

---

ZESZYTY NAUKOWE  
WYŻSZEJ SZKOŁY PEDAGOGICZNEJ W BYDGOSZCZY

Studia Techniczne 1993 z. 16

---

ALINA STANISZEWSKA, JAN STANISZEWSKI

WSP w Bydgoszczy

## WPŁYW PARAMETRÓW GEOMETRYCZNO-KINEMATYCZ- NYCH NA TEORETYCZNY PROFIL NIERÓWNOŚCI POWIE- RZCHNI PO PIŁOWANIU

### Geneza i cel pracy

W zagadnieniu struktury geometrycznej powierzchni — profilowi nierów-  
ności, jako elementowi charakteryzującemu sposób obróbki, poświęcono mało  
uwagi.

Po obróbce piłowaniem na płaszczyźnie rzazu występują ślady kinema-  
tyczne pozostawione przez przywierzchołkową część ostrza zęba w postaci  
rys. Wielkość, rozmieszczenie i kształt nierówności (rys) można wyznaczyć  
na podstawie znajomości geometrii ostrza zęba i kinematyki rozpatrywanego  
sposobu obróbki.

Pod pojęciem profilu rozumie się linię przecięcia bocznej płaszczyzny rzazu  
płaszczyzną normalną przebiegającą równolegle do kierunku ruchu posuwo-  
wego.

Według spostrzeżeń Buglaja (1956) kąt rozwarcia profilu wynosi  $80^\circ$ , w  
tym dla powierzchni po piłowaniu piłami tarczowymi  $85^\circ$ . Badania chropowa-  
tości powierzchni głównie po pilarkach tarczowych prowadzili Kikata (1957) i  
Kikata, Hiromatsu (1959). Autorzy, dla pomierzonych metodą mikroskopową  
chropowatości (odwzorowania nierówności cieniem) określili średnie wartości

odstępu między nierównościami do ich wysokości.

Fukui (1960) w oparciu o geometryczno-kinematyczne warunki obróbki rozważa profil nierówności po piłowaniu na tarczówkach. Breźniak (1973) analizuje szerokość rzazu w aspekcie profilu bocznej płaszczyzny rzazu.

Lisičan (1965) zagadnienie jakości rzazu po piłowaniu rozpatruje z punktu widzenia nadmiarów na dalszą obróbkę (struganiem).

Kikata (1958) próbuje dla określonej dokładności odwzorowania znaleźć zależność promienia końcówki pomiarowej od kąta rozwarcia profilu równego  $160^\circ$ .

Zdaniem Buglaja (1956) tylko w przypadku występowania wyrw na powierzchni rzazu ma miejsce symetryczne położenie ścian wgłębienia o kącie rozwarcia profilu  $160^\circ$ .

Nikitjuk (1967) w oparciu o publikację Miedwidja (1954) przyjmuje dla większości powierzchni, przez analogię z obróbką metali, kąt rozwarcia profilu o wartości  $160^\circ$ .

Również autor sygnalizuje brak znajomości kątów rozwarcia profili w obróbce drewna i wskazuje na potrzebę prowadzenia badań w celu efektywnego zastosowania metod stykowego pomiaru nierówności.

W literaturze przedmiotu, w celu ułatwienia zagadnienia profilu nierówności, Pahlitzsch i Dziobek (1965), Palka, Porankiewicz i in. (1978) przyjęli hipotetyczne modele nierówności powierzchni. Badania zależności parametrów chropowatości od założonych profili nierówności stanowiących figury geometryczne prowadzili Alič (1975) i Buglaj (1978).

Z przedstawionego stanu wiedzy w tym zakresie wynika, że dla piłowania na pilarkach ramowych, taśmówkach i tarczówkach znajomość kształtu i rozmieszczenia nierówności jest niewystarczająca. Istnieje potrzeba gromadzenia danych na temat profilu nierówności po piłowaniu.

Postanowiono więc przeprowadzić badania nierówności teoretycznej wynikającej z geometryczno-kinematycznych warunków piłowania, których celem jest ustalenie profilu nierówności.

Również z praktycznego punktu widzenia, w stykowych pomiarach chropowatości powierzchni, znajomość profilu nierówności jest niezbędna dla ustalenia wartości promienia zaokrąglenia końcówki odwzorowującej.

#### Założenia metodyczne

Do nierówności parametrycznych zwanych teoretycznymi odnoszą się te nierówności, które tworzą się przy piłowaniu drewna na obrabiarce o prawidłowej dokładności geometrycznej, prawidłowo przygotowanymi i ustawionymi piłami, z pominięciem wpływu budowy anatomicznej drewna, przy określonych parametrach piłowania.

Profil nierówności powierzchni po piłowaniu wyznaczono w oparciu o chropowatość teoretyczną wynikającą z geometrycznych warunków styku naroża ostrza zęba z obrabianym materiałem i kinematyki rozpatrywanego sposobu obróbki.

Nierówności teoretyczne wyznaczono w poprzek śladów obróbki równoległe do kierunku posuwu materiału dla piłowania na pilarkę ramowej, taśmówkach i tarczówce dolnowrzecionowej. Kształt ostrza charakteryzowano w płaszczyźnie, w której określana jest nierówność teoretyczna.

