

ANALIZA POJEĆ ZWIĄZANYCH Z ZACIERANIEM ADHEZYJNYM. NOWA DEFINICJA ZACIERANIA

Stanisław Nosal

Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska,
pl. M. Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań, e-mail: stanislaw.nosal@put.poznan.pl

Streszczenie. W artykule uporządkowano takie pojęcia jak: zacieranie, zatarcie, sczepianie i zużywanie adhezyjne. Przeanalizowano pojęcie zacierania. Wprowadzono pojęcie ogniska zacierania jako obszaru sczepiania adhezyjnego o wymiarze krytycznym, którego dalsze powiększanie i niszczenie implikuje niestabilność tarcia wskutek przeniesienia go w głąb warstwy wierzchniej oraz uszkodzanie trących się ciał ze zwiększającą się szybkością. Zaproponowano własne definicje zatarcia i zacierania. Zatarcie określono jako zatrzymanie ruchu węzła ślizgowego wskutek dominacji tarcia zlokalizowanego w głębi warstwy wierzchniej i powodującego trwałe jego uszkodzenie, natomiast zacieranie jako zbiór zjawisk występujących w węzle ślizgowym, zlokalizowanych głównie w głębi warstwy wierzchniej, powodujących zwiększone i niestabilne tarcie, których rozwój może doprowadzić do zatarcia.

Słowa kluczowe: sczepianie, zużywanie adhezyjne, zacieranie adhezyjne, zatarcie.

WPROWADZENIE

Jednym ze skutków tarcia jest destrukcja trących się elementów. Rodzaje tej destrukcji można klasyfikować według różnych kryteriów. Z przeglądu wielu klasyfikacji wynika, że są to następujące kryteria:

1. niezawodność,
2. poziom hierarchiczny struktury,
3. dominujący proces niszczenia powierzchni tarcia,
4. charakter wzajemnego oddziaływania powierzchni,
5. rodzaj ruchu,
6. rodzaj tarcia,
7. sposób przejawiania się destrukcji.

Kryterium niezawodnościowe zastosował Kostecki [9] i podzielił procesy destrukcyjne towarzyszące tarcu na dopuszczalne (zużycie) i niedopuszczalne (uszkodzanie). W zależności od poziomu hierarchicznego struktury Peterson [13] wyróżnił niszczenie trących się materiałów zachodzące w strefie przypowierzchniowej, w obszarze wierzchołków chropowatości oraz w ob-
jętości, natomiast Rozenberg [27] – mikrozużycie i makrozużycie.

Najczęściej podziału zużycia tribologicznego dokonuje się według kryterium dominującego procesu niszczenia powierzchni tarcia. I tak poszczególni autorzy wyróżniają:

- a) Kostecki [9]:
 - zużywanie mechanochemiczne (dopuszczalne) a w jego ramach zużywanie utleniające (tri-bochemiczne) i quasi-ścierne,
 - uszkodzanie (niedopuszczalne): szepianie I rodzaju, szepianie II rodzaju, fretting, zużywanie ścierne (mechaniczne), zmęczenie powierzchniowe (przy tarcu tocznym), i inne (odkształcenie plastyczne, erozja, korozja, kawitacja),
- b) Barwell [1] – zużywanie: adhezyjne, ścierne, korozyjne i zmęczenie powierzchniowe,
- c) Eyre i Scott [6] – zużywanie: ścierne, adhezyjne, erozyjne, chemiczne i fretting,
- d) Rice [24] – zużywanie: ścierne, adhezyjne, delaminacyjne, zmęczeniowe, korozyjne, dyfuzyjne, stykowo-elektryczne i fretting.

Szczerek i Wiśniewski [33] doliczyli się 16 najczęściej wymienianych mechanizmów zużywania.

Biorąc pod uwagę charakter wzajemnego oddziaływania trących się powierzchni Kragielski [12, 13] wyróżnił oddziaływanie mechaniczne i adhezyjne. Jeśli zachodzi oddziaływanie mechaniczne, to w zależności od rodzaju styku występuje zużywanie wskutek zmęczenia tarcowego (styk sprężysty), zużywanie wskutek bruzdowania i niskocyklowego zmęczenia tarcowego (styk plastyczny) lub mikroskrawanie. Gdy oddziaływanie ma charakter adhezyjny, wówczas może wystąpić naruszenie więzi tarcowej bez oddzielenia cząstki materiału (co sprzyja procesom zmęczeniowym) lub głębokie wyrywanie.

