

Nr 100/2017, 120–130
ISSN 1644-1818
e-ISSN 2451-2486

ANALIZA ROZKŁADU SIŁ SKRAWANIA PODCZAS ZMIENNYCH WARUNKÓW OBRÓBKI WAŁÓW WYKONANYCH ZE STALI NIERDZEWNEJ

ANALYSIS OF DISTRIBUTION OF CUTTING FORCES DURING VARIABLE TREATMENT CONDITIONS OF SHAFTS MADE OF STAINLESS STEEL

Wojciech Labuda

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Wydział Mechaniczny,
Katedra Materiałów Okrętowych i Technologii Remontów,
e-mail: w.labuda@wm.am.gdynia.pl

Streszczenie: Jednym z najważniejszych problemów współczesnych technik wytwarzania jest zapewnienie odpowiedniej jakości wyrobu, przy minimalizacji kosztów i jednoczesnym wzroście wydajności produkcji. Podczas obróbki wykończeniowej nadawane są ostateczne wymiary i właściwości użytkowe danego elementu. W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu zmiany warunków obróbki na wartość sił podczas toczenia wałów wykonanych ze stali nierdzewnej. Badania przeprowadzono na wałku o średnicy 59 mm wykonanego ze stali nierdzewnej X5CrNi18-10. Proces toczenia czopów wału przeprowadzono na tokarce uniwersalnej kłowej CDS6250BX-1000. Podczas badań wykorzystano nóż tokarski z wymiennymi płytkami skrawającymi CCMT09T302WF, CCMT09T304WF oraz CCMT09T308WF. Pomiar sił skrawania podczas toczenia wykonano siłomierzem DKM 2010.

Słowa kluczowe: siły skrawania, stal nierdzewna, toczenie wykończeniowe.

Abstract: One of the greatest problem of modern production techniques is the achievement of an appropriate quality at minimal costs and accompanied by the production efficiency increase. During finish treatment the final dimensions as well as functional properties are imparted to a given element by application of proper treatment type. The paper presents the results of influence of changing treatment conditions on the value of the cutting forces during cutting process. The turning process of shaft pins ϕ 59 mm in diameter, made of X5CrNi18-10 stainless steel was carried out on a CDS6250BX-1000 universal lathe. The turning process was conducted by a cutting tool with CCMT09T302WF, CCMT09T304WF and CCMT09T308WF replacable inserts. The measurement of cutting forces during turning was recorded using a DKM 2010 dynamometer.

Keywords: cutting forces, stainless steel, finish turning.

1. WSTĘP

Jednym z najważniejszych etapów prognozowania zadań na rzecz podniesienia jakości użytkowej maszyn i urządzeń jest rozwój metod sterowania ich cechami trwałościowo-niezawodnościowymi. Obiekt musi poprawnie spełniać swoje zadania w określonych warunkach i czasie [Przybylski 2005]. Badania wykazują, że blisko 80% uszkodzeń części maszyn ma swój początek w warstwie wierzchniej wyrobu, a 50% energii kinetycznej traci się na pokonanie oporów tarcia [Przybylski 2008]. Proces wytwarzania części maszyn związany jest z konstytuowaniem na powierzchni obrabianego materiału technologicznej warstwy wierzchniej (TWW). Odpowiednią konstrukcją, materiałem i technologią wytwarzania powinien zapewnić żądany stan początkowy elementu obrabianego [Burakowski i Marczak 1995; Burakowski i in. 1998].

Najbardziej rozpowszechnionym i uniwersalnym sposobem usuwania warstwy nadmiaru materiału jest proces skrawania. Do podstawowych metod kształtowania warstwy wierzchniej czopów wałów zalicza się procesy toczenia wykończeniowego, szlifowania lub nagniatania.

