



Anizotropowe właściwości tarcziowe blach stalowych karoseryjnych

TOMASZ TRZEPIECIŃSKI

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Przeróbki Plastycznej,
35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 8, tomtr@prz.edu.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę tribologiczną powierzchni blach stalowych badanych za pomocą tribotestera typu trzpień–tarcza. Badaniom poddano blachę stalową głębokotłoczną kategorii tłoczności B, blachę płytkotłoczną P oraz blachę na najtrudniejsze wytłoczki USB. Wykonano analizę topograficzną badanych próbek za pomocą maszyny pomiarowej Taylor Hobson Surtronic 3+. Badania wykazały cykliczność zmian wartości współczynnika tarcia wzdłuż obwodu próbki, co potwierdza anizotropowe cechy tribologiczne blach. Ze wzrostem granicy plastyczności badanych materiałów obserwuje się zwiększenie wartości współczynnika tarcia. Ponadto, zakres zmian wartości współczynnika tarcia ulega zmniejszeniu ze wzrostem obciążenia trzpienia tribotestera. Dominujący udział plastycznego odkształcenia nierówności powierzchni w całkowitym oporze przemieszczania trzpienia związany z cyklicznym kontaktem trących ciał powoduje, że z każdym obrotem próbki obserwuje się zmniejszenie efektu anizotropowości wartości współczynnika tarcia.

Słowa kluczowe: tribologia, anizotropia tarcia, tarcie, tribotester, współczynnik tarcia

DOI: 10.5604/12345865.1116926

1. Wstęp

Wytłaczanie jest jedną z najpopularniejszych metod kształtowania blach w przemyśle samochodowym. Często jako ostatnią operację stosuje się nakładanie powłok, co wymaga zapewnienia odpowiedniej gładkości powierzchni wytłoczki. Istotny wpływ na rozkład i wartość odkształceń, a tym samym na jakość wyrobu wywierają siły tarcia [1, 2]. Do najważniejszych czynników warunkujących otrzymanie wyrobu o wysokiej jakości należy wartość pocienienia ścianek. Siły tarcia występujące na powierzchni kontaktu metali decydują o przebiegu procesu kształtowania blach [3].

W przypadku wytłaczania przedmiotów o złożonej geometrii lokalny stan naprężeń i odkształceń zmienia się w trakcie procesu kształtowania. Ponadto podczas procesu kształtowania wytłoczek występują strefy zróżnicowane pod względem stanu naprężeń, stanu odkształceń, prędkości przemieszczeń i warunków tarcia. Występowanie zróżnicowanych schematów odkształcenia jest wywołane oddziaływaniem narzędzi oraz czynnikami technologicznymi, które zmieniają warunki tarcia. W większości procesów kształtowania blach występowanie oporów tarcia jest zjawiskiem niepożądanym i powoduje [2]: nierównomierność odkształceń, wzrost naprężeń promieniowych i siły wytłaczania, zmniejszenie trwałości narzędzi oraz jakości wyrobu. Tarcie w procesach kształtowania blach jest złożoną funkcją właściwości materiału, parametrów procesu oraz warunków kontaktu. Główne czynniki wpływające na zjawiska tribologiczne w procesach przeróbki plastycznej to między innymi makro- i mikrogeometria styku, kinematyka ruchu narzędzi, dynamika obciążeń, zjawiska fizykochemiczne na powierzchni styku oraz temperatura [2].

Celem badań jest określenie wartości współczynnika tarcia blach stalowych karoseryjnych charakteryzujących się anizotropią właściwości mechanicznych oraz kierunkowością topografii powierzchni. W badaniach wykorzystano urządzenie typu *Pin-on-Disc* firmy CSM Instruments, umożliwiające określenie zmian wartości współczynnika tarcia wraz ze zmianą orientacji pomiaru względem kierunku walcowania blachy.

