ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1969

Seria: MECHANIKA z. 41 Nr kol. 261

ZBIGNIEW AFFANASOWICZ

ADHEZYJNE I DYFUZYJNE ZUŻYWANIE SIĘ OSTRZY ZE SPIEKANYCH WĘGLIKÓW METALI PRZY TOCZENIU ŻELIWA UTWARDZANEGO

Streszczenie: Omówiono technikę i wyniki badań przeprowadzonych w celu stwierdzenia możliwości udziału zjawiska adhezji i dyfuzji w procesie zużywanie się ostrzy ze spiekanych węglików metali przy toczeniu żeliwa utwardzonego o twardości 480 HB. Możliwości te wynikają z szeregu zaobserwowanych zjawisk, które sprawiają, że proces skrawania tego żeliwa jest w dużym stopniu zbliżony do procesu skrawania stali.

1. Wstęp

Przedmiotem opracowania są wyniki badań, jakie przeprowadzono celem ustalenia możliwości udziału zjawiska adhezji (sczepienia) i dyfuzji w procesie zużywania się ostrzy ze spiekanych węglików metali przy toczeniu żeliwa utwardzonego o twardości około 480 HB. Badania te są częścią szerokiego programu doświadczalnego, jaki zrealizowano dla przeanalizowania procesu zużywania się ostrza w warunkach skrawania tego żeliwa. Analiza taka ma duże znaczenie dla praktycznego opanowania obróbki toczeniem żeliwa utwardzonego, które z uwagi na wysoką twardość sprawia wiele trudności w tym zakresie.

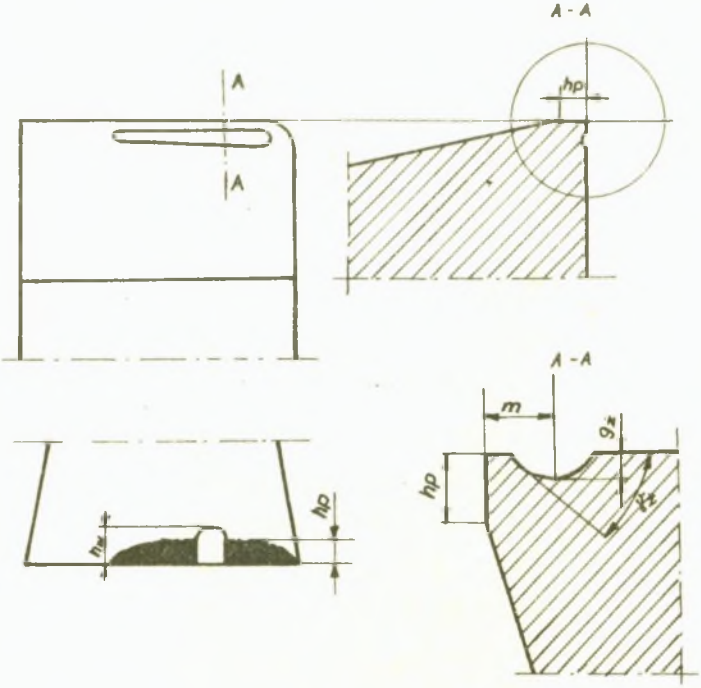
Już wstępne próby ujawniły, że proces skrawania tego gatunku żeliwa charakteryzuje szereg cech, bardziej typowych dla skrawania stali, niż dla żeliw w ogóle. Można tu wymienić: sposób tępienia się ostrza, formę powstających wiórów, wysoką temperaturę sty-

kową między ostrzem a materiałem skrawanym oraz narost na ostrzu, bardzo silnie przylegający do powierzchni natarcia. Wymienione cechy pozwalają przypuszczać, że proces zużywania się ostrzy ze spiekanych węglików przy skrawaniu żeliwa utwardzonego będzie w swej fizykalnej i fizykochemicznej istocie bardzo zbliżony do procesu zużywania się ostrza przy skrawaniu stali.