Prawidłowo wytworzona warstwa wierzchnia w technologicznych procesach produkcyjnych oraz procesach eksploatacyjnych zapewnia maksymalną wytrzymałość powierzchniową, gwarantującą dużą trwałość eksploatacyjną. Pod wpływem oddziaływania wymuszeń tribologicznych i aktywnego środowiska TWW ulega ewolucyjnemu przekształceniu w EWW (eksploatacyjna warstwa wierzchnia), dlatego pojęcie EWW znalazło powszechne zastosowanie w inżynierii powierzchni i tribologii. Kształtowanie tej warstwy przebiega często w warunkach niesterowalnych i nie w pełni poznanych, ale powinno przebiegać w kierunku ich korzystnej poprawy [Burakowski i Marczak 1995; Burakowski i in. 1998; Burakowski 1999].

Podstawowymi cechami warstwy wierzchniej (WW), które mają zdecydowany wpływ na właściwości użytkowe części maszyn, są: chropowatość powierzchni, skład chemiczny i struktura WW, skład chemiczny i budowa warstw tlenkowych, umocnienie WW, rozkład naprężeń, wielkość i rozkład: wtrąceń, nieciągłości i wad struktury [Nadolny, Selech i Tyczewski 2003].

Wymienione właściwości użytkowe elementów maszyn można kształtować przez odpowiedni dobór technologii obróbki wykończeniowej. Wiele ośrodków naukowych, w tym również Akademia Morska w Gdyni, prowadzi badania związane z obróbką materiałów trudno obrabialnych [Dyl i Starosta 2011; Starosta i Dyl 2011; Dyl i Starosta 2012; Dyl 2013; Labuda 2014, Labuda i Charchalis 2014].

Realizowane badania mają na celu określenie zbioru czynników wejściowych, stałych i zakłócających dla procesu toczenia wykończeniowego czopów wałów, wykonanych ze stali nierdzewnej, mających wpływ na wartości sił skrawania. W dalszym etapie badań określony zostanie ich wpływ na strukturę geometryczną powierzchni (SGP).

W artykule przedstawiono badania wpływu zmiany prędkości skrawania V_c [m/min], posuwu f [mm/obr], głębokości skrawania ap [mm], kąta przystawienia oraz promienia naroża płytki skrawającej na wartość sił podczas toczenia.

2. METODYKA BADAŃ

Proces toczenia wykończeniowego czopów wału o średnicy $\phi 59$ mm przeprowadzono na tokarce CDS6250BX-1000 (rys. 1).



Rys. 1. Tokarka CDS6250BX-1000

Fig. 1. Lathe by CDS6250BX-1000 type

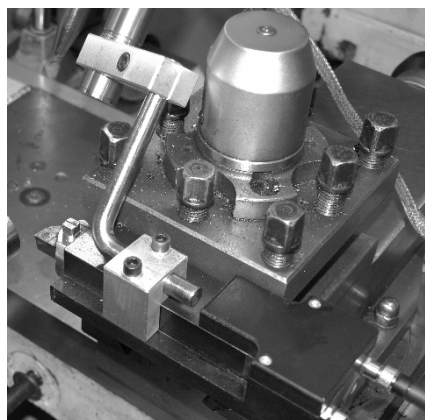
Do procesu toczenia zastosowano siłomierz DKM 2010 (rys. 2a). Urządzenie do pomiaru sił skrawania podczas procesu toczenia wykorzystać można zarówno na tokarkach uniwersalnych, jak i maszynach CNC. Podczas obróbki toczeniem rejestrowane są: F_c – siła skrawania, F_f – siła posuwowa oraz F_p – siła odporowa. Maksymalne siły nie mogą przekraczać 2000 N. Urządzenie wyposażone jest w czujnik temperatury w zakresie pracy od 300 do 800°C. Konstrukcja siłomierza umożliwia stosowanie odpowiedniego uchwytu z gniazdem na płytce dla noży prawych lub lewych. Siłomierz ma regulowany uchwyt, umożliwiający zmianę kąta przystawienia na wartość 45°, 60°, 75° i 90°.

Na rysunku 2b przedstawiono przykładową próbkę użytą w badaniach.