W przypadku pilarek tarczowych, dla których nierówności wzrastają w miarę zwiększania się wysokości rzazu, maksymalne wartości nierówności będą stanowiły o parametrze  $R_{zt}$ . Zgodnie z zasadami przygotowania narzędzia przyjęto piły do traków i piły taśmowe stolarskie z zębami rozwieranymi, zaś piły do taśmówek rozdzielczych i piły do taśmówek do kłód z zębami zgrubianymi. W piłach tarczowych uwzględniono obydwa rodzaje poszerzeń

zębów. Parametry zębów pił i wartości poszerzeń przyjęto na podstawie norm przedmiotowych i Orlicza (1969). Założono położenie głównej krawędzi tnącej prostopadle do płaszczyzny piły tj.  $\varphi_n = 0$  i  $\varphi_u = 0$ . Kąt pochylenia bocznej krawędzi skrawającej  $\kappa'_r$  obliczono z zależności geometrycznej przyjmując poszerzenie na 1/3 wysokości zęba.

Badania teoretycznych wysokości nierówności  $R_{zt}$  i odstepu między wierzchołkami nierówności  $S$  przeprowadzono w oparciu o parametry obróbki dla obrabiarek najczęściej stosowanych w krajowym przemyśle.

#### Wyniki i ich omówienie

Teoretyczną wysokość nierówności po piłowaniu piłami trakowymi o zębach rozwieranych zilustrowano na Rysunku 1.

Jak wynika z Rysunku 1a wysokość nierówności  $R_{zt}$  dla zębów rozwieranych pilarki ramowej obliczyć można z zależności:

$$R_{zt} = 2\Delta_z \operatorname{tg} \varphi' = 2 \cdot \frac{2\mu t}{v_{sr}} \operatorname{tg} \varphi' = \frac{4\mu t}{v_{sr}} \operatorname{tg} \varphi'$$

dla  $\operatorname{tg} \varphi' = \frac{\operatorname{tg} \kappa'_r}{\cos \tau}$ , przy czym jak pokazano na Rysunku 1

$$\operatorname{tg} \kappa'_r = \frac{3r}{h}$$

gdzie:

$\Delta_z$  — posuw na ostrze,

$\mu$  — prędkość posuwu,

$t$  — podziałka zębów,

$v_{sr}$  — średnia prędkość skrawania,

$\varphi'$  — kąt pochylenia profilu,

$\kappa'_r$  — kąt pochylenia bocznej krawędzi skrawającej,

$\tau$  — kąt pochylenia piły,

$r$  — poszerzenie zęba na stronę,

$h$  — wysokość zęba piły.

Wysokości nierówności  $R_{zt}$  stanowią funkcję wielkości posuwu na ostrze i kąta pochylenia bocznej krawędzi tnącej zęba do płaszczyzny pracy określonej w płaszczyźnie pomiaru chropowatości.

W przypadku zastosowania do piłowania pił trakowych z zębami zgrubianymi wysokość nierówności  $R_{zt}$  wynosi (Rys. 1b):

$$R_{zt} = \Delta_z \operatorname{tg} \varphi'$$

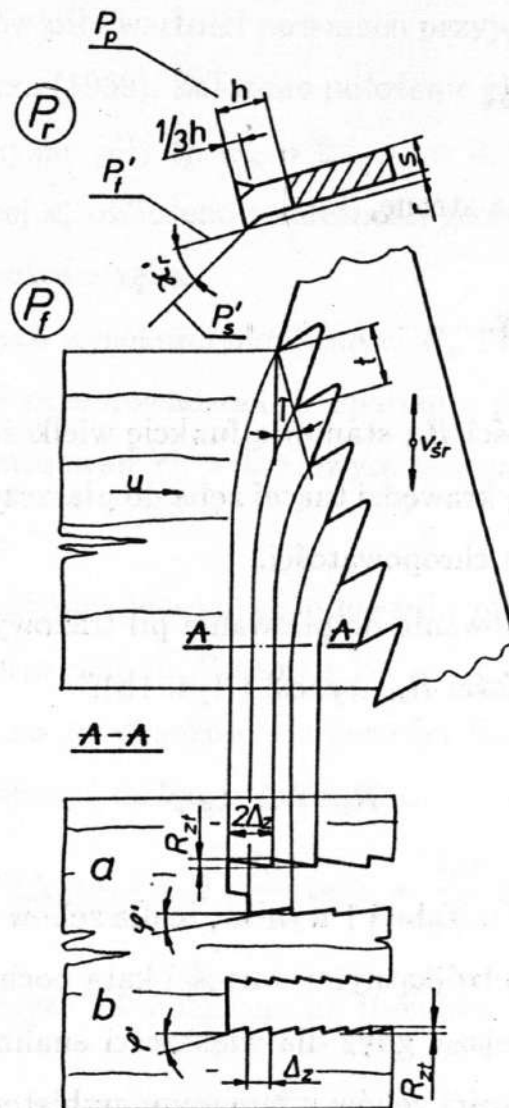
Z danych zawartych w Tabeli 1 wynika, że dla zębów z łamanym grzbietem w porównaniu z zębami trójkątnymi wartości kąta pochylenia bocznej krawędzi skrawającej są mniejsze, gdyż dla większości analizowanych przypadków wartość liczbowa wysokości zębów z łamanym grzbietem jest większa.