2. Przebieg zużywania się ostrza

Podczas toczenia żeliwa utwardzonego ostrza ze spieków zużywają się na powierzchni przyłożenia i na powierzchni natarcia, niezależnie od warunków skrawania i rodzaju toczenia (toczenie zgrubne i półwykańczające). Zużycie na powierzchni przyłożenia ma postać starcia o szerokości h_p, natomiast zużycie na powierzchni natarcia ma postać żłobka określonego błębokością ($g_ż$) i odległością jego środka od krawędzi skrawającej (m) (rys. 1). Ukształtowanie żłobka charakteryzuje się za pomocą współczynnika kształtu żłobka $K = \frac{g_ż}{m}$. W czasie skrawania powierzchnia żłobka spełnia rolę czynnej powierzchni natarcia o zmiennym kącie γ. Zarówno na powierzchni starcia, jak i na powierzchni żłobka występują liczne rysy oraz bruzdy świadczące o tym, że produkty zużycia przemieszczają się względem obu głównym powierzchni ostrza.

Poza wymienionymi objawami zużycia występują jeszcze wykruszenia ostrza (szczególnie przy toczeniu zgrubnym), które swym zasięgiem obejmują głównie powierzchnię przyłożenia. Długość tych wykruszeń jest oznaczana parametrem h_w.



hp - szerokość starcia na powierzchni przyłożenia
h_N - szerokość wykruszenia od strony powierzchni przyłożenia
g_z - głębokość żłobka
s_z - szerokość żłobka
m - odległość środka żłobka od krawędzi skrawającej

Rys. 1. Parametry zużycia ostrza

3. Materiały użyte do badań

Badania przeprowadzono na żeliwie utwardzonym, którego skład chemiczny przedstawia się następująco:

C = 3,12 ÷ 3,46%; Mn = 0,22 ÷ 0,49%; Si = 0,46 ÷ 0,63%;

P = 0,40 ÷ 0,48%; S = 0,024 ÷ 0,060%; Cr = 0,03 ÷ 0,19%;

Ni = 0,00 ÷ 0,59%; Mo = 0,09 ÷ 0,31%;

Jak wykazały analizy cały węgiel zawarty w tym żeliwie jest chemicznie związany głównie z żelazem w postaci cementytu.

Struktura żeliwa utwardzonego o zawartości węgla w granicach 3,12 do 3,46 jest strukturą ledeburytyczną, składającą się z ledeburytu przemienionego, ziarn perlitu oraz cementytu wtórnego (rys. 2). Ilość cementytu w strukturze warstwy utwardzonej wynosi 39,4 do 45,2%. Efekt utwardzenia uzyskuje się na drodze szybkiego chłodzenia płynnego stopu przez metalową kokilę.

Rys. 2. Struktura żeliwa utwardzonego

Jako materiału ostrza użyto spieku wolframowego H10 produkcji krajowej. Spiek ten składa się z 94% węglika wolframu WC i 6% kobaltu Co. Jego twardość w skali Rockwella A wynosi 91 HRA, a wytrzymałość na zginanie R_g = 150 kG/mm^2.

4. Zużycie adhezyjne (przez sczepianie)

4.1. Charakterystyka zagadnienia

Podczas badania wpływu zmiennych warunków skrawania na zużywanie się ostrza zauważono zarówno na powierzchni starcia, jak i na powierzchni żłobka liczne wgłębienia o kształcie małych kraterów, które były początkiem rys. Zaobserwowane zjawisko nasunęło przypuszczenie, że w czasie tarcia materiału skrawanego o czynne powierzchnie ostrza dochodzi do sczepień między tymi materiałami, które na skutek wzajemnego ich ruchu ulegają rozerwaniu, powodując uszkodzenia powierzchni ostrza. Sczepianie zatem jako szczególny przypadek adhezji byłoby jedną z przyczyn zużywania się ostrza z węglików spiekanych przy skrawaniu żeliwa utwardzonego. Jak wynika z literatury zagadnienie to nie było dotychczas przedmiotem badań w odniesieniu do skrawania żeliw.

Teorię adhezyjnego zużycia (zużycia przez sczepianie) opracował T.N. Łoładze [1], opierając się na poglądzie, że adhezja jest zjawiskiem polegającym na sczepieniu dwóch ciał stałych, doprowadzonych do stanu metalicznego styku siłami molekularnymi Van der Waalsa. Według dzisiejszych poglądów [2] definicję tę uzupełnia się zastrzeżeniem, że połączenie siłami przyciągania musi być trwałe i bezdyfuzyjne.