Brinell [13], Czichos [3] i Lawrowski [17] klasyfikują zużycie w zależności od rodzaju ruchu (ślizganie, toczenie, oscylacja, uder). Również rodzaj tarcia, a ściślej rzecz biorąc, obecność warstewki rozdzielającej trące się elementy (smar, ścierniwo, bez warstewki) może być brana pod uwagę jako kryterium podziału zużycia - Brinell [13], Lawrowski [17].

Uwzględniając sposób przejawiania się destrukcji trących się powierzchni, Szczerek i Wiśniewski [33] wyróżnili:

- a) zużywanie kategorii A – zachodzi w sposób ciągły, mierzalny, nie wywołując skutków katastrofalnych,
- b) zużywanie kategorii B – zużywanie o charakterze kumulacyjnym, ma dwa okresy: niejawny, podczas którego następuje akumulacja energii w warstwie wierzchniej i jawny, gdy następuje wykruszanie (różne formy zużywania zmęczeniowego),
- c) zużywanie kategorii C – katastroficzne (zacieranie).

Autorzy poszczególnych klasyfikacji procesów niszczenia powierzchni tarcia posługują się jednym, dwoma lub więcej kryteriami. I tak, jedna z najstarszych klasyfikacji, sporządzona przez Brinella uwzględniała dwa kryteria: rodzaj ruchu (ślizganie, toczenie) i obecność warstewki rozdzielającej trące się elementy (smar, bez smaru, proszek szlifierski).

Warto przytoczyć klasyfikację Petersona – tablica 1, gdyż autor uwzględnia proces niszczący, ale co znacznie ważniejsze – poziom hierarchiczny struktury, na którym on się dokonuje.

Trzema kryteriami posługują się m.in. Czichos [3] i Lawrowski [17].

Czichos [3] uwzględnia:

- a) rodzaj ruchu względnego (ślizganie, toczenie, oscylacje, uder),
- b) rodzaj współdziałających ciał (ciało stałe – ciało stałe, ciało stałe – ciecz, ciało stałe – ciecz z ziarnami ściernymi),
- c) podstawowy proces niszczący.

Lawrowski [17] bierze pod uwagę:

- a) rodzaj ruchu względnego (ślizganie, toczenie),
- b) rodzaj tarcia (suche, mieszane)
- c) podstawowy proces niszczący.

Tab. 1. Klasyfikacja Petersona [13] procesów niszczących spowodowanych tarciem

Tab. 1. Peterson's Classification [13] of destructive processes caused by friction

Lp.	Proces niszczący	Miejsce niszczenia		
		Strefa przypow.	Nierówn. pow.	Objętość
1.	Adhezja i ścinanie szczepień		+	
2.	Niszczenie powierzchni lub odrywanie		+	+
3.	Zmęczenie		+	+
4.	Skrawanie		+	+
5.	Topnienie			+
6.	Reakcja chemiczna			+
7.	Odształcenie plastyczne	+	+	+
8.	Usuwanie produktów reakcji	+		
9.	Odrywanie adhezyjne wskutek kumulacji energii sprężystej		+	+
10.	Zacieranie			+

Ze względu na to, że na proces niszczenia spowodowany tarciem składa się wiele zjawisk, współdziałających ze sobą w sposób trudny do przewidzenia, dlatego zarówno w badaniach jak i przy opracowywaniu klasyfikacji bierze się pod uwagę większą liczbę czynników, m.in.:

- kinematyczne (rodzaj ruchu,...),
- geometryczne (kształt, wymiary, topografia powierzchni...),
- materiałowe,
- działające wymuszenia (rodzaj i wartość obciążenia, prędkość),
- otoczenie.

W różnych klasyfikacjach poszukiwano zacierania. Okazało się że:

- w większości przypadków nie jest ono uwzględniane,
- jest różnie określane, co dobitnie poświadcza zestawienie zawarte w pracy [18], które przytoczono w tablicy 2.