2. Metody wyznaczania wartości współczynnika tarcia

Badania symulujące warunki tarcia i smarowania można podzielić na testy symulujące procesy i testy symulujące warunki tribologiczne [4]. Testy symulujące procesy mają za zadanie modelowanie operacji przeróbki plastycznej z zachowaniem kinematyki procesu. Testy symulujące warunki tribologiczne modelują określone zjawisko często bez zachowania kinematyki procesu. W metodach pośrednich wyznaczania współczynnika tarcia jest wyznaczany na podstawie pomiaru innych wartości, np. siły tarcia i siły normalnej. W oparciu o przyjęty model tarcia następuje obliczenie wartości współczynnika tarcia. Wadą tego typu metod jest to, że umożliwiają wyznaczenie uśrednionej wartości współczynnika tarcia, natomiast nie pozwalają na pomiar i określenie rzeczywistych oporów tarcia.

Do podstawowych prób technologicznych służących do oceny właściwości tribologicznych blach należy próba przeciągania pasa blachy [5], próby zginania blachy z rozciąganiem oraz przeciąganiem [6, 7] oraz próby z obrotowym ruchem narzędzia [1]. Rozbieżności w wartościach współczynnika tarcia materiału określonych w poszczególnych próbach mogą wynikać z występowania różnych stanów naprężeń i odkształceń próbki uwarunkowanych geometrią przeciwpróbek.

W zależności od odmiany prób zginania z rozciąganiem blachy zmianę warunków tarcia uzyskuje się przez zmianę kąta opasania przeciwpróbki, warunków smarowania oraz prędkości odkształcania blachy. Próby o obrotowym ruchu narzędzia polegają na umieszczeniu próbki w postaci pierścienia lub krążka między płytą i przeciwpróbką wykonującą ruch obrotowy, podczas którego dokonuje się pomiaru siły stycznej i siły normalnej w obszarze styku. Jako przeciwpróbkę stosuje się trzpienie o powierzchni płaskiej [8] lub kulistej [9].

3. Materiał i metoda badań

W badaniach stosowano stalowe blachy dla przemysłu motoryzacyjnego (wg PN-87/H-92143— *Blachy i taśmy dla przemysłu motoryzacyjnego*):

- bardzo głębokotłoczną kategorii tłoczności B o grubości 1 mm,
- płytkotłoczną kategorii tłoczności P o grubości 0,5 mm,
- przeznaczoną na najtrudniejsze wytłoczki oznaczoną symbolem USB o grubości 0,8 mm.

Wartości parametrów mechanicznych blach wyznaczono za pomocą próby jednoosiowego rozciągania próbek wyciętych wzdłuż (0°) oraz poprzecznie (90°) względem kierunku walcowania blachy. Podczas badań wyznaczono wartość granicy plastyczności R_e , wytrzymałości na rozciąganie R_m , wydłużenia całkowitego A_{50} i współczynnika anizotropii r (tab. 1). Na podstawie danych pomiarowych sporządzono charakterystyki umocnieniowe badanych blach, które następnie aproksymowano równaniem Hollomona, określając wartość współczynnika umocnienia C oraz wykładnika umocnienia n . Potwierdzeniem cech anizotropowych blach stalowych jest różnica w wartościach współczynnika anizotropii odpowiadająca orientacji względem kierunku walcowania. Ponadto badane blachy charakteryzują się szerokim rozrzutem wartości granicy plastyczności.

TABELA 1

Podstawowe parametry mechaniczne badanych blach

Gatunek blachy	Orientacja próbki	R_e [MPa]	R_m [MPa]	A_{50}	r	C [MPa]	n
USB	0°	151	282	0,44	1,63	494	0,221
	90°	153	281	0,42	2,03	475	0,21
B	0°	196	336	0,38	1,464	557	0,192
	90°	198	311	0,37	1,902	526	0,277
P	0°	262	365	0,34	1,325	541	0,126
	90°	260	366	0,34	1,493	548	0,127

Topografia powierzchni jest głównym czynnikiem wpływającym na wartość oporów tarcia blach stalowych [10]. Wartości parametrów liniowych chropowatości powierzchni blach (tab. 2) mierzonych wzdłuż i poprzecznie względem kierunku walcowania wyznaczono na maszynie pomiarowej Surtronic 3+ firmy Taylor Hobson. Parametr Ra jest najczęściej stosowanym wskaźnikiem do charakterystyki chropowatości powierzchni. Sposób pomiaru parametru amplitudowego Ra sprawia, że blachy o takiej samej wartości tego parametru mogą wykazywać odmienne charakterystyki tribologiczne [11]. Parametr Ra jest powszechnie stosowany w praktyce przemysłowej, jednak według Matuszewskiego [12] z naukowego punktu widzenia bardziej odpowiednim parametrem jest Rq , dlatego że jest to odchylenie średniokwadratowe, będące odpowiednikiem odchylenia standardowego σ powszechnie stosowanego w statystyce.

