia szybko schnąca	farba szybko schnąca
Sezonowanie		x	x	x		x
Szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 20(70)					x	x
Szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 10(120)			x			x
Szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (180)		x	x	x	x	x
Szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 3(320)	x	x	x	x	x	x
Szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (400)	x	x				
Polerowanie	x	x			x	
Natrysk rozcieńczonego środka powlekającego			x	x		
Liczba operacji na powłoce razem	3	5	5	4	4	5

x — Operacje technologiczne, po których przeprowadzono pomiary chropowatości powierzchni.

Zastosowane do badań powłoki malarsko-lakiernicze wraz z operacjami technologicznymi, przeprowadzonymi w celu ostatecznego wykończenia powierzchni, zestawiono w tabeli 1. Liczbę próbek przyjęto zakładając, że po każdej operacji technologicznej, przeprowadzonej na powierzchni powłoki, do pomiarów zostaną wzięte 3 płyty. Zatem ogólna liczba płyt wyniosła 78.

## 2. POMIAR CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI POWŁOK

Do pomiarów porównawczych chropowatości powierzchni powłok zastosowano gładkościomierz Schmalta o zmodernizowanym układzie optycznym. Przy użyciu przyrządu dokonywano pomiarów wysokości  $R_z$  nierówności powierzchni badanych powłok lakierowych.

Dokładność pomiaru przyrządu wyznaczono, przeprowadzając pomiary programu składanego z dwóch płytek wzorcowych o różnych wysokościach i przywartych obok siebie do szklanej płytki płaskorównoległej.

Na podstawie obliczeń stwierdzono, że dokładność pomiaru przyrządu waha się w granicach od 1 do 17%.

## 3. SPOSÓB WYZNACZANIA DOKŁADNOŚCI POMIARU PRZYRZĄDU

W celu wyznaczenia dokładności pomiaru przeprowadzono badania polegające na określeniu siły tarcia według skali przyrządu na płytkach ze szkła optycznego. Płytki do badań przygotowano przez szlifowanie szkła polerowanego tarczami ściernymi diamentowymi o różnej ziarnistości. Pomiary chropowatości powierzchni płytek przeprowadzono przy użyciu profilografometru Perth-o-Meter.

Na podstawie obliczeń z 30 pomiarów siły tarcia stwierdzono, że dokładność pomiaru przyrządu jest uzależniona od chropowatości mierzonej powierzchni i waha się w granicach od  $p = 0,5\%$  (dla polerowanej płytki) do  $p = 20\%$  (dla płytki o chropowatości  $35 \mu\text{m}$ ).

## 4. WARUNKI I LICZBA DOKONYWANYCH POMIARÓW

W pomieszczeniu, w którym przeprowadzono pomiary, utrzymywano temperaturę  $20^\circ\text{C}$ , a wilgotność względną powietrza 70%.

Powierzchnie powłok malarsko-lakierniczych oczyszczono z pyłu, a następnie przemyto eterem etylowym. W celu określenia jednokierunkowej struktury powierzchni przyjęto kierunek pomiaru chropowatości prostopadły do równoległych śladów obróbki szlifowaniem. Przy strukturze bezkierunkowej nie przestrzegano zasad doboru kierunku pomiaru.

Celową dokładność pomiaru chropowatości przyjęto średnio 8%. Konieczna liczba pomiarów wynosi 90, tak dla określenia wysokości  $R_z$  nierówności powierzchni powłok, jak i porównawczych pomiarów siły tarcia na badanej powierzchni według skali przyrządu pomiarowego.

Na podstawie oględzin powierzchni powłok dobrano na każdej z nich pięć pól pomiarowych. W celu określenia wysokości  $R_z$  nierówności powierzchni powłok malarsko-lakierniczych przeprowadzono po trzy pomiary w obrębie ustalonych pól.

Za wynik ostateczny dla danego pola przyjęto średnią arytmetyczną z trzech pomiarów. Po ustaleniu chropowatości jednej powierzchni każdej próbki wykonano pomiary porównawcze struktury geometrycznej powierzchni przy użyciu przyrządu do pomiaru siły tarcia.