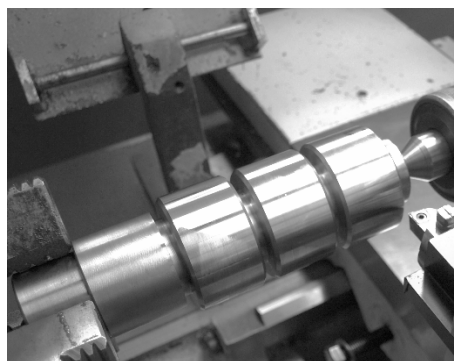
Do procesu skrawania użyto wymiennych płytek wielostrzowych typu wiper. Płytki te zapewniają wysoką wydajność obróbki półwykończeniowej oraz wykończeniowej. Odpowiednia geometria ostrza umożliwia stosowanie dwukrotnie

większych posuwów przy zachowaniu takiej samej jakości wykończenia powierzchni, w porównaniu z tradycyjnymi płytkami. Natomiast zastosowanie takiego samego posuwu jak dla płytek standardowych pozwala na uzyskanie dwukrotnie mniejszej wartości parametru chropowatości powierzchni. Płytki wykorzystane w procesie toczenia wykończeniowego występowały w trzech wielkościach promienia naroża $r_e = 0,2; 0,4; 0,8$ mm. Proces toczenia przeprowadzono dla kąta przystawienia w zakresie $87-93^\circ$. Zmiana wartości kąta nastąpiła przez skrócenie sań narzędziowych na obrotnicy.

a)



b)



Rys. 2. Siłomierz DKM2010 oraz przykładowy wałek użyty w badaniach
Fig. 2. Turning dynamometer DKM2010 and the sample used in research

Podczas procesu toczenia wykończeniowego zastosowano parametry skrawania przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry skrawania podczas procesu toczenia
Table 1. Cutting parameters used in turning process

Oznaczenie płytki	Parametry skrawania		
	Vc [m/min]	f [mm/obr]	ap [mm]
CCMT 09T302 WF	160; 230	0,106; 0,099	0,3; 0,5
CCMT 09T304 WF	160; 230	0,106; 0,198	0,5; 1
CCMT 09T308 WF	113; 160	0,106; 0,248	0,5; 1

Analizę składu chemicznego materiału, z którego wykonano próbki, przeprowadzono na spektrometrze Solaris-CCD PLUS (rys. 3). Jest to optyczny spektrometr emisyjny ze wzbudzeniem iskrowym firmy GNR. Umożliwia wykonanie analizy stałych próbek metalowych oraz stopów o różnych osnowach.



Rys. 3. Optyczny spektrometr SOLARIS-CCD PLUS

Fig. 3. SOLARIS-CCD PLUS optical spectrometer

3. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań analizy składu chemicznego dla badanej próbki przedstawiono w tabeli 2. Procentową zawartość poszczególnych pierwiastków w stali podano dla próbki, na której wykonano cztery próby iskrzeń (rys. 4).

Odporność na korozję materiałów konstrukcyjnych, takich jak stale stopowe, stopy tytanu czy aluminium, wiąże się z tworzeniem się na powierzchni bardzo cienkiej (nm), ochronnej warstewki tlenkowej. Warstewka tlenkowa znacząco zmniejsza szybkość korozji metalu, na którym powstała. Zjawisko to zostało nazwane pasywacją powierzchni metalu, a stan, w jakim znajduje się ten metal – stanem pasywnym. Szczególnie dużą skłonność do pasywacji wykazują chrom i nikiel, co uzasadnia stosowanie tych metali jako głównych dodatków stopowych do stali. Za wartość graniczną przyjmuje się dodatek minimum 10,5% chromu.

Stopy zawierające ponad 13% Cr zachowują się jak metale szlachetne, tzn. mają dodatni potencjał i nie korodują w powietrzu, wodzie, niektórych kwasach, solach i zasadach. Wprowadzenie do stali około 13% Cr czyni ją nierdzewną głównie w ośrodkach utleniających, natomiast słabo w redukujących (kwasu solnego czy siarkowego). Wprowadzony do stali chrom, w ilości większej od 13%, powoduje nagłą zmianę potencjału elektrochemicznego z $-0,6$ do $+0,2$ V, a tym samym zwiększa się odporność tych stopów na korozję (przejście ze stanu aktywnego w stan pasywny).