Tab. 2. Określenia dotyczące zacierania, zestawione przez Łuczaka i Mazura, s. 106 [18]

Tab. 2. Terms concerning scuffing, given by Łuczak and Mazur, p. 106 [18]

Zatarcie zimne	Zużycie adhez. I rodz. (na zimno)	Szczepianie I rodz. (adhezyjne)	Zimne zgrzewanie adhezyjne	Głębokie wyry- wanie
Zatarcie gorące	Zużycie adhez. II rodz. (na gorąco)	Szczepianie II rodz. (cieplne)	Gorące zgrzewanie ad- hezyjne	

W związku z takim pomieszczeniem pojęć związanych z zacieraniem, przynajmniej niektóre z nich wymagają analizy i bardziej jednoznacznej, nowej interpretacji.

Dotyczy to w szczególności takich pojęć jak:

- zacieranie,
- zatarcie,
- szczepianie adhezyjne,
- zużywanie adhezyjne.

ANALIZA POJĘĆ: ZACIERANIE I ZATARCIE

W piśmiennictwie dominuje pogląd o adhezyjnym charakterze zacierania. Zacieranie to najbardziej wnikliwie zostało rozpatrzone w pracach Kosteckiego [9, 10, 11]. Należy wyraźnie podkreślić, że autor ten używa określeń: szepianie I rodzaju i szepianie II rodzaju, które bardzo sporadycznie nazywa odpowiednio zacieraniem zimnym i zacieraniem gorącym [11].

Szepianiem I rodzaju Kostecki [9] określa proces powstawania lokalnych połączeń metalicznych, ich odtwarzania i niszczenia z oddzielaniem cząstek metalu lub ich nalepianiem na powierzchnię. Występuje ono podczas tarcia ślizgowego z niewielkimi prędkościami, dużymi naciskami i jest warunkowane intensywnym odkształceniem plastycznym na zimno.

Szepianie II rodzaju (zacieranie gorące) występuje przy dużych prędkościach poślizgu i jest spowodowane silnym nagrzewaniem trących się powierzchni, wskutek czego łatwo ulegają one odkształceniu plastycznemu i tworzą połączenia metaliczne, które z kolei są niszczone przez namazywanie na powierzchnię współpracującą lub zostają oddzielone w postaci cząstek. Na trących się powierzchniach występują także nadtopienia i pęknięcia.

Są to niedopuszczalne rodzaje niszczenia trących się powierzchni.

Kostecki jest autorem prawa adaptacji strukturalnej, zgodnie z którym dla każdego skojarzenia trących się ciał istnieje taki zakres wymuszeń zewnętrznych, w którym tarcie i zużywanie są stabilne i dużo mniejsze niż poza tym zakresem. Ta stabilność wynika z tego, że zachowana jest równowaga dynamiczna między tworzeniem i usuwaniem warstewek reaktywnych, które określa mianem struktur wtórnych. Jeśli ta równowaga zostaje zachwiana, zmienia się charakter i skala destrukcji trących się ciał z mikroskopowej, zachodzącej w obszarze warstewek reakcyjnych, na makroskopową, gdy niszczenie dokonuje się w objętości materiału.

Jeśli czynnikiem aktywującym szepianie jest odkształcenie plastyczne, to mowa jest o szepianiu I rodzaju (zacieranie zimne), a jeśli temperatura – o szepianiu II rodzaju (zacieranie gorące).

Podobnych określeń jak Kostecki używają także między innymi: Golego [8] (szepianie I rodzaju, szepianie II rodzaju), Zorin [35] (zacieranie wskutek szepiania I rodzaju, zacieranie wskutek szepiania II rodzaju) oraz Drozdów i współautorzy [4] (zacieranie zimne, zacieranie gorące). Rozenberg [27] wyróżnia zacieranie: zimne typu adhezyjnego, gorące typu adhezyjnego i typu skrawającego (zadzieranie).

Zacieranie zimne i gorące typu adhezyjnego w ujęciu Rozenberga odpowiada szepianiu I i II rodzaju według Kosteckiego. Natomiast zadzieranie cechuje się tym, że nie jest skutkiem powstawania i niszczenia szepień adhezyjnych, ale ma charakter mechaniczny i polega na skrawaniu jednej powierzchni tarcia przez twarde występy np. wykruszonej warstwy nawęglonej elementu współpracującego.