W ten sposób na każdej płycie z obustronnie naniesioną powłoką przeprowadzono 30 pomiarów wysokości  $R_z$  nierówności powierzchni przy użyciu gładkościomierza Schmaltza i tyleż samo pomiarów siły tarcia wyrażonej w skali przyrządu.

#### 5. OZNACZANIE TWARDOŚCI POWŁOK

Wiadomo, że siła tarcia jest uzależniona od właściwości powierzchni trących; przeto postanowiono również określić twardość powłok stanowiących przedmiot badań.

Oznaczanie względnej twardości powłok wykonano na aparacie wahadłowym według PN-53/C-81530, przeprowadzając po 2 pomiary na tej samej powłoce na 5 płytkach. Za wynik ostateczny przyjęto średnią arytmetyczną z 10 pomiarów.

### V. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

#### 1. WPŁYW CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI POWŁOK NA WSKAZANIA WEDŁUG SKALI PRZYRZĄDU POMIAROWEGO

Materiał doświadczalny zestawiono w tabeli 2 i pokazano przykładowo na rysunkach 8 i 9.

Na podstawie materiałów zawartych w tabeli 2 można stwierdzić, że polerowane powierzchnie powłok poliestrowych wykazują średnio wartość wysokości  $R_z$  nierówności 1,1  $\mu\text{m}$ , co odpowiada średnim wskazaniom  $l$  według skali przyrządu pomiarowego 6,1 mm. Największe średnie wartości chropowatości powierzchni otrzymano dla powłok poliestrowych szlifowanych papierem ściernym o ziarnistości 3(320). W tym przypadku wysokość  $R_z$  nierówności wynosi 4  $\mu\text{m}$ , a wskazania  $l$  według skali przyrządu 12,7 mm.

Należy zaznaczyć, że w przypadku lakieru poliestrowego nie brano pod uwagę wyników uzyskanych na powłokach sezonowanych. Cienka warstwa parafiny na powierzchni powłoki mogłaby zniekształcić wyniki pomiaru.

Z rysunku 8 wynika, że zależność pomiędzy wysokością  $R_z$  nierówności powierzchni a wskazaniami  $l$  według skali przyrządu pomiarowego można przedstawić za pomocą prostej regresji

$$R_z = 0,23l + 0,63 [\mu\text{m}].$$

Obliczona zależność parametru wysokości  $R_z$  nierówności od wskazań  $l$  według skali przyrządu wynosi 77%.

Z uwagi na ograniczoną objętość pracy nie zamieszczono dla pozostałych powłok, będących przedmiotem badań, szczegółowego omówienia wyników pomiarów i graficznego ich przedstawienia. Określono jedynie równania regresji i współczynniki korelacji liniowej.

Tabela 2

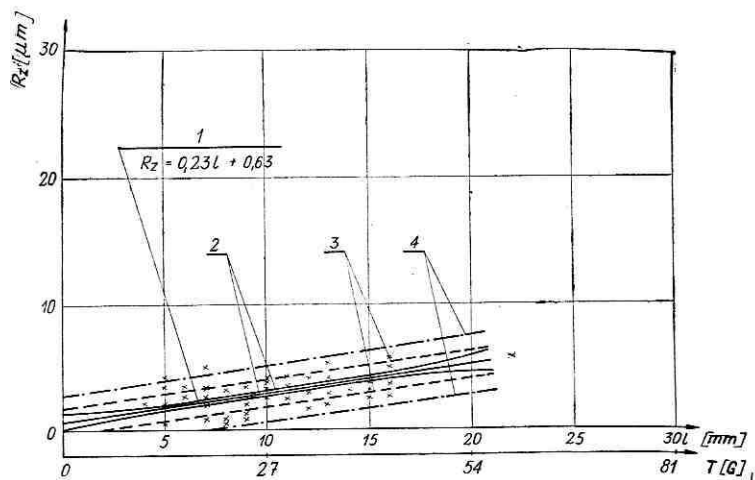
Zależność siły tarcia według skali przyrządu od chropowatości powierzchni  
wybranych powłok