Warunkiem powstania sczepienia oprócz metalicznego styku ciał jest odpowiednio duża powierzchnia elementarnego styku oraz konieczność pokonania tzw. bariery energetycznej wiązania. Do metalicznego styku dwóch ciał może dojść wówczas, gdy w punktach styku zostaną rozerwane warstewki tlenków i adsorbowanych gazów, co może nastąpić jedynie w wyniku odkształcenia plastycznego obu materiałów w tych punktach.

Złącze adhezyjne (sczepienie) polega na powstaniu przejściowej siatki krystalicznej na granicy styku ciał. Wytrzymałość wiązania zależy od wartości sił wiązania oraz od defektów sieci przejściowej, które wiązanie to osłabiają. Rozerwanie więzi na skutek wzajemnego ruchu ciał następuje zawsze po linii najmniejszego oporu [3], która najczęściej przebiega po stronie materiału o mniejszej twardości. Nie wyklucza to jednak możliwości rozerwania złącza po stronie materiału twardszego. Sprzyjają temu jego własności w podwyższonych temperaturach, liczne wady materiałowe oraz procesy dokonujące się w warstwie wierzchniej na skutek tarcia [1].

4.2. Sposób przeprowadzenia prób

Zjawisko adhezji przy skrawaniu żeliwa utwardzonego badano w ten sposób, że ostrzem o wypolerowanej powierzchni natarcia przeprowadzono krótką (kilkusekundową) próbę skrawania, po której ostrze trawiono odczynnikiem rozpuszczającym materiał skrawany, a następnie obserwowano na mikroskopie metalograficznym czynną powierzchnię natarcia. Obserwacja ta pozwoliła stwierdzić, czy w czasie skrawania nastąpiło uszkodzenie powierzchni ostrza, a jeżeli tak, to jaki kształt mają te uszkodzenia i jak są rozmieszczone. Warto podkreślić, że przy tak krótkich próbach skrawania cieplne warunki na ostrzu nie były jeszcze ustalone tzn. że średnie temperatury stykowe nie osiągnęły wartości odpowiadających danym parametrom skrawania przy skrawaniu ciągłym. Przedłużanie prób skrawania nie było jednak możliwe, gdyż doprowadziłoby do zatarcia granicy między zużyciem przez sczepianie a innymi elementami składowymi tego procesu, które mogłyby wystąpić. Na czynnej powierzchni styku ostrza z wiórem zniknęłyby całkowicie ślady polerowania, a wówczas faktura takiej powierzchni nie pozwoliłaby na wyodrębnienie badanego zjawiska.

Badanie zużycia adhezyjnego przeprowadzono ostrzami ze spieku H10 o kącie natarcia $\gamma = 0^{\circ}$ i kącie przyłożenia $\alpha = 5^{\circ}$. Ostrza szlifowano najpierw ściernicą diamentową o numerze ziarna 3, następnie docierano powierzchnię natarcia na płycie żeliwnej przy użyciu węglika boru o numerze ziarna 14 i oleju wrzecionowego, a wreszcie polerowano na lustrzany połysk. Polerowanie to przeprowadzono na wirującej tarczy z drewna bukowego przy użyciu mikroproszku diamentowego o wymiarze ziarna 3,5 do 5μ oraz oleju wrzecionowego. Na wypolerowanej powierzchni natarcia wykonano znacznikiem diamentowym (prostopadle do krawędzi skrawającej) cienką rysk̨ę oznaczającą miejsce, które w czasie badań będzie fotografowane. Tak przygotowane ostrze przeszlifowywano ściernicą diamentową od strony powierzchni przyłożenia, celem usunięcia zaokrąglenia krawędzi skrawającej, które towarzyszy każdemu polerowaniu, a które uniemożliwia wykonanie ostrych zdjęć.

Ponieważ spieki zawierają pory i wtrącenia grafitu, dlatego na powierzchni polerowanej obserwuje się pewną ilość punktów różnej wielkości, które przy końcowej obserwacji powierzchni ostrza po skrawaniu i trawieniu, mogłyby zniekształcić jej obraz. Celem uniknięcia tego powierzchnię natarcia fotografowano po polerowaniu.