Drugim oprócz chromu najważniejszym składnikiem stopowym stali odpornych na korozję jest nikiel, który podwyższa odporność stali na działanie wielu środowisk korozyjnych, a zwłaszcza kwasu siarkowego, roztworów obojętnych

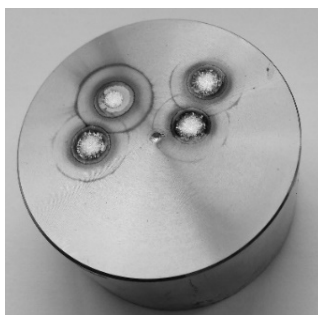
chlorków (woda morska) itp. W podwyższonych temperaturach stale z dodatkiem niklu nie są odporne na działanie gazów zawierających związki siarki, ze względu na powstawanie siarczku niklu [Cicholska i Czechowski 2005].

Do innych dodatków stopowych, korzystnie wpływających na odporność stali na korozję, zaliczyć można molibden i azot, natomiast krzem poprawia odporność na korozję jedynie w obecności molibdenu. W sytuacji, gdy występuje bez dodatku molibdenu, obniża odporność stali na korozję podobnie jak siarka, węgiel i mangan. W przypadku tytanu nie zauważono jakiegokolwiek wpływu na omawianą właściwość eksploatacyjną.

Tabela 2. Skład chemiczny stali [%]

Table 2. The chemical composition of steel [%]

Wartość	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Nb
Średnia	0,037	0,457	1,638	0,028	0,030	18,261	0,473	7,760	0,008
Maks.	0,057	0,478	1,659	0,030	0,033	18,332	0,482	7,847	0,010
Min.	0,025	0,440	1,612	0,026	0,028	18,164	0,465	7,628	0,006
	Al	Cu	Co	B	Ti	V	W	Fe	
Średnia	0,003	0,483	0,125	0,002	0,026	0,057	0,021	70,594	
Maks.	0,004	0,490	0,127	0,002	0,027	0,058	0,021	70,731	
Min.	0,002	0,471	0,124	0,001	0,023	0,057	0,020	70,482	



Rys. 4. Próbką użytą do badania składu chemicznego stali

Fig. 4. The sample used for testing the chemical composition of the steel

Proces skrawania przeprowadzono na sucho. W tabelach 3, 4, 5 przedstawiono wyniki badań wpływu zmiany warunków obróbki na wartość sił podczas toczenia wykończeniowego stali nierdzewnej. Zawarto w nich wyniki podstawowej analizy statystycznej poszczególnych sił.

Tabela 3. Wyniki podstawowej analizy statystycznej siły F_c **Table 3.** Results of statistic analysis of force F_c