Kragielski posługuje się terminem „głębokie wrywanie”, traktując je jako niedopuszczalny rodzaj niszczenia powierzchni tarcia. Jeśli ma ono charakter rozproszony, to intensyfikuje zużywanie, ale duże ogniska powodują zacieranie, uniemożliwiające pracę wężla. Kragielski i współautorzy [13] określają zacieranie jako awaryjną formę niszczenia powierzchni tarcia, która w krótkim czasie może spowodować niezdolność skojarzenia do dalszej pracy. W artykule [15] wyróżniono zacieranie zimne i gorące. Zacieranie gorące zachodzi wskutek uplastycznienia lub przemian fazowych trących się materiałów, co jest spowodowane ich silnym nagrzaniem. Występuje ono w ekstremalnych warunkach pracy, gdy ciepło wyzwalone w węzle tarcia nie bilansuje się z ciepłem odprowadzanym do otoczenia. Zacieranie zimne zostało określone jako płynięcie plastyczne obszarów przypowierzchniowych trących się elementów, przy czym temperatura w strefie tarcia nie powoduje istotnych zmian właściwości warstwy wierzchniej [13, 15].

Również jako płynięcie plastyczne, ale nagrzanych ciepłem tarcia obszarów przypowierzchniowych skojarzonych materiałów, traktuje zacieranie (*seizure*) Rozeanu [26]. Chociaż Kostecki oraz Kragielski różnie rozumieją zacieranie, to jednak obaj zgodnie uznają, że jego wystąpienie jest związane z przekształceniem tarcia zewnętrznego między elementami skojarzenia w tarcie wewnętrzne w ich materiale [9, 12, 13, 14]. Podobnie można zinterpretować model Rozeanu [26].

Według Lawrowskiego [17] zatarcie to awaryjna postać wszelkiego rodzaju zużywania. Definiuje je jako niszczenie powierzchni styku elementów współpracujących ruchowo, wywołane patologicznymi procesami zużywania. Zniszczenie to czyni elementy niezdatnymi do dalszej pracy.

Rozróżnienia między zacieraniem a zatarciem w polskim piśmiennictwie dokonał Romanowski [25]. Zacieranie zdefiniował on jako ciąg złożonych zjawisk lawinowo narastającego niszczenia ciał stałych spowodowanego tarcie niedostatecznie smarowanych powierzchni, ich deformacjami plastycznymi, szczepianiem adhezyjnym, topieniem i spawaniem styków, a po przekroczeniu lokalnej wytrzymałości materiału – ścinaniem i zrywaniem warstwy przypowierzchniowej w skali makroskopowej. Lawinowo narastające niszczenie współpracujących elementów, wymuszające zatrzymanie ich względnego ruchu Romanowski nazywa zatarciem.

W artykule przeglądowym Dyson [5] przytoczył definicje ustalone przez Institution of Mechanical Engineers. I tak, *scuffing* jest to poważne uszkodzenie charakteryzujące się tworzeniem lokalnych zespawów między powierzchniami ślizgowymi, a *seizure* zostało określone jako zatrzymanie ruchu w skojarzeniu wskutek tarcia między powierzchniami. Te definicje są w dużej mierze zgodne z podanymi w glosariuszu [7].

Przytoczoną wyżej definicję zacierania (*scuffing*) kwestionuje Barwell [1], twierdząc, że nie odpowiada ona rzeczywistości. Powołuje się on na badania, które wykazały, iż zacieranie jest w zasadzie inicjowane w warunkach odkształceń plastycznych i niekiedy może być przypisane wejściu obcych cząstek w strefę kontaktu.

Według Moore'a [20] zatarcie to nagłe uszkodzenie trących się powierzchni, uniemożliwiające ich dalszy wzajemny ruch. Szczególną cechą tego uszkodzenia jest lawinowe, głębokie niszczenie powierzchni. Przyczyną zatarcia według Moore'a jest przede wszystkim wysoka temperatura elementarnych powierzchni styku wskutek dużych nacisków i prędkości ślizgania.

Powszechnie znana jest hipoteza Bloka. Podaje ona temperaturowe kryterium zacierania. Uwaga zainteresowanych skupia się przede wszystkim na sposobach wyznaczania temperatury krytycznej i na czynnikach mających wpływ na jej wartość. Mniej natomiast wiadomo o zacieraniu, które występuje po jej przekroczeniu. Według Lane'a [16] jest to intensywne (silne) zużywanie.