TABELA 2

Podstawowe parametry chropowatości powierzchni blach

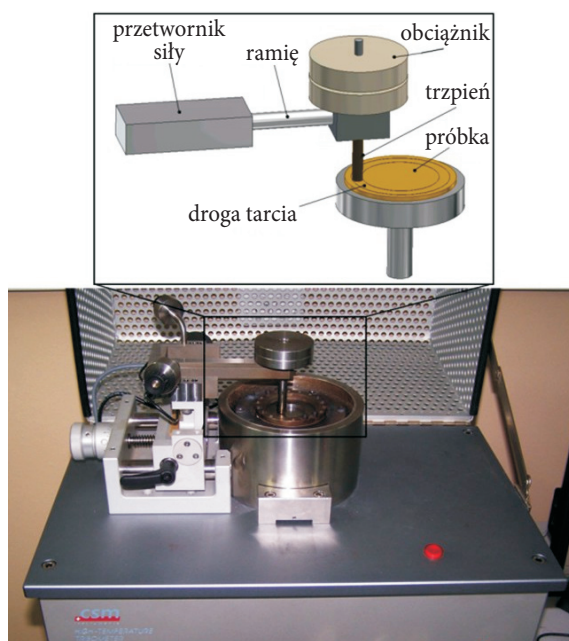
Gatunek blachy	Orientacja próbki	Ra [μm]	Rq [μm]	Rt [μm]	Rp [μm]	Rsk
USB	0°	1,48	1,84	11,5	5,6	-0,11
	90°	1,77	3,23	12,3	4,7	-0,52
B	0°	1,23	1,53	9,4	5,3	0,32
	90°	1,61	6,8	13,4	6,8	0,11
P	0°	1,61	2,06	10,0	7,8	0,70
	90°	1,66	4,29	10,7	5,8	0,16

Badania tribologiczne przeprowadzono za pomocą urządzenia typu *Pin-on-Disc* firmy CSM Instruments ze skojarzeniem kula-tarcza (rys. 1).

Końcówkę trzpienia stanowiła kulka o średnicy 6 mm wykonana ze stopu łożyskowego. W węzłach tribologicznych rozłożonych typu płaszczyna z płaszczyną, jakie występują w skojarzeniu trzpień-tarcza, częstym problemem jest uzyskanie równoległości powierzchni współpracujących ze sobą elementów. Korzystnie jest więc wykonywać badania dla skojarzenia kulka-tarcza, gdzie mamy do czynienia na początku każdego testu ze stykiem punktowym. Drugim elementem skojarzenia cierne go był krążek o średnicy 52 mm wycięty z arkusza badanej blachy.

Testy przeprowadzono przy następujących parametrach:

- prędkość liniowa ślizgania $v = 0,01$ m/s,
- zatrzymanie testu po 5 obrotach próbki,
- obciążenie trzpienia testera siłą 3 N, 6 N oraz 9 N,
- droga tarcia: okrąg o średnicy $\phi = 24$ mm,
- tarcie suche.



Rys. 1. Widok urządzenia pomiarowego

Obciążenia próbki siłą F_N dokonuje się przy pomocy zestawu obciążników mocowanych bezpośrednio nad trzcpieniem z umieszczoną kulką. Wykorzystano komputerową aparaturę pomiarową umożliwiającą ciągłą rejestrację i zapis do pliku tekstowego siły obwodowej F_T w trakcie badań. Wartość współczynnika tarcia $\mu(t)$ w funkcji czasu wyznaczono na podstawie zależności:

$$\mu(t) = \frac{F_T(t)}{F_N}. \quad (3.1)$$

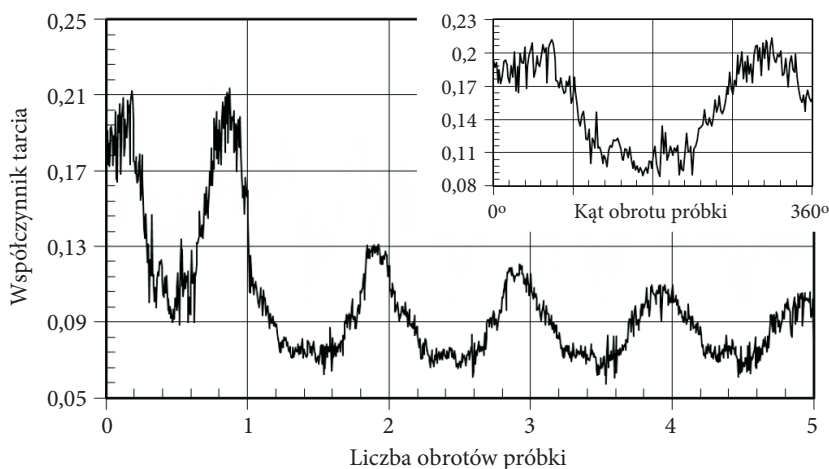
4. Wyniki oraz dyskusja

Zaletą próby jest nieograniczona droga tarcia. Jednak cykliczność styku ciernego kontaktujących się powierzchni jest powodem kumulacji produktów zużycia [8] i w konsekwencji może doprowadzić do zatarcia współpracujących powierzchni. Ponadto, korzystanie ze styku kula–tarcza charakteryzuje się tym, że przy stałym obciążeniu naciski jednostkowe podczas testu maleją. Dlatego obiektywne wartości współczynnika tarcia wyznaczano dla pierwszego obrotu próbki z zależności (3).

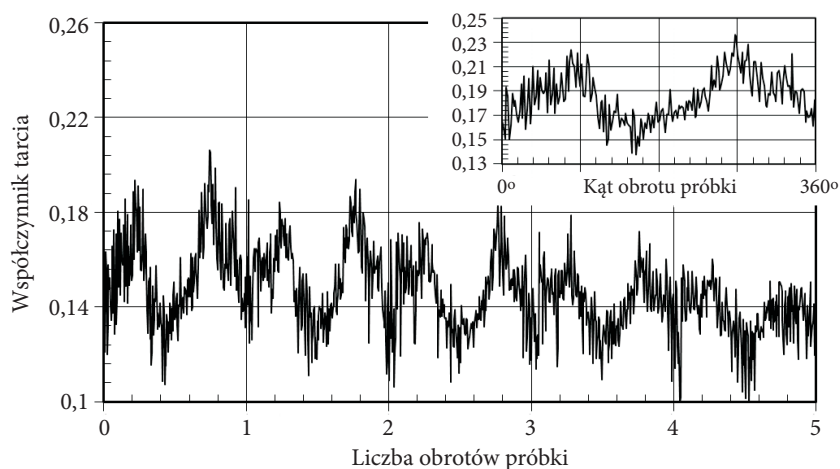
Obserwacje zmian wartości współczynnika tarcia w funkcji kąta obrotu próbki (rys. 2-4) wykazały cykliczność zmian. Trend zmian wykazuje występowanie

podczas pierwszego obrotu próbki dwóch miejsc o maksymalnej wartości współczynnika tarcia i dwóch miejsc o wartości minimalnej. Wartości te można odnieść odpowiednio do pomiaru wartości współczynnika tarcia wzdłuż oraz w poprzek względem kierunku walcowania.