Parametry skrawania			Promień naroża [mm]	Kąt przystawienia [°]	Wartość siły F_c [N]				
V_c [m/min]	ap [mm]	f [mm/obr]			średnia	min.	maks.	odchyłka stand.	błąd stand.
160	0,5	0,106	0,2	90	177	149	195	7,1	0,28
160	0,5	0,106	0,4	90	172	157	191	6	0,24
160	0,5	0,106	0,8	90	197	176	207	3,6	0,14
230	0,3	0,099	0,2	87	44	38	49	1,44	0,12
230	0,3	0,099	0,2	88	54	50	57	1,08	0,09
230	0,3	0,099	0,2	89	51	45	54	1,17	0,1
230	0,3	0,099	0,2	90	62	60	65	1,16	0,09
230	0,3	0,099	0,2	91	70	65	73	1,03	0,08
230	0,3	0,099	0,2	90	93	90	96	1,39	0,11
230	0,3	0,099	0,2	93	31	27	36	1,41	0,12
230	1	0,198	0,4	87	570	550	592	9,08	0,87
230	1	0,198	0,4	88	487	471	507	8,03	0,77
230	1	0,198	0,4	89	473	450	499	11,79	1,12
230	1	0,198	0,4	90	518	496	539	9,75	0,93
230	1	0,198	0,4	91	503	486	528	9,04	0,86
230	1	0,198	0,4	92	583	565	602	8,02	0,77
230	1	0,198	0,4	93	520	506	537	7,03	0,67
160	1	0,248	0,8	87	711	694	731	8,57	0,9
160	1	0,248	0,8	88	617	581	640	11,22	1,18
160	1	0,248	0,8	89	622	590	651	14,11	1,49
160	1	0,248	0,8	90	626	593	653	13,01	1,37
160	1	0,248	0,8	91	623	596	646	11,32	1,19
160	1	0,248	0,8	92	409	394	425	8,43	0,89
160	1	0,248	0,8	93	624	589	648	11,12	1,17
113	1	0,248	0,8	87	366	343	378	5,59	0,51
113	1	0,248	0,8	88	724	708	768	11,98	1,09
113	1	0,248	0,8	89	680	662	704	9,05	0,83
113	1	0,248	0,8	90	652	632	693	9,84	0,9
113	1	0,248	0,8	91	642	624	666	8,25	0,75
113	1	0,248	0,8	92	732	674	753	10,84	0,99
113	1	0,248	0,8	93	656	637	680	9,95	0,91

Tabela 4. Wyniki podstawowej analizy statystycznej siły F_f

Table 4. Results of statistic analysis of force F_f

Parametry skrawania			Promień naroża [mm]	Kąt przystawienia [°]	Wartość siły F_f [N]				
Vc [m/min]	ap [mm]	f [mm/obr]			średnia	min.	maks.	odchyłka stand.	błąd stand.
160	0,5	0,106	0,2	90	57	51	65	2,3	0,09
160	0,5	0,106	0,4	90	60	53	65	2,4	0,1
160	0,5	0,106	0,8	90	57	52	61	1,7	0,07
230	0,3	0,099	0,2	87	12	11	13	0,93	0,08
230	0,3	0,099	0,2	88	11	11	13	0,5	0,04
230	0,3	0,099	0,2	89	10	9	11	0,61	0,05
230	0,3	0,099	0,2	90	11	11	13	0,51	0,04
230	0,3	0,099	0,2	91	13	11	13	0,48	0,04
230	0,3	0,099	0,2	90	21	20	22	0,51	0,04
230	0,3	0,099	0,2	93	8	8	9	0,39	0,03
230	1	0,198	0,4	87	125	121	128	1,8	0,17
230	1	0,198	0,4	88	114	110	118	1,66	0,16
230	1	0,198	0,4	89	115	110	120	2,45	0,23
230	1	0,198	0,4	90	126	122	130	2,1	0,2
230	1	0,198	0,4	91	122	117	127	1,62	0,15
230	1	0,198	0,4	92	144	139	147	1,59	0,15
230	1	0,198	0,4	93	124	120	126	1,34	0,13
160	1	0,248	0,8	87	193	187	198	2,52	0,27
160	1	0,248	0,8	88	158	143	163	3,16	0,33
160	1	0,248	0,8	89	150	142	156	3,44	0,36
160	1	0,248	0,8	90	152	140	160	5,35	0,56
160	1	0,248	0,8	91	151	144	155	2,28	0,24
160	1	0,248	0,8	92	80	72	84	1,72	0,18
160	1	0,248	0,8	93	138	134	142	1,55	0,16
113	1	0,248	0,8	87	78	73	81	1,04	0,09
113	1	0,248	0,8	88	198	189	206	3,72	0,34
113	1	0,248	0,8	89	194	186	200	3,22	0,29
113	1	0,248	0,8	90	175	162	188	3,66	0,33
113	1	0,248	0,8	91	168	163	173	2,12	0,19
113	1	0,248	0,8	92	195	183	200	2,61	0,24
113	1	0,248	0,8	93	139	130	143	2,54	0,23