Próby skrawania przeprowadzono w dwóch seriach, a to przy stałym czasie skrawania wynoszącym $\tau = 5$ s i przy sześciu zmiennych szybkościach skrawania oraz przy stałej drodze skrawania $L = 1000$ mm i przy trzech szybkościach. W obu seriach prób czas skrawania mierzono od momentu, w którym po włączeniu posuwu zaczął po powierzchni natarcia spływać wiór, do momentu wyłączenia posuwu suportu. Czas ten mierzono z dokładnością 0,2 do 0,3 sekundy.

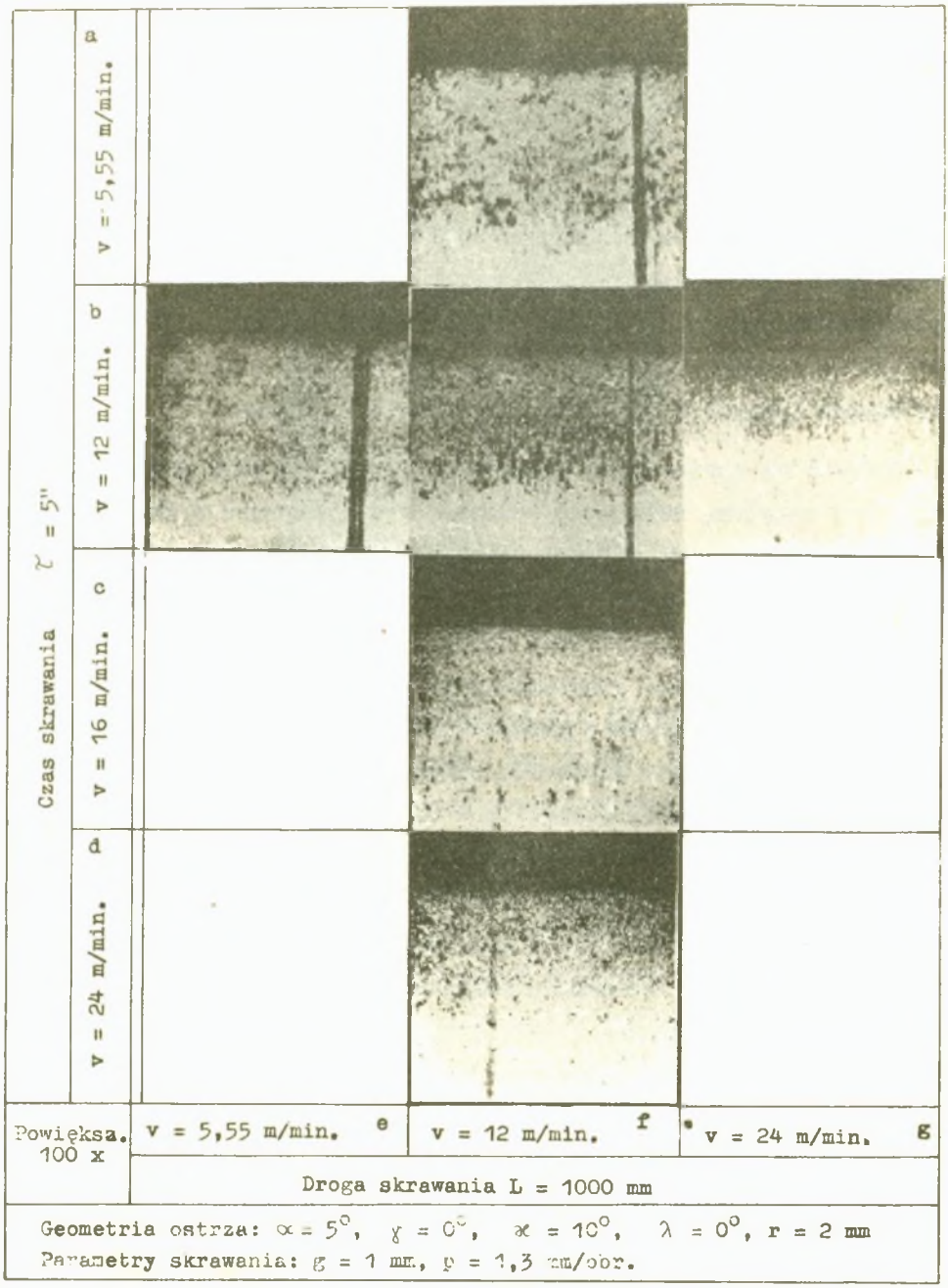
Jako materiału skrawanego używano grubościennej tulei z żeliwa utwardzonego, którą zamocowano w uchwycie szczękowym tokarki o bezstopniowej regulacji szybkości obrotowej wrzeciona i podparto kłem konika.