Rodzaj powłok	Operacje technologiczne powłok	Średnia arytmetyczna dla 90 powtórzeń	
		wysokość nierówności $R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	siła tarcia według skali przyrządu 1 (mm)
Lakier poliestrowy	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 3 (320)	4,0	12,7
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (400)	3,2	9,2
	polerowanie	1,1	6,1
Lakier nitrocelulozowy	sezonowanie	4,7	16,6
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (180)	4,2	14,4
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 3(320)	3,1	13,4
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (400)	2,6	11,6
	polerowanie	0,6	9,2
Emalia chemo- utwardzalna HB—2	sezonowanie	10,5	22,1
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 10(120)	5,7	11,8
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (180)	4,7	10,2
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 3(320)	3,4	8,1
	natrysk rozcieńczonej emalii HB—2	3,6	9,6
Lakier chemo- utwardzalny typu Plastlak	sezonowanie	14,3	22,5
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (180)	6,6	16,4
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 3(320)	9,0	18,6
	natrysk rozcieńczonego lakieru typu Plastlak	4,2	14,3
Emalia szybko schnąca	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 20(70)	15,5	15,3
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (180)	6,5	7,8
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 3(320)	5,2	6,5
	polerowanie	2,7	0
Farba szybko schnąca	sezonowanie	34,5	34,9
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 20 (70)	14,8	24,9
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 10(120)	12,3	17,0
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna (180)	11,5	18,0
	szlifowanie papierem ściernym o numerze ziarna 3(320)	9,8	14,7

Dla powierzchni powłok lakieru nitrocelulozowego diagram punktowy dwóch zmiennych ( $R_z$ ,  $l$ ) umożliwił obliczenie prostej regresji, którą wyraża równanie

$$R_z = 0,20l + 0,44 [\mu\text{m}].$$

O stopniu zależności liniowej pomiędzy chropowatością powierzchni a wskazaniami na skali przyrządu pomiarowego świadczy współczynnik korelacji. Bez względu jego wartość, obliczona dla powłok lakieru nitrocelulozowego, wynosi 0,68.



Rys. 8. Zależność pomiędzy wysokością nierówności  $R_z$  a wskazaniami według skali przyrządu pomiarowego  $l$  ( $T$ ) dla powierzchni powłok lakieru poliestrowego: 1 — prosta regresji, 2 — granice ufności dla prostej regresji, 3 — odchylenie standardowe regresji, 4 — granice tolerancji wysokości nierówności  $R_z$

Prostoliniijną zależność pomiędzy wysokością  $R_z$  nierówności powierzchni a wskazaniami na skali przyrządu  $l$  na powłokach emalii chemoutwardzalnej HB-2 przedstawia równanie

$$R_z = 0,37l + 1,05 \text{ [}\mu\text{m]}.$$

Oszacowanie współczynnika korelacji liniowej wskazuje na wysoką zależność chropowatości powierzchni powłok emalii chemoutwardzalnej HB-2 od wskazań według skali przyrządu. Na podstawie obliczeń współczynnik korelacji  $r = 0,81$ .

Dla powierzchni powłok lakieru chemoutwardzalnego typu Plastlak zależność pomiędzy wysokością nierówności  $R_z$  a wskazaniami  $l$  według skali przyrządu przedstawia równanie

$$R_z = 0,51l - 1,03 \text{ [}\mu\text{m]}.$$

Stopień zależności między tymi parametrami wynosi 62%.