Niemieccy badacze: Meyer, Kloß i Reichelt [19] określają zacieranie (*Freßverschleiß*) jako progresywną formę zużywania adhezyjnego, które występuje w parach tarcia po przekroczeniu krytycznego obciążenia lub temperatury i doprowadza do zniszczenia obu współpracujących powierzchni.

Terminem zacieranie adhezyjne posługuje się też Sadowski [28, 29]. W odróżnieniu od innych autorów lokalizuje je w mikroskali, między zużywaniem ustalonym a szczepianiem adhezyjnym, w takim zakresie parametrów tarcia, w jakim dominuje jeszcze zużywanie utleniające. Sadowski określa też zacieranie jako proces naruszenia stanu równowagi strukturalnej w styku ciernym [28] lub jako graniczny przypadek zużywania ustabilizowanego [30]. Zbliżony pogląd mają Bujanowski i jego współpracownicy [2, 34]. Traktują oni zacieranie jako „złożoną sytuację” określoną przez dwa niezależne zdarzenia, a mianowicie: desorpcję cząstek środka smarowego i powstanie krytycznej liczby połączeń adhezyjnych między trącymi się powierzchniami.

Rabinowicz [23] posługuje się pojęciem zatarcie, rozumiejąc je jako zatrzymanie ruchu skojarzenia wskutek zwiększonego tarcia. Może ono być spowodowane przeciążeniem węzła (*fric-*

tion seizure) lub wzrostem współczynnika tarcia, czemu towarzyszy uszkodzenie współpracujących powierzchni (*galling seizure*).

Zacieranie jest najczęściej rozumiane jako niszczenie powierzchni tarcia w skali makroskopowej, ale nie ma zgody co do tego, które zjawiska je powodują. Utożsamia się je ze szczepianiem adhezyjnym (na zimno i gorąco), płynięciem plastycznym strefy przypowierzchniowej, zadzieraniem o charakterze mechanicznym itd.

ANALIZA POJĘĆ: SZCZEPIANIE ADHEZYJNE I ZUŻYWANIE ADHEZYJNE

Pojęcie szczepiania adhezyjnego w rozumieniu Kosteckiego zostało już przedstawione. Natomiast Siemionow [31] określa je jako powstawanie silnych oddziaływań między trącymi się metalami. Jest też ono definiowane jako lokalne połączenie dwóch ciał stałych wskutek działania sił molekularnych, zachodzące przy tarcu [32] czy zjawisko połączenia się powierzchni styku trących się ciał wywołane międzycząsteczkowym przyciąganiem materiału obu ciał [21].

Z przedstawionych definicji widać, że szczepianie adhezyjne jest traktowane jako proces:

- a) destrukcji warstwy wierzchniej w skali makroskopowej,
- b) nawiązania więzi (silnych oddziaływań) między trącymi się powierzchniami, bez określania skutków jej naruszenia.

Zużywanie adhezyjne jest określane jako:

1. zużycie powierzchni trących się ciał na skutek powstawania połączeń adhezyjnych oraz ich rozrywania przy ruchu względnym powierzchni [21],
2. niszczenie podpowierzchniowe jednego lub obu materiałów (*w obszarze pojedynczych nierówności*)..., co doprowadza do zacierania [3],
3. powstawanie między wierzchołkami nierówności przeciwnych powierzchni połączeń adhezyjnych i ich natychmiastowe zrywanie, w wyniku czego zużyta powierzchnia jest pokryta wgłębieniami, narostami i bruzdami różnego rodzaju i wielkości [18]; podobną definicję stosuje Lawrowski [17], dodając, że powoduje to na ogół znaczne uszkodzenie powierzchni i jest niedopuszczalne w eksploatacji maszyn,
4. proces zużywania mechanicznego spowodowany zjawiskiem przywierania powierzchni, polegający na przenoszeniu materiału z powierzchni ciała na powierzchnię współpracującą, którego wynikiem jest nieregularne ukształtowanie powierzchni zużytych [22].