Tabela 5. Wyniki podstawowej analizy statystycznej siły F_p **Table 5.** Results of statistic analysis of force F_p

Parametry skrawania			Promień naroża [mm]	Kąt przystawienia [°]	Wartość siły F_p [N]				
V_c [m/min]	a_p [mm]	f [mm/obr]			średnia	min.	maks.	odchyłka stand.	błąd stand.
160	0,5	0,106	0,2	90	55	50	59	1,4	0,05
160	0,5	0,106	0,4	90	89	84	93	2	0,08
160	0,5	0,106	0,8	90	114	110	120	2,5	0,1
230	0,3	0,099	0,2	87	38	36	40	0,81	0,07
230	0,3	0,099	0,2	88	49	48	50	0,43	0,03
230	0,3	0,099	0,2	89	46	44	48	0,68	0,06
230	0,3	0,099	0,2	90	50	49	51	0,45	0,04
230	0,3	0,099	0,2	91	51	50	52	0,36	0,03
230	0,3	0,099	0,2	90	70	69	71	0,53	0,04
230	0,3	0,099	0,2	93	39	37	41	0,74	0,06
230	1	0,198	0,4	87	74	72	80	1,13	0,11
230	1	0,198	0,4	88	86	84	88	0,92	0,09
230	1	0,198	0,4	89	96	93	99	1,72	0,16
230	1	0,198	0,4	90	93	90	97	1,31	0,13
230	1	0,198	0,4	91	101	99	108	1,36	0,13
230	1	0,198	0,4	92	91	88	98	1,62	0,15
230	1	0,198	0,4	93	106	104	110	1,07	0,1
160	1	0,248	0,8	87	198	195	199	0,65	0,07
160	1	0,248	0,8	88	208	203	210	1,29	0,14
160	1	0,248	0,8	89	213	207	216	1,33	0,14
160	1	0,248	0,8	90	189	186	191	1,18	0,12
160	1	0,248	0,8	91	214	212	217	1,2	0,13
160	1	0,248	0,8	92	217	213	221	1,01	0,11
160	1	0,248	0,8	93	223	220	226	0,9	0,1
113	1	0,248	0,8	87	195	194	198	0,91	0,08
113	1	0,248	0,8	88	260	248	266	4,13	0,38
113	1	0,248	0,8	89	256	245	260	3,42	0,31
113	1	0,248	0,8	90	266	259	270	2,12	0,19
113	1	0,248	0,8	91	260	242	265	3,59	0,33
113	1	0,248	0,8	92	272	266	278	2,83	0,26
113	1	0,248	0,8	93	248	240	252	2,79	0,25

Największą średnią wartość siły $F_c = 732$ N uzyskano dla procesu toczenia z $V_c = 113$ m/min, $ap = 1$ mm, $f = 0,248$ mm/obr, promieniem naroża równym 0,8 mm oraz kątem przystawienia 93° . Analiza uzyskanych wyników wykazała, że dla siły F_f największą średnią wartość uzyskano dla parametrów skrawania takich jak w przypadku siły F_c , ale dla kąta przystawienia równego 88° . Dla siły odporowej maksymalną jej wartość zaobserwowano dla warunków obróbki takich samych jak dla siły F_c .

Proces toczenia płytką dogładowującą musi być przeprowadzony z odpowiednim kątem przystawiania. Błąd ustawienia noża tokarskiego spowoduje, że krawędź skrawająca, która dogładowa wierzchołki nierówności powierzchni, może nie spełniać swojej roli. Zmniejszenie wartości kąta przystawiania uniemożliwi krawędzi dogładowującej wyrównanie wierzchołków chropowatości powierzchni, natomiast zbyt duża jego wartość może spowodować na powierzchni materiału ślady obróbkowe w postaci bruzd i wyrwań warstwy wierzchniej. W związku z tym ważnym aspektem dalszych prac badawczych będzie wykonanie pomiarów parametrów struktur geometrycznej powierzchni oraz ich analiza.