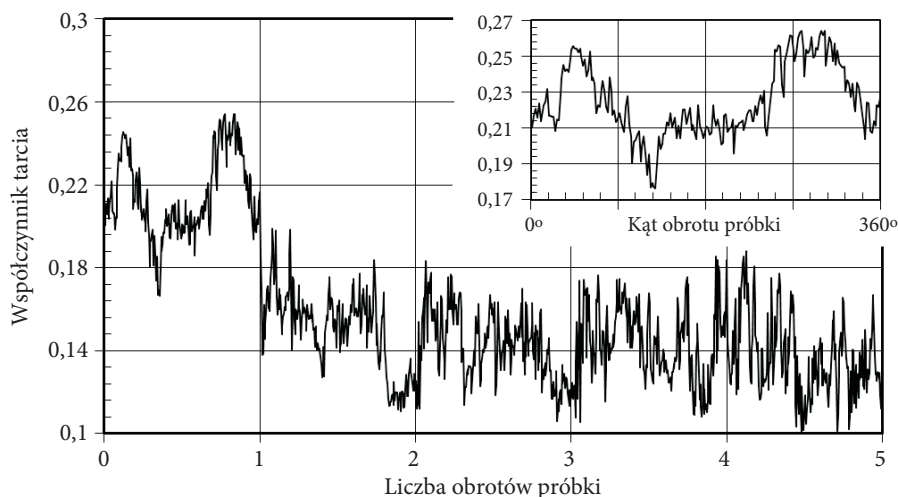
W miarę upływu czasu testowania następuje obniżenie wartości współczynnika tarcia (rys. 2-4) — może to wynikać ze zmian profilu powierzchni blachy w wyniku plastycznego odkształcania wierzchołków nierówności. Nieodzownym procesem



Rys. 2. Zmiana wartości współczynnika tarcia w trakcie testu tarcia dla blachy B przy obciążeniu trzpienia testera 3 N



Rys. 3. Zmiana wartości współczynnika tarcia w trakcie testu tarcia dla blachy B przy obciążeniu trzpienia testera 6 N



Rys. 4. Zmiana wartości współczynnika tarcia w trakcie testu tarcia dla blachy B przy obciążeniu trzpienia testera 9 N

towarzyszącym tarcia jest zużywanie się powierzchni w obszarze wierzchołków chropowatości i w objętości materiału. Dominujący udział plastycznego odkształcenia nierówności powierzchni w całkowitym oporze przemieszczania trzpienia związany z cyklicznym kontaktem trących ciał powoduje, że z każdym obrotem próbki obserwuje się zmniejszenie efektu anizotropowości wartości współczynnika tarcia, co jest wyraźnie widoczne dla obciążenia kulki testera 3 N (rys. 2).

Wartości parametrów liniowych chropowatości powierzchni R_q (tab. 2) różniły się istotnie przy pomiarach wzdłuż oraz poprzecznie względem kierunku walcowania blachy, co stało się przyczyną nierównomiernego rozkładu wartości współczynnika tarcia wzdłuż drogi tarcia. Reasumując, można stwierdzić, że badane blachy w mniejszym lub większym stopniu charakteryzują się anizotropią właściwości tribologicznych. Anizotropia właściwości tarcia ma szczególne znaczenie podczas kształtowania wytlóczek o kształcie nieosiowosymetrycznym [13].

Wyznaczenie rzeczywistej powierzchni kontaktu kulistego trzpienia z blachą w badaniach tribotesterem typu *Pin-on-Disc* jest zadaniem niezwykle trudnym [14]. Na podstawie zależności pozwalającej na oszacowanie przybliżonej powierzchni kontaktu kuli z blachą [15] wartości nacisków panujących w strefie kontaktu określono jako równe około 270, 350 oraz 410 MPa, odpowiednio dla obciążeń kulki testera 3, 6 oraz 9 N. Zakres wartości nacisków odpowiada warunkom panującym podczas wytłaczania blach [16]. W celu weryfikacji anizotropowości zmian wartości współczynnika wraz z obrotem próbki przeprowadzono najczęściej stosowaną próbę tarcia służącą do wyznaczania oporów tarcia wytłaczanych blach na próbkach o płaskiej powierzchni [1, 4, 17] polegającą na przeciąganiu pasów blachy między