Na powierzchniach powłok emalii szybko schnącej zależność pomiędzy wysokością  $R_z$  nierówności a wskazaniami  $l$  według skali przyrządu wyraża prosta regresji

$$R_z = 0,61l + 2,99 \text{ [}\mu\text{m]}.$$

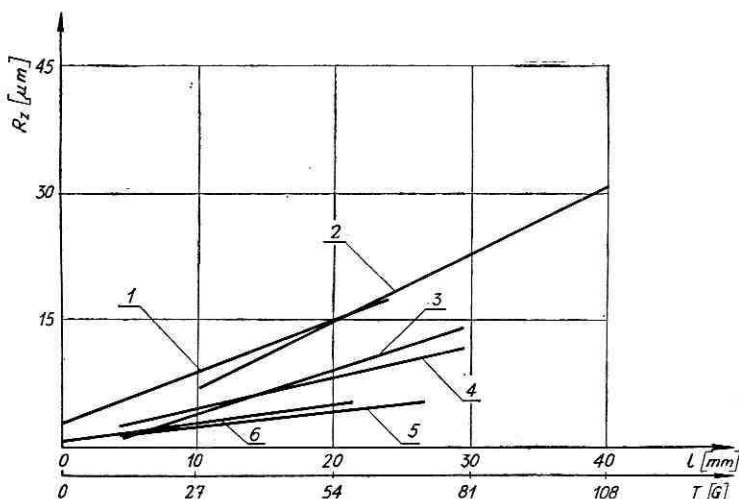
Dla powierzchni powłok emalii szybko schnącej obliczona wartość współczynnika korelacji wynosi 0,83, co świadczy o istotnym wpływie chropowatości powierzchni tych powłok na wskazania przyrządu pomiarowego.

Również liniowo układa się diagram korelacyjny par liczb dla powłok farby szybko schnącej (alkidowo-styrenowanej). Zależność pomiędzy wysokością nierówności  $R_z$  a wskazaniami według skali przyrządu wyraża prosta regresji w postaci równania

$$R_z = 0,80l - 1,02 \text{ [}\mu\text{m]}.$$

Stopień zależności między tymi parametrami dla powierzchni powłok farby szybko schnącej wynosi 72%.

Wykres zbiorczy prostych regresji dla powierzchni powłok malarsko-lakierniczych przedstawia rysunek 9. Zależności pomiędzy wysokością nierówności  $R_z$  a wskazaniami według skali przyrządu pomiarowego  $l$  na powierzchniach badanych powłok wyznaczone w postaci prostych różnią się współczynnikami regresji.



Rys. 9. Zależność pomiędzy wysokością nierówności  $R_z$  a wskazaniami według skali przyrządu  $l(T)$  dla powierzchni powłok malarsko-lakierniczych: 1 — emalia szybko schnąca, 2 — farba szybko schnąca, 3 — lakier chemoutwardzalny typu Plastlak, 4 — emalia chemoutwardzalna HB-2, 5 — lakier nitrocelulozowy, 6 — lakier poliestrowy

Próbowano odpowiedzieć na pytanie, jakie czynniki spowodowały różnice w przebiegu prostych regresji. Z licznych czynników natury fizyko-chemicznej, wpływających na siłę tarcia, największe znaczenie mają własności sprężysto-plastyczne, warunkujące charakter rzeczywistej powierzchni styku i wartość jej pola w zależności od nacisku. W przybliżeniu własności te można scharakteryzować przez wartość granicy plastyczności, twardości lub modułu sprężystości. Tak więc przyczyn powstania różnic w przebiegu prostych regresji dopatrywano się w twardości powłok malarsko-lakierniczych.

Porównując współczynniki regresji z twardością względną powłok malarsko-lakierniczych (tab. 3) można doszukać się zależności między tymi parametrami. Zakłócenia w proporcjonalnym przebiegu wykazują powłoki nitrocelulozowe i lakieru chemoutwardzalnego typu Plastlak. W analizowanych zależnościach między chropowatością powierzchni powłok malarsko-lakierniczych a względną twardością tych powłok uwidocznione różnice wydają się nieistotne przy wspólnym rozpatrywaniu powłok o zbliżonym współczynniku regresji. Pozwalają to stwierdzić dane zawarte w tej samej tabeli, z których wynika, że w miarę wzrostu twardości względnej powłok malarsko-lakierniczych współczynnik regresji maleje.