Po skrawaniu ostrze fotografowano, a następnie trawiono 3%-wym alkoholowym roztworem kwasu azotowego, przemywano alkoholem etylowym i suszono, po czym ponownie fotografowano czynne powierzchnie natarcia na mikroskopie metalograficznym. Powierzchnie te po skrawaniu zawsze są pokryte cienką warstewką materiału skrawanego, którą można usunąć tylko trawieniem.

4.3. Analiza mikrofotografii powierzchni natarcia

Na rysunku 3 przedstawiono dokumentację fotograficzną badania zjawiska adhezji. Wszystkie zdjęcia wykazują uszkodzenia czynnych powierzchni natarcia, których nie było na nich przed próbami skrawania. Uszkodzenia te mają postać płytkich wyrw o nieregularnych kształtach oraz okrągłych kraterów. Największe wymiary wyrw osiągają 0,04 mm, a średnice kraterów 0,01 mm. Wymiary te potwierdzają głoszony przez T.N. Łoładzego pogląd, [1], że wyrwane na skutek rozerwania sczepienia cząsteczki spieku są zawsze większe od elementarnych ziarn składników wchodzących w jego skład. W przypadku spieku H10 wielkość tych ziarn wynosi przeciętnie około 0,001 mm.

Z dokumentacji fotograficznej wynika, że przy małych szybkościach skrawania niezależnie od tego, czy próby skrawania były wykonane przy stałym czasie, czy też przy stałej drodze skrawania, wyrwy przeważają powierzchniowo nad kraterami (rys. 3a, b, e, f) natomiast przy szybkościach większych jest odwrotnie (rys. 3c, d, g). Wyrwy, które na zdjęciach mają postać plam o różnych kształtach i wielkościach, tak się układają na czynnych powierzchniach natarcia, że wyrwy wymiarowo małe leżą bliżej krawędzi skrawającej, a wyrwy większe w głębi powierzchni natarcia. Między wyrwami widoczne są okrągłe i jasne kratery. Przy większych szybkościach skrawania cała czynna powierzchnia natarcia jest uszkodzona bardziej równomiernie, niż przy szybkościach małych. Można wówczas zauważyć, że kratery są początkiem rys, co szczególnie wyraźnie



Rys. 3. Wpływ szybkości skrawania na zjawisko adhezji na powierzchni natarcia (pow. 100 x)

jest widoczne na zdjęciu 3c. Świadczy to o tym, że wyrwane cząsteczki spieków oddziaływują ściernie na materiał ostrza. Można też sądzić, że wyrwane większe cząsteczki spieku działania takiego raczej nie wywołują, albowiem nie zauważono by wyrwy były początkiem rysy. Wydaje się więc, że w ściernym działaniu wyrwanych cząsteczek spieku decyduje ich kształt oraz położenie względem powierzchni ostrza, po której się przemieszczają.

5. Udział dyfuzji w procesie zużywania się ostrza

Zużycie na powierzchni natarcia w postaci żłobka oraz forma wiórów o ciągłym, wstęgowym podłożu, w skojarzeniu z własnościami mechanicznymi żeliwa utwardzonego nasunęły przypuszczenie, że na powierzchni styku ostrza z wiórem panuje wysoka temperatura, mogąca wywołać proces intensywnej dyfuzji między materiałem ostrza a materiałem skrawanym. Przypuszczenie to potwierdziły pomiary średniej temperatury stykowej przeprowadzone metodą termoelementu naturalnego. W zakresie szybkości skrawania $v = 5 \div 10$ m/min, głębokości $g = 2 \div 4$ mm oraz posuwu $p = 0,7 \div 2,0$ mm/obr i przy kącie przystawienia $\varkappa = 10^{\circ}$, temperatury te wahają się w granicach 600 do 750°C. Zdaniem niektórych autorów [4, 5, 6] najwyższe temperatury w strefie styku ostrza z materiałem skrawanym mogą osiągnąć 1100 do 1325°C przy skrawaniu stali spiekami.