Maksymalne wartości rozwarcia dotyczą drewna miękkiego o wilgotności powyżej 30% przecieranego latem.

Kąt  $\kappa'_r$  dla drewna miękkiego kształtuje się w zakresie 0,086–0,159 *rad*, zaś dla drewna twardego 0,064–0,119 *rad*.

Dla celów praktycznych, stosując uproszczenia, przyjąć można zarówno dla zębów trójkątnych jak i zębów z łamanym grzbietem, dla podziałki uzębienia  $t = 25 \text{ mm}$ , średni kąt  $\kappa'_r$  dla drewna miękkiego o wartości 0,120 *rad*, zaś dla drewna twardego 0,090 *rad*.





Rys. 1. Schemat piłowania na pilarnie ramowej z uwzględnieniem nierówności teoretycznych

- a. nierówności teoretyczne powstające przy piłowaniu pilami o zębach rozwieranych,
- b. nierówności teoretyczne powstające przy piłowaniu pilami o zębach zgrubianych

Tabela 1. Parametry geometryczne zębów pił trakowych

Rodzaj zębów	Podziałka uzębienia $t$ [mm]	Wysokość zęba $h$ [mm]	Kąt pochylenia bocznej krawędzi skrawającej $\kappa'_r$ [rad] dla rozwarcia $r$ [mm]		
			drewno twarde		drewno miękkie
			0,45–0,6	0,6–0,7	0,7–0,8
trójkątne	22	15	0,090–0,119	0,119–0,139	0,139–0,159
	25	17	0,079–0,105	0,105–0,123	0,123–0,140
	32	21	0,064–0,086	0,086–0,100	0,100–0,114
z łamanym grzbietem	22	16	0,084–0,112	0,112–0,131	0,131–0,149
	25	18	0,075–0,100	0,100–0,116	0,116–0,133
	32	20	0,067–0,090	0,090–0,105	0,105–0,119

Związek kąta rozwarcia profilu  $\varphi$  z kątem pochylenia bocznej krawędzi skrawającej  $\kappa'_r$  oraz kątem przechyłu piły  $\tau$  można określić z zależności:

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{\operatorname{tg} \kappa'_r}{\cos \tau} \quad [\text{rad}]$$

Na podstawie Rysunków 1a i 1b wynika, że wysokość nierówności, jak i odstęp pomiędzy wierzchołkami spowodowane są czynnikami, które przy określonym sposobie obróbki i parametrach pozostają stałe.

Wpływ parametrów piłowania na pilarkach ramowych na teoretyczną wysokość nierówności zamieszcza Tabela 2.

Z danych zawartych w Tabeli 2 wynika, że nierówności parametryczne dla drewna miękkiego kształtują się w zakresie od  $39 \mu\text{m}$  do  $501 \mu\text{m}$ , zaś dla drewna twardego od  $30 \mu\text{m}$  do  $375 \mu\text{m}$  odpowiednio do podwojonej wartości posuwu na ostrze o rozpiętości od  $0,328$  do  $4,167 \text{ mm}$ , stanowiącej odstęp pomiędzy wierzchołkami nierówności.

Tabela 2. Zależność teoretycznej wysokości nierówności od parametrów geometrycznych ostrza i kinematycznych piłowania dla niektórych pilarek ramowych pionowych

Typ obrabiarki	Średnia prędkość skrawania $v_{sr}$ [m/s]	Kąt przechyłki pił $\tau$ [rad]	Wysokość nierówności $R_{zt}$ [mm]	
			d. miękkie	d. twarde
<i>DTPB-71</i>	6,4	max 0,030	0,039–0,320	0,030–0,239
<i>DTPC-71</i>	6,4	max 0,037	0,049–0,401	0,037–0,300
<i>GRA-65</i>	4,51–4,76	max 0,028	0,294–0,294	0,220–0,219
<i>DTGA-63</i>	6,6	max 0,045	0,062–0,501	0,056–0,357
<i>GRA</i>	5,2	max 0,042	0,464	0,346
<i>GKT-60</i>	3,5–3,7	0,010	0,172–0,186	0,129–0,139
<i>GKT-60</i> przenośna	2,7–2,9	0,010	0,183	0,137
<i>DTRA</i>	5,2	0,033	0,173	0,346

Typ obrabiarki	Prędkość posuwu $u$ [m/s]	Posuw na ostrze $2\Delta_z$ (S) [mm]	Kąt poch. bocz. kraw. skraw. $\kappa'_r$ [rad]	
			d. miękkie	d. twarde
<i>DTPB-71</i>	0,021–0,170	0,328–2,656		
<i>DTPC-71</i>	0,026–0,213	0,406–3,328		
<i>GRA-65</i>	0,110–0,116	2,439–2,437		
<i>DTGA-63</i>	0,034–0,275	0,515–4,167		
<i>GRA</i>	0,2	3,846	0,120	0,090
<i>GKT-60</i>	0,050–0,057	1,428–1,540		
<i>GKT-60</i> przenośna	0,041–0,044	1,519		
<i>DTRA</i>	0,020–0,150	0,385–2,885		