Tabela 3

Zależność współczynnika kierunkowego prostych regresji od względnej twardości powłok

Rodzaj powłok malarsko-lakierniczych	Współczynnik kierunkowy prostych		Względna twardość powłok malarsko-lakierniczych	
Farba szybko schnąca	0,80		0,39	
Emalia szybko schnąca	0,61	0,69	0,43	0,41
Emalia chemoutwardzalna HB—2	0,37		0,49	
Lakier chemoutwardzalny Plastlak	0,51	0,42	0,58	0,53
Lakier nitrocelulozowy	0,20		0,55	
Lakier poliestrowy	0,23	0,19	0,84	0,69

## 2. WPLYW CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI POWŁOK MALARSKO-LAKIERNICZYCH NA SIŁĘ TARCIA

Z materiałów doświadczalnych wynika, że wskazaniom na skali przyrządu pomiarowego  $l$  można przyporządkować wartości siły tarcia  $T$ .

Siłę tarcia każdorazowo przedstawiono na osi odciętych jako równoległą do wskazań według skali przyrządu pomiarowego. Pomiedzy wskazaniem na skali przyrządu a siłą tarcia istnieje zależność wprost proporcjonalna, o czym świadczy charakterystyka sprężyny po skorygowaniu strat w przyrządzie, odniesiona do wzorca gładkości. Wyznaczona bowiem przez cechowanie przyrządu pomiarowego wielkość  $P_t$  w pomiarach chropowatości powierzchni powłok jest niczym innym jak siłą tarcia  $T$ , której odpowiada na powierzchniach badanych określona wartość wskazań  $l$  według skali przyrządu. Zatem siła działająca podczas tarcia skierowana przeciwnie do kierunku ruchu stopy przyrządu wyraża się zależnością

$$P_t = T = 2,70 l \quad [\text{G}]$$

W niniejszej pracy zostały oszacowane parametry następujących funkcji:

$R_z = f(l)$  — zależność pomiędzy wysokością nierówności  $R_z$  a wskazaniami  $l$  według skali przyrządu;

$P_t = T = f(l)$  — zależność pomiędzy obciążeniem  $P_t$  (z uwzględnieniem tarcia o wzorzec) a wskazaniami  $l$  na skali przyrządu;

$P_t = T_o = f(l)$  — zależność pomiędzy obciążeniem  $P$  (bez uwzględnienia tarcia o wzorzec) a wskazaniami  $l$  na skali przyrządu;

$N = f(l)$  — zależność pomiędzy naciskiem  $N$  stopy trącej a wskazaniami  $l$  na skali przyrządu.

Na podstawie tych funkcji można obliczyć następujące zależności uzupełniające:  
 $R_z = f(T)$  — wysokość nierówności  $R_z$  w funkcji siły  $T$  z uwzględnieniem tarcia o wzorzec;

$R_z = f(T_o)$  — wysokość nierówności  $R_z$  w funkcji siły  $T_o$  bez uwzględnienia tarcia o wzorzec;



$\mu = \frac{T}{N}$  — względny współczynnik tarcia;

$\mu_o = \frac{T_o}{N}$  — rzeczywisty współczynnik tarcia.

Przeprowadzone rozważania świadczą o uniwersalności pomiarów, umożliwiających ocenę chropowatości powierzchni powłok malarsko-lakierniczych, przeprowadzonych przy użyciu przyrządu. Bezsprzecznie największą przydatność wykazuje posługiwanie się parametrem siły tarcia  $T$ .

#### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń i analizy ich wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Wysokość nierówności  $R_z$  powierzchni powłok malarsko-lakierniczych można ustalać na podstawie siły tarcia według wskazań  $l$  na skali przyrządu. Zależność tę można przedstawić za pomocą równań:

— dla powłok lakieru poliestrowego

$$R_z = 0,23 l + 0,63 [\mu\text{m}], \text{ równanie słuszne dla } 0 \text{ mm} \leq l \leq 25 \text{ mm};$$

— dla powłok lakieru nitrocelulozowego

$$R_z = 0,20 l + 0,44 [\mu\text{m}], \text{ równanie słuszne dla } 1 \text{ mm} \leq l \leq 26 \text{ mm};$$

— dla powłok emalii chemoutwardzalnej HB-2

$$R_z = 0,37 l + 1,05 [\mu\text{m}], \text{ równanie słuszne dla } 3 \text{ mm} \leq l \leq 29 \text{ mm};$$

— dla powłok lakieru chemoutwardzalnego typu Plastlak

$$R_z = 0,51 l + 1,03 [\mu\text{m}], \text{ równanie słuszne dla } 5 \text{ mm} \leq l \leq 32 \text{ mm};$$

— dla powłok emalii szybko schnącej

$$R_z = 0,61 l + 2,99 [\mu\text{m}], \text{ równanie słuszne dla } 0 \text{ mm} \leq l \leq 25 \text{ mm};$$

— dla powłok farby szybko schnącej

$$R_z = 0,80 l + 1,02 [\mu\text{m}], \text{ równanie słuszne dla } 8 \text{ mm} \leq l \leq 45 \text{ mm}.$$

2. Dokładność pomiaru przyrządu do oceny chropowatości powłok opartego na pomiarze siły tarcia jest uzależniona od wysokości nierówności powierzchni i mieści się w granicach od 0,5—20%.

3. Przyrząd pomiarowy jest przydatny do oceny chropowatości powierzchni powłok szczególnie w warunkach przemysłowych, o czym zadecydowały następujące cechy: szybkość i łatwość pomiaru, możliwość dokonywania pomiaru bezpośrednio na wyrobie, prostota konstrukcji, niska cena.

#### LITERATURA

1. Bakay S., Kolosvary C.: Gerat neuen Typs fur das Messen der Glatte polierter Mobelflachen. „Holztechnologie“ 1967; t. 8, nr 4.
2. Bodzioch J.: Badania możliwości wykorzystania zmienności współczynnika tarcia do oceny chropowatości powierzchni. „Referaty Instytutu Obróbki Skrawaniem w Krakowie“ 1967; nr 26.