Uzyskane wyniki potwierdzają wpływ zmiennych warunków obróbki na siły podczas procesu toczenia, dlatego kolejnym etapem badań będzie określenie ich wpływu na analizowane siły z wykorzystaniem programu Statystyka.

4. WNIOSKI

Obróbka skrawaniem stali odpornych na korozję, a w szczególności stali o strukturze austenitycznej, sprawia dużo trudności. Na skrawalność stali austenitycznych ma niekorzystny wpływ wysoka skłonność do umacniania się przez zgniot, niska przewodność cieplna i dobra ciągliwość.

Zastosowanie zmiennych warunków skrawania pozwoliło na uzyskanie zróżnicowanych wyników pomiarów sił podczas toczenia. Zmiana poszczególnych parametrów skrawania wpływa w znaczący sposób na wartości wszystkich analizowanych sił. Można również zaobserwować wpływ zmiany kąta przystawienia oraz promienia naroża płytki na wartości tych sił.

Artykuł jest pierwszym z serii dotyczącym określenia zbioru czynników wejściowych, stałych i zakłócających dla procesu toczenia wykończeniowego czopów wałów wykonanych ze stali nierdzewnej. W dalszych badaniach przeprowadzona zostanie analiza regresji wielokrotnej, w celu wyznaczenia równań dla poszczególnych sił dla zmiennych warunków obróbki. Planowane są również badania, określające wpływ zmiany warunków obróbki na parametry chropowatości powierzchni.

LITERATURA

- Burakowski, T., 1999, *Tribologia a inżynieria powierzchni*, Tribologia, nr 6.
- Burakowski, T., Marczak, R., 1995, *Eksploatacyjna warstwa wierzchnia i jej badanie*, Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, nr 3.
- Burakowski, T., Marczak, R., Senatorski, J., Szumniak, J., 1998, *Konstituowanie eksploatacyjne warstwy wierzchniej w procesie tarcia technicznie suchego*, Problemy Eksploatacji, nr 2.
- Cicholska, M., Czechowski, M., 2005, *Materiałoznawstwo okrętowe*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia.
- Dyl, T., 2013, *Finishing Intermetallic Coatings in Order to Reduce the Surface Roughness*, Journal of KONES, vol. 20, no. 1.
- Dyl, T., 2013, *The Finishing of Composite Coatings in Aspect of Surface Roughness Reduction*, Journal of KONES, vol. 20, no. 2.
- Dyl, T., Starosta, R., 2011, *Wpływ geometrii i gatunku płytek skrawających na strukturę geometryczną toczonych powłok stopowych*, Inżynieria Materiałowa, nr 4.
- Dyl, T., Starosta, R., 2012, *Określenie wpływu geometrii i rodzaju materiału płytek skrawających na topografię toczonych powłok kompozytowych*, Inżynieria Materiałowa, nr 6.
- Labuda, W., 2014, *The Analysis of Cutting Tool Geometric on Cutting Forces and Surface Roughness of Steel Applied to Marine Pumps Shaft Pins*, Journal of KONES, vol. 21, no. 1.
- Labuda, W., Charchalis, A., 2014, *Ocena wpływu geometrii noża tokarskiego na strukturę geometryczną powierzchni czopów wałów wykonanych ze stali austenitycznej*, Logistyka, nr 6.
- Nadolny, K., Selech, J., Tyczewski, P., 2003, *Zmiany struktury geometrycznej powierzchni powstałe podczas testów zużyciowych*, Tribologia, nr 5.
- Przybylski, W., 2005, *Współczesne problemy w technologii obróbki przez nagniatanie*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Przybylski, W., 2008, *Współczesne problemy w technologii obróbki przez nagniatanie*, t. 2, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Starosta, R., Dyl, T., 2011, *Obróbka wykańczająca natryskiwanymi płomieniowo powłok Ni-Al, ocena zużycia borazonowych płytek skrawających*, Tribologia. Teoria i Praktyka, nr 4.