W sposób zbliżony, jak na pilarkach ramowych, wyrazić można wysokość nierówności teoretycznych dla taśmówek stolarskich, a mianowicie po piłowaniu piłą o zębach rozwieranych:

$$R_{zt} = 2\Delta_z \operatorname{tg} \varphi' = \frac{2\mu t}{v} \operatorname{tg} \varphi'$$

gdzie

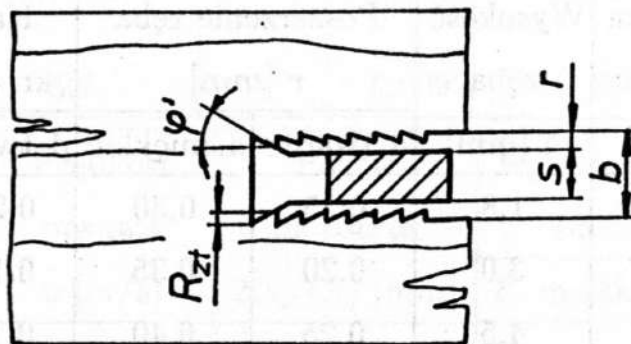
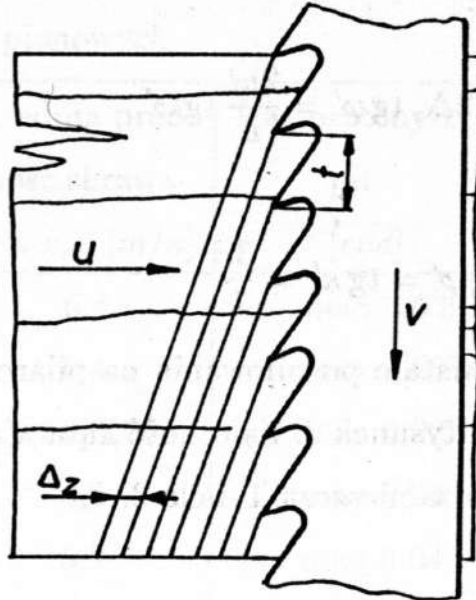
$$\operatorname{tg} \varphi' = \operatorname{tg} \kappa'_r = \frac{3r}{h}$$

Nierówności teoretyczne powstałe po piłowaniu na pilarce taśmowej piłą o zębach zgrubianych ilustruje Rysunek 2. Zależność kąta  $\kappa'_r$  od parametrów liniowych zębów pił taśmowych zamieszcza Tabela 3.

Tabela 3. Parametry geometryczne zębów pił tarczowych

Rodzaj zębów	Podziałka uzębienia $t$ [mm]	Wysokość zęba $h$ [mm]	Poszerzenie zęba $r$ [mm]		Kąt poch. bocz. kr. skraw. $\kappa'_r$ [rad]	
			d. twarde	d. miękkie	d. twarde	d. miękkie
trójkątne	5	1,8	0,15	0,30	0,245	0,464
	8	3,0	0,20	0,35	0,197	0,337
	12	4,5	0,25	0,40	0,165	0,262
trójkątne	35	9,2	0,35	0,50	0,114	0,162
i trójkątne	50	13	0,45	0,60	1,103	0,138
rozsunięte	65	16,5	0,50	0,65	0,091	0,091
z prosto- wkłętym grzbietem	35	16	0,35	0,50	0,066	0,093
	50	22	0,45	0,60	0,061	0,082
	65	26	0,50	0,65	0,058	0,075

(P<sub>f</sub>)



Rys. 2. Schemat piłowania na pilarsce taśmowej piłą o zębach zgrubianych z uwzględnieniem nierówności teoretycznych

Kąt pochylenia bocznej krawędzi skrawającej  $\kappa'_r$ , jak wynika z Tabeli 3, dla zęba piły taśmowej stolarskiej (trójkątnego) wykazuje duże zróżnicowanie, gdyż kształtuje się w granicach od  $0,165 \text{ rad}$  do  $0,464 \text{ rad}$ . W tym wartości od  $0,165 \text{ rad}$  do  $0,245 \text{ rad}$  dotyczą obróbki drewna twardego, zaś od  $0,261 \text{ rad}$  do  $0,464 \text{ rad}$  obróbki drewna miękkiego.

Do obliczeń nierówności teoretycznych, można przyjąć w przybliżeniu, dla podziałki uzębienia  $8 \text{ mm}$  średni kąt  $\kappa'_r$  zęba piły taśmowej stolarskiej o wartościach  $0,205 \text{ rad}$  dla piłowania drewna twardego i  $0,363 \text{ rad}$  dla piłowania drewna miękkiego.

Nierówności teoretyczne dla taśmówek stolarskich zestawiono w Tabeli 4. Z danych wynika, że wysokość nierówności waha się w granicach od  $4 \mu\text{m}$  do  $119 \mu\text{m}$ . Dla drewna miękkiego nierówności wynoszą od  $7 \mu\text{m}$  do  $119 \mu\text{m}$ , zaś dla drewna twardego od  $4 \mu\text{m}$  do  $65 \mu\text{m}$  odpowiednio do wartości odstepu nierówności od  $0,018 \text{ mm}$  do  $0,313 \text{ mm}$ .