3. Bodzioch J.: Rozpoznanie możliwości oceny chropowatości z wykorzystaniem zmienności współczynnika tarcia. „Sprawozdania z wykonania tematu Instytutu Obróbki Skrawaniem w Krakowie” 1967; nr 1710.
4. Bowden F. P., Tabor D.: Tarcie i smarowanie. PWN, Warszawa 1962.
5. Bugłaj B. M.: O deformacji powierzchni drzewiesiny pod mierliwym dawkowaniem. „Dieriewoobrabatywajuszczaja promyszlnost” 1956; t. 5, nr 8.
6. Bugłaj B. M., Matwiejewa T. A.: Ob oblagoraziwanii powierzchni poliefirnych lakowych pokrytij. „Dieriewoobrabatywajuszczaja promyszlnost” 1966; t. 15, nr 6.
7. Burkiewicz T.: Badanie połysku powłok na wyrobach drzewnych. Gdańsk 1965 (rozprawa doktorska).
8. Core evaluating apparatus is redesigned, made portable. „Plywood Magazine” 1965; t. 5 nr 8.
9. Dieriaġin B. W.: Co to jest tarcie. PWN, Warszawa 1956.
10. Drinberg A. J.: Technologia substancji błonotwórczych. PWT, Warszawa 1953.
11. Ehlers W.: Über die Bestimmung der Gute von Holzoberflächen. „Holz als Roh-und Werkstoff” 1958; t. 16, nr. 2.
12. Elandt R.: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa 1964.
13. Es: Ein neues Oberflächenprüfgerät. „Holz — Zbl.” 1965; t. 91, nr 140.
14. Kołodziejczak M., Paprzycki O.: Gładkość powierzchni elementów z drewna. „Przemysł Drzewny” 1961; t. 12, nr 2.
15. Kragielski I. W., Szczedrow W. S.: Razwitiġe nauki o trieniji. Izdatielstwo AN SSSR, Moskwa 1956.
16. Kragielski I. W.: Trienije i granicznaja smazka. Izdatielstwo inostrannoġ literatury, Moskwa 1953.
17. Kuleszow L. F., Szuin W. E.: Induktivnyġ profilgraf dla izmierienija nierownostiej na driewiesinie. „Dieriewoobrabatywajuszczaja promyszlnost” 1966; t. 15, nr 2.
18. Licht schnittmeßgerät — Gebrauchsanleitung. Carl-Zeiss, Jena.
19. Nowak J. M.: Zmienno-kątowy aparat do pomiarów połysku „Polimery” 1963; t. 8, nr. 11.
20. Orlicz T.: Obróbka drewna narzędziami tnącymi. Część I, II i atlas. Dział Wydawnictwa SGGW, Warszawa 1967.
21. Sadowski A.: Przemysłowe pomiary i sprawdzanie chropowatości powierzchni. WNT, Warszawa 1966.
22. Siemiński R.: Badania struktury geometrycznej powierzchni drewna oraz tworzyw drzewnych. „Przemysł Drzewny” 1962; t. 13, nr 8 i 9.
23. Siemiński R.: Prüfen und Messen der Oberflächengestalt von Holz und Holzwerkstoffen. „Holz als Roh-und Werkstoff” 1966; t. 24, nr 9.
24. Solski P., Ziemia S.: Zagadnienia tarcia suchego. PWN, Warszawa 1965.
25. Staniszevska A.: Przyrząd do określenia gładkości powierzchni, szczególnie powierzchni drewna i sztucznych tworzyw drzewnych. Opis patentowy nr 56177, kl. 42b, 12/05. Urząd Patentowy PRL.
26. Staniszevska A.: Siła tarcia a struktura geometryczna powierzchni drewna i powłok na wyrobach z drewna. „Roczniki WSR w Poznaniu”. 1971, nr 51.
27. Staniszevska A.: Przyrząd do oceny chropowatości powierzchni drewna. „Wiadomości Warszawskie” 1970; r. 3, nr 18.
28. Wnuk M.: Związek siły tarcia z własnościami sprężystymi, plastycznymi oraz reologicznymi materiału podłoża. „Postępy fizyki” 1965; t. 16, z. 2.
29. Żukowski S.: Sprężyny. PWT, Warszawa 1955.

## Streszczenie

Na podstawie wyników badań zależności pomiędzy strukturą geometryczną powierzchni a siłą tarcia opracowano przyrząd do pomiaru chropowatości powierzchni powłok na wyrobach z drewna, użyteczny do stosowania w warunkach przemysłowych. Przyrząd ten stanowi przedmiot patentu uzyskanego przez autorkę pracy. Budowa i zasada działania przyrządu opiera się na następujących przesłankach:

- siła tarcia jest rejestrowana w momencie przejścia tarcia kinetycznego w statyczne;
- chropowatość stopy trącej jest tak dobrana, aby siła tarcia uzależniona była wyłącznie od chropowatości badanej powłoki, z wyeliminowaniem zjawiska adhezji;
- jednostkowy nacisk stopy trącej jest niewielki;
- prędkość przesuwania stopy trącej po badanej powierzchni jest mała, aby praktycznie ograniczyć wpływ bezwładności układu ruchowego.

Sprawdzenie przydatności technicznej przyrządu przeprowadzono na powłokach malarsko-lakierniczych najczęściej stosowanych w przemyśle meblarskim.

Do pomiarów porównawczych chropowatości powierzchni powłok zastosowano podwójny zmodernizowany układ optyczny firmy Carl-Zeiss (nowy gładkościomierz Schmalta).