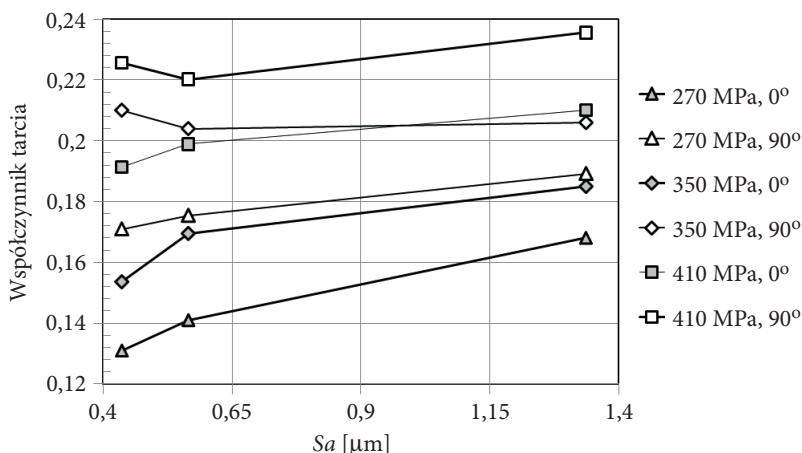
dwoma walcowymi przeciwpróbkami. Szczegóły konstrukcyjne przyrządu (rys. 5) oraz metodykę przeprowadzania testu przedstawiono w pracy [1].



Rys. 5. Przyrząd do badania oporów tarcia w próbie przeciągania pasa blachy

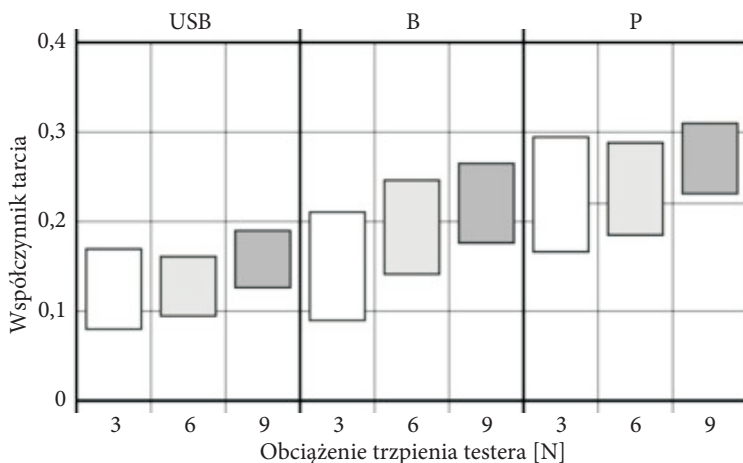
Próbki stanowiły pasy o szerokości 20 mm wycięte wzdłuż (0°) oraz poprzecznie (90°) względem kierunku walcowania arkusza blachy. Wykorzystano walcowe przeciwpróbki o różnej chropowatości określonej parametrem S_a : $0,436 \mu\text{m}$, $0,565 \mu\text{m}$ oraz $1,336 \mu\text{m}$. We wszystkich analizowanych przypadkach dla orientacji próbki 90° obserwowano większą wartość współczynnika tarcia niż podczas przeciągania próbek wyciętych wzdłuż kierunku walcowania (rys. 6). Prezentowane wyniki stanowią średnie wartości współczynnika tarcia otrzymane z trzech testów wykonywanych przy tym samym obciążeniu oraz orientacji próbki. Różnica pomiędzy wartościami współczynnika tarcia blachy B dla orientacji 0° i 90° wynosiła pomiędzy około 0,021 a 0,056. Zakres ten jest więc mniejszy niż obserwowany w próbie tribotestera. Ze wzrostem nacisku kulki testera następuje zwiększenie wartości współczynnika tarcia dla obu orientacji próbek. Ocena jakościowa wpływu kierunku pomiaru oporów tarcia na zmianę wartości współczynnika tarcia potwierdziła wyniki otrzymane za pomocą tribotestera. Należy pamiętać, że wartości współczynników tarcia otrzymywanych za pomocą różnych testów tribologicznych nie można porównywać ze względu na odmienną geometrię styku narzędzia z odkształcanym materiałem [4, 17].

W procesach kształtowania blach sztywnymi narzędziami znaczący wpływ na wartość oporów tarcia wywiera makro- i mikrogeometria styku par trących. Podczas kształtowania blach początkowo występuje niewielkie pole rzeczywistego styku. Powierzchnie przylegają do siebie tylko wierzchołkami nierówności, które



Rys. 6. Wpływ wartości parametru Sa chropowatości powierzchni blach na wartość współczynnika tarcia dla blachy B

następnie, pod wpływem działania sił nacisku, zostają odkształcone plastycznie, aż powstała w ten sposób powierzchnia styku będzie wystarczająca do przeniesienia obciążenia. Następuje ścinanie i odkształcanie sprężysto-plastyczne nierówności powierzchni, przez co zwiększa się powierzchnia rzeczywistego styku. W trakcie dynamicznego wchodzenia w kontakt występów nierówności dochodzi nie do jednorazowego obciążenia poza granicę plastyczności, ale do wielokrotnych stochastycznych obciążeń i odciążeń, co uaktywnia wpływ efektu Bauschingera na charakter zmian nierówności powierzchni [2]. Stwierdzono eksperymentalnie [18], że liczba styków jest wprost proporcjonalna do obciążenia.