Wysokość nierówności w przypadku zęba zgrubianego piły taśmowej (dla pilarek taśmowych rozdzielczych i pilarek do kłód) określa zależność (Rys. 2):

$$R_{zt} = \Delta_z \operatorname{tg} \varphi'$$

Na podstawie danych zamieszczonych w Tabeli 3 wynika, że kąt pochylenia bocznej krawędzi skrawającej zęba pił taśmowych (rozdzielczych i do kłód) waha się w granicach od  $0,058 \text{ rad}$  do  $0,162 \text{ rad}$ , w tym wartości od  $0,058 \text{ rad}$  do  $0,114 \text{ rad}$  dotyczą piłowania drewna twardego, zaś od  $0,075$  do  $0,162 \text{ rad}$  piłowania drewna miękkiego.

Dla celów praktycznych z wystarczającą dokładnością można posłużyć się średnimi wartościami kąta  $\kappa'_r$  (dla podziałki uzębienia w przybliżeniu  $t = 50 \text{ mm}$ ) przyjmując dla piłowania drewna miękkiego kąt równy  $0,120 \text{ rad}$ , zaś do obróbki drewna twardego  $0,086 \text{ rad}$ .

Tabela 4. Zależność teoretycznej wysokości nierówności od parametrów geometrycznych ostrza i kinematycznych piłowania dla pilarek taśmowych

Typ obrabiarki	Prędkość skrawania $v$ [m/s]	Prędkość posuwu $u$ [m/s]	Wysokość nierówności $R_{zt}$ [mm]	
			d. miękkie	d. twarde
<i>DRSA-63</i>	23		0,009–0,088	0,005–0,048
<i>DRSA-80</i>	30		0,007–0,068	0,004–0,037
<i>DTMEE</i>	17	0,033–0,333	0,012–0,119	0,006–0,065
<i>PTE-7</i>	23		0,009–0,088	0,005–0,048
<i>PTE-9</i>	24		0,008–0,084	0,005–0,046
<i>DRRA-110</i>	45	0,017–0,833	0,002–0,112	0,002–0,080
<i>TB-1250</i>	40	0,133–1,083	0,020–0,163	0,014–0,116
<i>DRGA-110</i>	43	max 1,0	0,140	0,100
<i>DRGA-160</i>	46	max 0,833	0,109	0,078

Typ obrabiarki	Posuw na ostrze $\Delta_z$ lub $2\Delta_z(S)$ [mm]	Kąt poch. bocz. kr. skraw. $\kappa'_r$ [rad]	
		d. miękkie	d. twarde
<b>TAŚMÓWKI STOLARSKIE</b>			
<i>DRSA-63</i>	0,023–0,232		
<i>DRSA-80</i>	0,018–0,178		
<i>DTMEE</i>	0,031–0,313	0,363	0,205
<i>PTE-7</i>	0,023–0,232		
<i>PTE-9</i>	0,022–0,222		
<b>TAŚMÓWKI ROZDZIELCZE I DO KLÓD</b>			
<i>DRRA-110</i>	0,019–0,926		
<i>TB-1250</i>	0,166–1,354	0,120	0,086
<i>DRGA-110</i>	max 1,162		
<i>DRGA-160</i>	max 0,905		

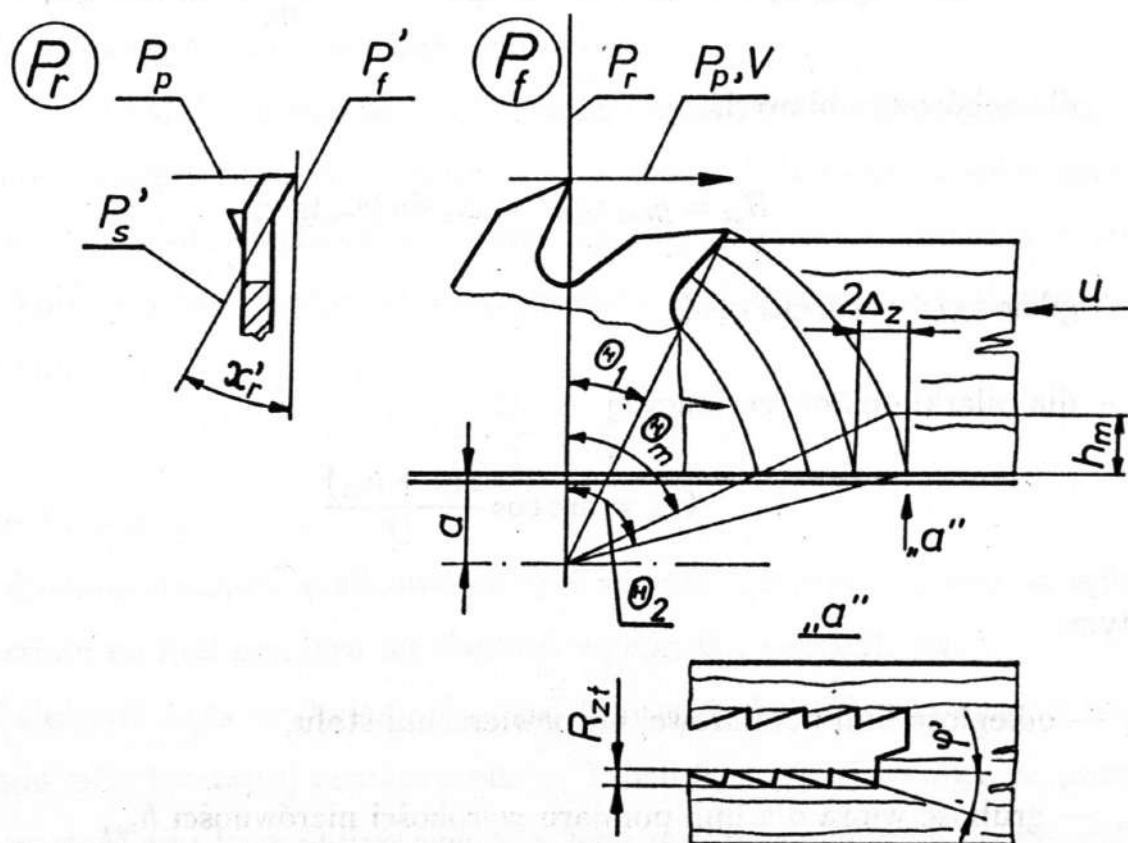
Dla pilarek taśmowych kąt rozwarcia profilu odpowiedniego wynosi:

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \arctg \operatorname{tg} \kappa'_r \quad [rad]$$

Według danych z Tabeli 4 nierówności teoretyczne po pilowaniu na taśmówkach kształtują się od  $2 \mu m$  do  $116 \mu m$  dla drewna twardego i od  $2 \mu m$  do  $163 \mu m$  dla drewna miękkiego.

Odległość pomiędzy wierzchołkami dla tych nierówności wynosi odpowiednio od  $0,019 mm$  do  $1,354 mm$ .

Rysunek 3 ilustruje schemat pilowania na pilarence tarczowej wraz z powstałymi nierównościami teoretycznymi.



Rys. 3. Schemat pilowania na pilarence tarczowej piłą o zębach zgrubianych z uwzględnieniem nierówności teoretycznych



Tory ruchu wypadkowego naroża ostrza stanowią rysy na bocznej powierzchni rzazu o głębokości zmieniającej się proporcjonalnie do wzrostu kąta kierunku ruchu posuwowego  $\Theta$ . Kąt  $\Theta$  zawarty jest między wektorem ruchu roboczego i wektorem ruchu posuwowego. Wiadomo, że grubość wióra jest zmienna spowodowana zmianą kąta  $\Theta$ , od minimalnego przy wejściu zęba w materiał  $\Theta_1$  do maksymalnego przy wyjściu zęba z materiału  $\Theta_2$ .

Teoretyczną wysokość nierówności po piłowaniu na pilarkach tarczowych można wyrazić wzorem:

- dla zębów rozwieranych

$$R_{zt} = 2g_{hm} \operatorname{tg} \varphi' = 2\Delta_z \sin \Theta_m \operatorname{tg} \kappa'_r = 2 \cdot \frac{1000\mu}{nz} \sin \Theta_m \operatorname{tg} \kappa'_r$$

- dla zębów zgrubianych

$$R_{zt} = g_{hm} \operatorname{tg} \varphi' = \Delta_z \sin \Theta_m \operatorname{tg} \kappa'_r$$

gdzie  $\operatorname{tg} \varphi' = \sin \Theta_m \operatorname{tg} \kappa'_r$

- dla pilarki dolnowrzecionowej

$$\Theta_m = \arccos \frac{2(a + h_m)}{D}$$

w tym:

$h_m$  — odległość linii pomiarowej od powierzchni stołu,

$g_{hm}$  — grubość wióra dla linii pomiaru wysokości nierówności  $h_m$ ,

$z$  — liczba zębów,

$\Theta_m$  — kąt wyjścia zęba mierzony na linii pomiaru wysokości nierówności,

$a$  — odległość osi wrzeciona do powierzchni stołu,

$D$  — średnica piły tarczowej.

Sposób obliczania chropowatości teoretycznej na pilarsce tarczowej górnwrzecionowej jest podobny, z tą różnicą, że kąt kierunku ruchu posuwowego wyraża się wzorem

$$\Theta_m = \arccos \frac{2(a - h_m)}{D}$$

Kąt pochylenia profilu nierówności po piłowaniu na tarczówkach wzrasta w miarę powiększenia się kąta wyjścia zęba piły.

Za kąt pochylenia profilu  $\varphi'$  przyjęto rzut kąta  $\kappa'_r$  na płaszczyznę prostopadłą i przechodzącą przez linię pomiarową.

W celu ustalenia wartości kąta wyjścia zęba przyjęto linię pomiaru nierówności teoretycznych na wysokości  $h_m = 2 \text{ mm}$ . Odległość osi wrzeciona do powierzchni stołu tarczówki dolnwrzecionowej stanowi wartość połowy średnicy kołnierzy zaciskowych  $D_1$  powiększona o grubość stołu co można wyrazić wzorem:

$$a = \frac{D_1}{2} + 30 \text{ mm}$$

gdzie  $D_1 = 0,3D$

Dla średniej średnicy analizowanych pił, równej  $450 \text{ mm}$  kąt wyjścia zęba z materiału na linii pomiaru nierówności wynosi  $\Theta_m = 1,021 \text{ rad}$ .

Zależność kąta pochylenia bocznej krawędzi skrawającej zęba od parametrów piły tarczowej zamieszczono w Tabeli 5, z której wynika, że pomiędzy wartościami kąta obliczonego dla zęba piły przeznaczonej do piłowania drewna miękkiego i drewna twardego istnieją nieznaczne różnice.