Z przedstawionych definicji zużywania adhezyjnego wynika, że najczęściej jest ono lokalizowane w obszarze pojedynczych nierówności, a więc w mikroskali, ale jego skutki są odnoszone do makroskali, co jest z sobą sprzeczne.

PROPOZYCJA UPORZĄDKOWANIA TERMINOLOGII. DEFINICJE WŁASNE

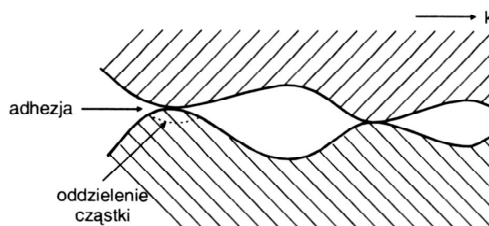
Z przeprowadzonej analizy wynika, że terminologia dotycząca zacierania a także szczepiania i zużywania adhezyjnego nie jest uporządkowana i pojęcia te są niejednoznaczne. Występuje wielość terminów używanych niekiedy zamiennie. W tym kontekście nieco innego określenia wymagają pojęcia: szczepianie adhezyjne, zużywanie adhezyjne, zacieranie i zatarcie tak, aby tworzyły ciąg logiczny.

Szczepianie adhezyjne należy rozumieć tylko jako zjawisko łączenia trących się metali w mikroobszarach elementarnych styków, z wyłączeniem etapu ich niszczenia.

W ogólnym przypadku niszczenie szczepli może odbywać się na trzy sposoby, a mianowicie:

1. bez oddzielenia materiału,
2. z przenoszeniem cząstek bardziej miękkiego materiału na twardszy element i pokrycie go ciągłą warstwą materiału o mniejszej wytrzymałości,
3. z oddzielaniem cząstek materiału z trących się elementów.

Tylko trzeci przypadek ma charakter jednoznacznie destrukcyjny i jeśli zachodzi w obszarach elementarnych styków oraz towarzyszy mu generowanie produktów zużycia, to można go nazwać mianem zużywania adhezyjnego – rys. 1.



Rys. 1. Schemat zużywania adhezyjnego

Fig. 1. Scheme of adhesive wear

Zużywanie adhezyjne jest to oddzielanie cząstek materiału wskutek szczeplania adhezyjnego na elementarnych powierzchniach styku. Należy wyraźnie podkreślić, że zużywanie to jest zlokalizowane w obrębie pojedynczych nierówności, ma zatem charakter „powierzchniowy”, zachodzi ze stałą intensywnością i towarzyszy mu stabilne tarcie.

W odniesieniu do zużywania adhezyjnego wciąż brakuje przekonującej odpowiedzi na następujące pytania:

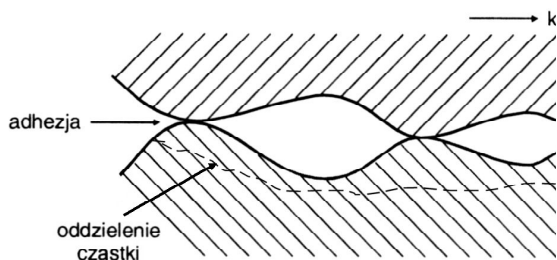
1. Czy oddzielenie cząstki zużycia następuje wskutek jednorazowego oddziaływania między nierównościami powierzchni czy towarzyszy temu okres przygotowawczy?
2. Czy cząstka zużycia pochodzi z jednej pary nierówności czy też powstaje w wyniku wielokrotnego przenoszenia materiału między trącymi się powierzchniami i stanowi konglomerat?

Szczeplenia powstałe na blisko siebie leżących elementarnych powierzchniach styku, mogą być niszczone pojedynczo (zużywanie adhezyjne) ale mogą być też przyczyną przeniesienia tarcia w głąb warstwy wierzchniej i wyrywania z niej materiału - rys. 2, wtedy, gdy wytrzymałość szczepli adhezyjnych jest większa niż materiału głębiej leżącego.