Rys. 7. Zakres zmian wartości współczynnika tarcia dla pierwszego obrotu próbek

Na rysunku 7 przedstawiono zakres zmian wartości współczynnika tarcia dla pierwszego obrotu próbki. Ze wzrostem granicy plastyczności badanych materiałów obserwuje się zwiększenie wartości współczynnika tarcia. Ponadto zakres zmian wartości współczynnika tarcia podczas pierwszego obrotu próbki ulega zmniejszeniu ze wzrostem obciążenia trzpienia tribotestera. Wartość obciążenia trzpienia ma istotny wpływ na ścinanie i plastyczne odkształcanie wierzchołków nierówności blachy.

5. Podsumowanie

Zastosowanie urządzenia do badania właściwości ciernych blach stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym umożliwiło wyznaczenie cyklicznych zmian wartości współczynnika tarcia wzdłuż kołowej ścieżki tarcia. Zaobserwowano związek pomiędzy materiałem badanych próbek a zakresem zmian wartości współczynnika tarcia podczas pierwszego obrotu próbki. Ze wzrostem granicy plastyczności materiału blachy następuje zwiększenie wartości współczynnika tarcia. Ponadto tarciove cechy anizotropowe badanych blach ulegają zmniejszeniu ze wzrostem obciążenia trzpienia tribotestera. Na charakter płynięcia materiału podczas kształtowania blach wpływa nie tylko anizotropia właściwości mechanicznych blachy, lecz także anizotropia oporów tarcia. Uwzględnienie tych charakterystyk jest szczególnie istotne w modelach numerycznych kształtowania wytłoczek o nieosiowosymetrycznych kształtach, gdzie opis zjawisk zachodzących w strefie kontaktu blachy z narzędziami determinuje kierunek płynięcia materiału i otrzymanie odpowiedniego kształtu wytłoczek. W badaniach numerycznych kształtowania wytłoczek prostokątnych [1] metodą elementów skończonych (MES) w programie ABAQUS zaimplementowano model anizotropowy tarcia (5.1) wyznaczony na podstawie rzeczywistych zmian oporów tarcia określonych za pomocą urządzenia typu *Pin-on-Disc*.

$$\tau_1^{crit} = \mu_1 p, \quad \tau_2^{crit} = \mu_2 p, \quad (5.1)$$

gdzie: μ_1 — wartość współczynnika tarcia wzdłuż kierunku walcowania;
 μ_2 — wartość współczynnika tarcia poprzecznie względem kierunku walcowania;
 $\tau_1^{crit}, \tau_2^{crit}$ — krytyczne wartości naprężeń stycznych warunkujące poślizg pomiędzy współpracującymi powierzchniami;
 p — nacisk.

Krytyczne naprężenia styczne, które warunkują poślizg pomiędzy współpracującymi powierzchniami, leżą na przecięciu elipsy tarcia (5.2) z kierunkami głównymi orientacji blachy:

$$\left(\frac{\tau_1}{\mu_1}\right)^2 + \left(\frac{\tau_2}{\mu_2}\right)^2 = p^2. \quad (5.2)$$

Dalszych rozważań wymaga zagadnienie wpływu odkształcenia blach wykazujących anizotropowe cechy topograficzne na zmianę oporów tarcia. Można zobaczyć możliwość numerycznego przewidywania zmian wartości współczynnika tarcia w zależności od odkształcenia blachy.

Praca powstała na podstawie wyników badań własnych.

Artykuł wpłynął do redakcji 17.02.2014 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 21.05.2014 r.