Kąt  $\kappa'_r$  dla drewna twardego wynosi od  $0,102 \text{ rad}$  do  $0,112 \text{ rad}$ , zaś dla drewna miękkiego od  $0,104 \text{ rad}$  do  $0,134 \text{ rad}$ . Dla przeciętnych parametrów

Tabela 5. Parametry geometryczne zębów pił tarczowych do cięcia podłużnego

Rodzaj zębów	Średnica piły	Wysokość zęba $h$ [mm]		Rozwarcie zęba $r$ [mm]		Kąt poch. bocz. kr. skraw. $\kappa'_r$ [rad]	
		d. tw.	d. m.	d. tw.	d. m.	d. tw.	d. m.
trójkątne	250	–	12,0	–	0,45	–	0,112
	450	–	15,7	–	0,60	–	0,114
	630	–	21,6	–	0,75	–	0,104
z łamanym grzbietem	250	8,0	10,0	0,3	0,45	0,112	0,134
	450	11,7	14,0	0,4	0,60	0,102	0,128
	630	16,0	19,0	0,6	0,75	0,112	0,118

piły tarczowej przyjąć można średnio kąt  $\kappa'_r$  dla drewna twardego  $0,107 \text{ rad}$  i  $0,110 \text{ rad}$  dla drewna miękkiego.

Zależność kąta rozwarcia profilu od kąta pochylenia bocznej krawędzi skrawającej i kątów kinematycznych na tarczówce wzdłużnej można przedstawić w postaci:

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \text{arc tg}(\sin \Theta_m \text{tg } \kappa'_r)$$

Nierówności parametryczne po pilowaniu na pilarkach tarczowych zestawiono w Tabeli 6. Wysokość nierówności dla drewna miękkiego wynosi od  $8 \mu\text{m}$  do  $89 \mu\text{m}$  i dla drewna twardego od  $7 \mu\text{m}$  do  $79 \mu\text{m}$  dla odstępów pomiędzy wierzchołkami nierówności od  $0,082 \text{ mm}$  do  $0,874 \text{ mm}$ . Dla nierówności ukształtowanych zębami zgrubianymi wartości te są o połowę mniejsze.

Znajomość parametrów kątowych profilu nierówności powierzchni umożliwia obliczenie promienia zaokrąglenia końcówki odwzorowującej nierówność.

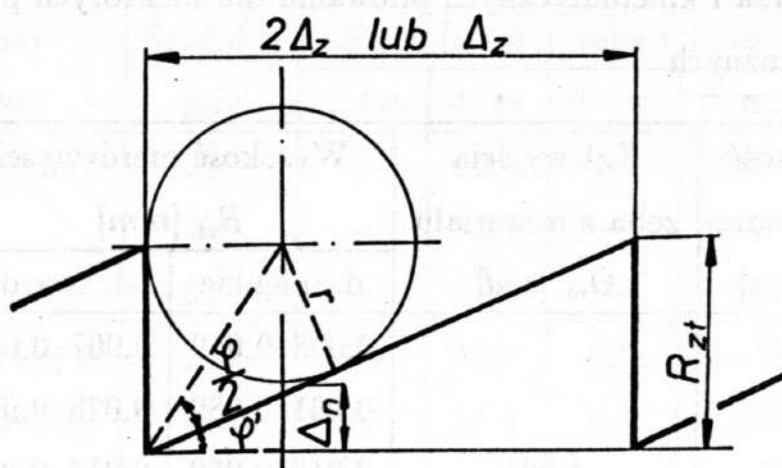
Tabela 6. Zależność teoretycznej wysokości nierówności od parametrów geometrycznych ostrza i kinematycznych piłowania dla niektórych pilarek tarczowych wzdłużnych

Typ obrabiarki	Prędkość skrawania $v$ [m/s]	Kąt wyjścia zęba z materiału $\Theta_m$ [rad]	Wysokość nierówności $R_{zt}$ [mm]	
			d. miękkie	d. twarde
<i>DPLA</i>	52,8	1,021	0,008–0,059	0,007–0,053
<i>DPPA-50</i>	74,8		0,031–0,089	0,028–0,079
<i>DPPA-35</i>	66,7		0,019–0,052	0,017–0,047
<i>DPTA-40</i>	59,0		0,045	0,040
<i>DYFC-2</i>	59,0		0,045	0,040

Typ obrabiarki	Prędkość posuwu $u$ [m/s]	Posuw na ostrze $2\Delta_z(S)$ [mm]	Kąt poch. bocz. kraw. skraw. $\kappa'_r$ [rad]	
			d. miękkie	d. twarde
<i>DPLA</i>	0,133–0,667	0,082–0,583	0,119	0,107
<i>DPPA-50</i>	0,350–1,0	0,306–0,874		
<i>DPPA-35</i>	0,267–0,750	0,183–0,515		
<i>DPTA-40</i>	max 0,50	0,443		
<i>DYFC-2</i>	max 0,50	0,443		

Zagadnienie doboru optymalnego promienia końcówki odzworowującej profil można analizować w aspekcie dokładności odzworowania profilu nierówności.