Jeżeli obszar, na którym na blisko siebie leżących elementarnych powierzchniach styku nastąpiło utworzenie szczepli adhezyjnych, przekroczy pewien wymiar krytyczny, to można go określić mianem ogniska zacierania adhezyjnego i zdefiniować następująco: **Ognisko zacierania adhezyjnego jest to obszar szczeplania adhezyjnego o wymiarze krytycznym, którego dalsze powiększanie i niszczenie implikuje niestabilność tarcia wskutek przeniesienia tarcia w głąb warstwy wierzchniej oraz uszkodzanie trących się ciał ze zwiększającą się szybkością.**

W tym kontekście **zacieranie adhezyjne można określić jako uszkodzanie warstwy wierzchniej trących się elementów ze zwiększającą się szybkością, spowodowane przeniesieniem tarcia w głąb warstwy wierzchniej wskutek powstawania i niszczenia ognisk zacierania adhezyjnego.**

Natomiast zatarcie adhezyjne to zatrzymanie ruchu węzła ślizgowego i trwałe jego uszkodzenie wskutek dominacji tarcia zlokalizowanego w głębi warstwy wierzchniej, wskutek powstawania i niszczenia ognisk zacierania adhezyjnego.



Rys. 2. Schemat ogniska zacierania adhezyjnego.

Fig. 2. Scheme of adhesive scuffing focus

ZAKOŃCZENIE

W artykule przeanalizowano, spotykane w piśmiennictwie, interpretacje pojęć: szczepianie zużywanie, zacieranie i zatarcie adhezyjne. Wykazano, że pojęcia te są różnie rozumiane. Przyjmując pewien wyidealizowany przebieg procesów w obszarze tarcia, zaproponowano jednoznaczne i spełniające warunek rozdzielnosci (w przekonaniu autora) zdefiniowanie wspomnianych pojęć. Pozwala to wyraźnie rozróżnić zużywanie adhezyjne, zacieranie i zatarcie adhezyjne. Ponadto zacieranie adhezyjne zinterpretowano w dziedzinie tarcia przyjmując, że jest ono skutkiem przeniesienia tarcia z powierzchni w głąb warstwy wierzchniej, co implikuje jej niszczenie (a nie zużywanie).

LITERATURA

1. Barwell F.T.: Łożyskowanie. WN-T, Warszawa 1984.
2. Bujanovskij I.A.: Temperaturno-kineticheskij metod ocenki temperaturnykh predolov rabotosposobnosti smazochnykh materialov pri tzhzhelykh rezhimach granichnoj smazki. *Trenie i Iznos* 1993, 1, 129-142.
3. Czichos H.: Tribology. A systems approach to the science and technology of friction, lubrication and wear. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam – Oxford – New York 1978. (Tłumaczenie na j. rosyjski Mir, Moskva 1982).
4. Drozdov Ju. N., Pawlov V. G., Puchkov V. N.: Trenie i iznos v ekstremalnykh usloviyakh. Mashinostroenie, Moskva 1986.
5. Dyson A.: Scuffing - a review. *Tribology Int* 1975, April, 77-87.
6. Eyre T.S., Scott D.: Wear Resistance of Metals. Academic Pres, New York 1977.
7. Glossary of terms and definitions in the field of friction, wear and lubrication - tribology. Appendix to : Wear Control Handbook of ASME. ASME, New York 1980.
8. Golego N. L.: Skhvatyvanie v mashinach i metody ego ustranienija. Technika, Kiev 1965.
9. Kosteckij B. I.: Trenie, smazka i iznos v mashinach. Technika, Kiev 1970.
10. Kosteckij B.I. (red): Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin. Technika, Kiev 1975a.
11. Kosteckij B.I. (red): Poverkhnostnaja prochnost' materialov pri trenii. Technika. Kiev 1975b.