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń i analizy ich wyników sformułowano następujące wnioski:

- 1) siła tarcia jest funkcją wysokości nierówności powierzchni powłok malarsko-lakierniczych; zależność tę przedstawiono dla każdego rodzaju powłok za pomocą równań;
- 2) dokładność pomiaru przyrządu do oceny chropowatości powłok, opartego na pomiarze siły tarcia, jest uzależniona od wysokości nierówności powierzchni i mieści się w granicach od 0,5—20%;
- 3) przyrząd pomiarowy jest przydatny do oceny chropowatości powierzchni powłok w warunkach przemysłowych, o czym zadecydowały następujące cechy: szybkość i łatwość pomiaru, możliwość dokonywania pomiaru bezpośrednio na wyrobie, prostota konstrukcji i niska cena.

*Алина Станишевска*

МЕТОД ОЦЕНКИ  
ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОКРЫТИЙ ДРЕВЕСНЫХ ИЗДЕЛИЙ,  
ОПИРАЮЩИЙСЯ НА ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ

Краткое содержание

На основании результатов исследований по определению зависимости между геометрической структурой поверхности и силой трения разработан прибор для измерения шероховатости поверхности покрытий древесных изделий, пригодный для применения в производственных условиях. Прибор этот является предметом патента, полученного автором работы.

Конструкция и принцип действия прибора опираются на следующих исходных условиях:

- сила трения регистрируется в момент перехода кинетического трения в статическое,
- шероховатость трущей стопы подобрана так, чтобы сила трения зависела только от шероховатости исследуемой поверхности при исключении явления адгезии,
- удельное давление трущей стопы невелико,
- небольшая скорость перемещения трущей стопы по исследуемой поверхности, чтобы ограничить практически влияние инерции движущей системы.

Проверка технической пригодности прибора проведена на лако-красочных покрытиях, чаще всего применяемых в мебельной промышленности. Для сравнительных измерений шероховатости поверхности покрытый была взята двойная модернизированная оптическая система фирмы C. Zeiss (новый прибор Schmaltza для измерения чистоты поверхности).

По проведении опытов и анализа их результатов сделаны следующие выводы:

1. Сила трения является функцией высоты неровности поверхности лако-красочных покрытий. Эта зависимость представлена в виде уравнений для каждого вида покрытий.

2. Точность прибора для оценки шероховатости покрытий, исходящего из измерения силы трения, зависит от высоты неровности поверхности и заключена в пределах 0,5—20%.

3. Измерительный прибор пригоден для оценки шероховатости поверхности покрытий в производственных условиях, что предопределяется следующими свойствами: быстрота и простота измерения, возможность проведения измерения непосредственно на изделии, простота конструкции, низкая цена.

*Alina Staniszevska*

#### METHOD OF THE ASSESSMENT OF THE SURFACE ROUGHNESS OF WOOD COATINGS BASED ON THE MEASUREMENT OF FRICTION FORCES

##### Summary

On the basis of research data concerning the relationship between surface structure geometry and friction forces, a device was developed for measuring surface roughness of coatings on wood, suitable for the application under commercial conditions. The device proved useful and was duly patented. The device structure and operation principles are based on the following assumptions:

- friction force is recorded at the moment of kinetic friction transition into static friction,
- roughness of the friction shoe is so selected that the friction force is dependent exclusively on the roughness of investigated surface with total elimination of adhesion effect,
- unit pressure of the friction shoe is insignificant,
- the rate of friction shoe movement across investigated surface is low, practically eliminating the effect of movable system inertia.

The technical usefulness of the device was tested on lacquer coats most frequently used in furniture industry. For comparative measurements of surface roughness, modernized dual optical apparatus produced by C. Zeiss (new Schmaltz surface analyzer) was used.

The following conclusions were made on the basis of test results and their analysis:

1. The friction force is the function of the height of irregularities of lacquer coating surfaces. This relationship, for each type of coating, is presented in the form of equations.
2. Measuring precision of the device based on friction forces is dependent on the height of surface irregularities, and is confined in the range of 0,5—20%.
3. The device is useful for the assessment of lacquer coating roughness under commercial conditions because of the ease and rapidity of measurement, possibility of roughness measurement directly on the item produced, simplicity of device construction, and its low cost.