Teoretyczny profil nierówności i warunki odzworowania ilustruje Rysunek 4.



Rys. 4. Schemat odzworowania nierówności po piłowaniu

Promień końcówki odzworowującej wysokość nierówności z określonym błędem można obliczyć z zależności:

$$\frac{r + \Delta_n}{\sin\left(\frac{\varphi}{2} + \varphi'\right)} = \frac{r}{\sin\frac{\varphi}{2}}$$

$$r = \frac{\Delta_n \sin\frac{\varphi}{2}}{\sin\varphi'}$$

gdzie:

$r$  — promień końcówki odzworowującej,

$\Delta_n$  — błąd bezwzględny odzworowania.



Wiadomo, że rzeczywista wysokość nierówności jest znacznie większa niż teoretyczna, w związku z czym, dla celów praktycznych do obliczeń promienia końcówki pomiarowej można przyjąć maksymalne wartości z obliczonych nierówności teoretycznych, wówczas (Rys. 4):

$$r + \Delta_n = R_{zt(\max)}$$

Przyjmując wartość błędu względnego

$$B_w = \frac{\Delta_n}{R_{zt(\max)}} = 0,15$$

wtedy wartość kąta  $\varphi'$  musi ograniczać nierówność:

$$\varphi' \leq 0,1618 \text{ rad.}$$

## Wnioski

1. Profil nierówności po pilowaniu ma kształt trójkąta prostokątnego.
2. Nierówności teoretyczne po obróbce pilowaniem można przedstawić zależnością:

- dla narzędzi o zębach zgrubianych

$$R_{zt} = \Delta_z \operatorname{tg} \varphi'$$

- dla narzędzi o zębach rozwieranych

$$R_{zt} = 2\Delta_z \operatorname{tg} \varphi'$$

3. Wartość kąta pochylenia profilu nierówności kształtuje się:

- dla pilarek ramowych

$$0,064 < \varphi' < 0,159,$$

- dla pilarek taśmowych stolarskich

$$0,165 < \varphi' < 0,464$$

zaś dla taśmówek rozdzielczych i do kłód

$$0,058 < \varphi' < 0,162$$

- dla pilarek tarczowych (dolnowrzecionowych)

$$0,086 < \varphi' < 0,114$$

4. Odstęp pomiędzy wierzchołkami nierówności  $S$  ( $\Delta_z$  lub  $2\Delta_z$ ) dla przyjętych zasad poszerzania zęba wynosi:

- dla pilarek ramowych 0,3–4,2 mm,
- dla pilarek taśmowych stolarskich 0,02–0,3 mm,
- dla pilarek taśmowych (rozdzielczych i do kłód) 0,02–1,4 mm,
- dla pilarek tarczowych 0,08–0,9 mm

#### Literatura

- [1] Alič O. (1975): Svrshodnost pokazatelja hrapavosti i njihovi odnosi kod brusnih drvenih površina. Pregled Naucnotehniskih Radova i Informacija, z. 1–2
- [2] Buglaj B.M. (1956): O deformaciji poverchnosti drevesiny pod meritelnyim davleniem. Derevoobrab. Prom. nr 8
- [3] Buglaj B.M. (1978): O novoj sistemie ocenki szerochovatosti poverchnosti drevesiny i drevesnyh materialov. Dierievoobrab. Prom. nr 3

- [4] Brežnjak M. (1973): Zur Forschung der Einschnittbreite. Holzindustrie nr 3
- [5] Ehlers W. (1958): Über die Bestimmung der Gute von Holzoberflächen. Holz als Roh und Werkstoff. T. 16, nr 2
- [6] Fukui H. (1969): Surface roughness of wood in cutting by woodworking circular saw blade I. Method of determining roughness and sampling length. Journal of the Japan Wood Research Society, z. 6, nr 2
- [7] Kikata Y. (1958): Studies on surface roughness of wood. II. A simple apparatus for determining surface roughness and it's applicable conditions. Journal of the Japan Wood Research Society z. 4, nr 6
- [8] Kikata Y., Hiromatsu J. (1959): Studies on surface roughness of wood. III. Shape of dents on the surface of wood. Journal of the Japan Wood Research Society z. 5, nr 4
- [9] Lisičan J. (1965): Niektoré problémy a cesty k znižovaniu nadmiery na opracovanie reziva frézovaním. Sbornik Vedeckých Prác VŠLD
- [10] Nikitiuk L. (1967): Ocena czystoty poverchnosti drevesiny szczupowym metodom. Lesnaja, Bumažnaja i Dieriew. Prom. nr 7
- [11] Pablitzsch G., Dziobek K. (1965): Die Beurteilung bearbeiteter Holzoberflächen I i II. Holztechnologie t. 6, nr 3 i 4
- [12] Palka Z., Porankiewicz B., Staniszevska A., Staniszewski J. (1978): Próba matematycznego opisanía nierówności powierzchni drewna przy użyciu krzywych Abbotta. Roczniki AR Poznań, nr 99

- [13] Orlicz T. (1969): Narzędzia do obróbki drewna. Część II. Piły. Dział Wydawnictw SGGW Warszawa
- [14] Siemiński R. (1962): Badania struktury geometrycznej powierzchni drewna oraz tworzyw drzewnych. Przemysł Drzewny T. 13, nr 8