12. Kragelskij I. V.: *Trenie i iznos*. Mashinostroenie, Moskva 1968.
13. Kragelskij I. V., Dobychin M. N., Komalov W. S.: *Osnovy raschetov na trenie i iznos*. Mashinostroenie, Moskva 1977.
14. Kragelskij I. V.: Frikcionnoe vzaimodejstvie tverdykh tel, *Trenie i Iznos* 1980, 1, s. 12-29
15. Kragelskij I. V., Alekseev N. M., Fisun L. E., 1980: O prirode zaedaniya pri suchom i granichnom trenii, *Trenie i Iznos* 1980, 2, s. 197-208.
16. Lane T.B.: Physics of lubrication. *British Journal of Applied Physics*, Suppl. 1951, 1. (Tłum. na j.ros. 1953, *Trenie i granichnaja smazka*, Izd. inostr. lit., Moskva).
17. Lawrowski Z.: *Tribologia. Tarcie, zużywanie i smarowanie*. Oficyna Wyd. Pol. Wrocław, Wrocław 2008.
18. Łuczak A., Mazur T.: *Fizyczne starzenie elementów maszyn*. Warszawa, WNT 1981.
19. Meyer K., Kloth H., Reichelt F.: Übertragbarkeit von Freßverschleißergebnissen aus Modellapparaturen auf praxisnahe Bedingungen, Teil I: Grundlagen und Kriterien zur Bewertung des ep-Verhaltens von Schmierstoffen. *Schmierungstechnik* 1990, 10, s. 299-302; 11, s. 335-338.
20. Moore D.F.: *Principles and applications of tribology*. Pergamon Press, New York 1975. (Tłum. na j.ros., Mir, Moskva 1978).
21. PN- 91/M-04301 *Tribologia. Terminologia podstawowa*.
22. PN-91/M-87052 *Łożyska ślizgowe. Tarcie i zużycie. Terminologia i klasyfikacja*.
23. Rabinowicz E.: Friction seizure and galling seizure. *Wear* 1979, 25, 3, 357-363.
24. Rice S.L.: Variations in Wear Resistance Due to Microstructural Conditions. *Tribology* 1979, s. 25 – 29.
25. Romanowski E.: Analiza ważniejszych hipotez zacierania, *Zag. Ekspł. Maszyn* 1981, 2, 49-68.
26. Rozeanu L.: A model for seizure, *ASLE Trans.* 1973, 16, 2, 115-120.
27. Rozenberg Ju. A.: Vlijaniye smazochnykh masel na nadezhnost' i dolgovechnost' mashin, *Mashinostroenie*. Moskva 1970.
28. Sadowski J.: Kryterium zacierania adhezyjnego powierzchni metali. *Zag. Ekspł. Maszyn* 1980, 3, 247-263.
29. Sadowski J.: *Cieplno-mechaniczne podstawy zużywania utleniającego towarzyszącego tarcia zewnętrznemu metali*. Wyd. WSI w Radomiu, Radom 1984.
30. Sadowski J.: O możliwościach termodynamicznej interpretacji tarcia, w: *Mat. XVIII Jesiennej Szkoły Tribologicznej, Cz. I - Zjawiska w strefie tarcia*. Kołobrzeg 1992, 63-96.
31. Semenow A. P.: Skhvatyvanie metallv i metody ego predotvrashheniya pri trenii. *Trenie i Iznos* 1980, 2, 236 – 246.
32. *Słovar* – *spravochnik po treniju, iznosu i smazke detalej mashin*. Naukova Dumka, Kiev 1979.
33. Szczerek M., Wiśniewski M.: Podział zużycia z uwagi na sposób detekcji. *Tribologia i trybotechnika*. Praca zbiorowa, Wyd ITeE, Radom 2000.
34. Vasil'ev Ju. N., Bujanovskij I. A., Matveevskij R. M.: Model' zaedaniya pri granichnoj smazkie. Raschetno-eksperimental'nye metody ocenki treniya i Iznota. Nauka, Moskva 1980, 65-69.
35. Zorin V.A.: *Osnovy dolgovechnosti stroitelnykh i dorozhnykh mashin*. Mashinostroenie, Moskva 1986,

AN ANALYSIS OF NOTIONS CONCERNING ADHESIVE SCUFFING. NEW DEFINITION OF SCUFFING

Summary. This paper arranges such notions as: scuffing, seizure, tacking and adhesive wear. The scuffing notion is analysed. There is introduced a notion of a scuffing centre as an adhesive tacking area of a critical seize whose further increase and failure implies friction instability being in the effect of its transition inside

the surface layer as well as the damage of bodies frictioning with an increased speed. The author's own definitions of seizure and scuffing are proposed. Seizure is determined as stopped motion of a sliding pair in the effect of friction dominating inside the surface layer and causing fast damage of the pair. Scuffing, however, is defined as a set of phenomena occurring in the sliding pair, localised mainly inside the surface layer and causing increased and unstable friction whose development can cause seizure.

Key words: tacking, adhesive wear, adhesive scuffing, seizure.