LITERATURA

- [1] TRZEPIECIŃSKI T., *Wybrane aspekty oceny tribologicznej blach odkształczanych plastycznie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2013.
- [2] GIERZYŃSKA M., *Tarcie, zużycie i smarowanie w obróbce plastycznej metali*, WNT, Warszawa, 1983.
- [3] TRZEPIECIŃSKI T., BAZAN A., *Analiza wpływu tarcia na zmianę topografii powierzchni wytłaczanych blach*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki, 11, 1, 2012, 110-121.
- [4] ŚWIĄTKOWSKI K., *Sposoby oceny wielkości tarcia na powierzchniach kontaktu niemetalicznego materiału modelowego i narzędzia*, Obróbka Plastyczna Metali, 11, 1, 2000, 21-30.
- [5] TRZEPIECIŃSKI T., *Badania oporów tarcia wywołanych działaniem progów ciągowych w procesie kształtowania blach*, Rudy i Metale Nieżelazne, 55, 6, 2010, 345-349.
- [6] TRZEPIECIŃSKI T., *Analysis of the friction influence on change of surface topography in strip drawing test*, Tribologia, 44, 1, 2013, 125-134.
- [7] LEMU H.G., TRZEPIECIŃSKI T., *Numerical and experimental study of frictional behavior in bending under tension test*, Stroj. Vest. — J. Mech. Eng., 59, 1, 2013, 41-49.
- [8] GODFREY D., *Friction oscillations with a pin-on-disc tribometer*, Tribol. Int., 28, 1995, 119-126.
- [9] STACHOWICZ F., TRZEPIECIŃSKI T., *Opory tarcia podczas kształtowania blach karoseryjnych*, XIV Konferencja Międzynarodowa SAKON, Przecław, 2003, 297-302.
- [10] MAHRENHOLTZ O., BONTCHEVA N., IANKOV R., *Influence of surface roughness on friction during metal forming processes*, J. Mater. Proc. Technol., 159, 2005, 9-16.
- [11] OCZOŚ K.E., LIUBIMOV V., *Struktura geometryczna powierzchni*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2003.
- [12] MATUSZEWSKI M., *Kierunkowość struktury geometrycznej powierzchni jako charakterystyczna cecha eksploatacyjna*, Tribologia, 39, 2008, 105-114.
- [13] TRZEPIECIŃSKI T., *3D elasto-plastic FEM analysis of the sheet drawing of anisotropic steel sheet*, Arch. Civ. Mech. Eng., 10, 2010, 95-106.
- [14] SO H., LIU D.C., *An elastic-plastic model for the contact of anisotropic rough surfaces*, Wear, 146, 1991, 201-212.
- [15] SO H., *Characteristics of wear results tested by pin-on-disc at moderate to high speeds*, Tribol. Int., 29, 1996, 415-423.
- [16] CZUPRYK W., KRAWIEC M., *Wpływ nacisku i prędkości poślizgu na opory tarcia przy smarowaniu smarami plastycznymi w procesie tłoczenia blach*, Tribologia, 39, 2008, 127-135.

- [17] MATUSZAK A., *Factors influencing friction in steel sheet forming*, J. Mat. Proc. Technol., 106, 2000, 250-253.
- [18] THOMAS T.R., *Rough surfaces*, Imperial College Press, London, 1999.

T. TRZEPIECIŃSKI

Anisotropic frictional properties of car body steel sheets

Abstract. The paper presents the tribological analysis of steel sheets surfaces used in automotive industry tested by using a pin-on-disc tribometer. Drawing quality, deep drawing quality steel sheets and USB steel destined for the most difficult to form drawpieces were used as test materials. The topographic analysis of the tested samples was carried out by using Taylor Hobson Surtronic 3+ instrument. The investigations show the periodicity of the friction coefficient variation along the circumference of the sample what confirms anisotropic tribological properties of the sheets. The increase in yield stress of the tested materials causes the increasing value of a friction coefficient. Furthermore, the range of the friction coefficient value variation decreases as the tribometer pin loading increases. The dominant share of plastic deformation of surface peaks in the total resistance of pin displacement, associated with the cyclic contact of friction bodies, causes that with each rotation of the sample, the decreasing anisotropic effect of the friction coefficient value is observed.

Keywords: tribology, frictional anisotropy, friction, tribometer, coefficient of friction