W przypadku skrawania żeliwa utwardzonego, dla podanego zakresu parametrów skrawania, temperatury te można ocenić na 800 do 1000°C i wyżej. Realność tak wysokich temperatur potwierdzają badania metalograficzne narostu tworzącego się na ostrzu (rys. 4). W jego strukturze widoczne są plastycznie odkształcone ziarna cementytu, świadczące o tym, że panująca w czasie skrawania temperatura musiała być wyższa od 850°C albowiem dopiero wówczas cementyt odkształca się plastycznie [7].

Rys. 4. Struktura narostu (pow. 500 x)

Udział dyfuzji w procesie zużywania się ostrzy ze spiekanych węglików przy skrawaniu żeliw jest, jak dotąd, stosunkowo mało zbadany. Badania, które dotychczas przeprowadzono w tym zakresie dotyczyły skrawania żeliw szarych [8, 9, 10, 11, 12]. Na ich podstawie ustalono, że z żeliwa szarego, zawierającego grafit, dyfunduje do spieku (a ściśle do jego fazy kobaltowej) węgiel i żelazo. Dotychczas nie podejmowano badań możliwości udziału dyfuzji w procesie zużywania się ostrzy z węglików spiekanych przy skrawaniu żeliwa utwardzonego.

5.1. Metoda badania

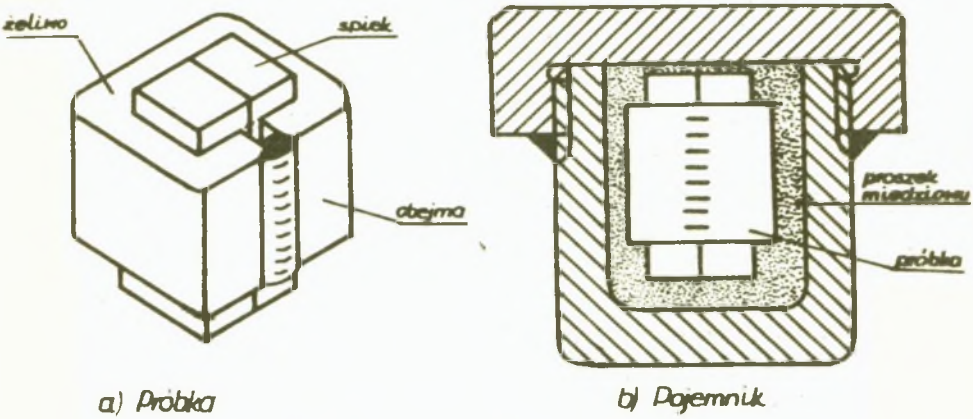
Celem stwierdzenia czy w czasie skrawania żeliwa ostrzami ze spieków zachodzi proces dyfuzji, należało ustalić temperaturę, w której proces ten zaczyna przebiegać intensywnie.

W tym celu zastosowano metodę metalograficzną przy statycznym modelowaniu zjawiska poza procesem skrawania. Polega ona na metalograficznym badaniu strefy styku dwóch dokładnie przylegających kostek (jednej ze spieku, a drugiej z żeliwa utwardzonego), wygrzewanych przez 30 minut bez dostępu powietrza w odpowiednio dobranych temperaturach. Metoda ta posiada tę wadę, że na powierzchni styku kostek w czasie wygrzewania nie ma takich warunków, jakie panują w czasie skrawania. Wymienić tu można: charakter styku powierzchni, szybkość wzajemnego ruchu, stan naprężeń w warstwie wierzchniej stykających się ciał, odkształcenia plastyczne materiałów w punktach styku i ich szybkość, gradient temperatury oraz siły termoelektryczne. Mimo tych wad obrana metoda daje niewątpliwie pogląd na badane zagadnienie.

5.2. Przygotowanie i wygrzewanie próbek oraz przygotowanie zgładów

Do badań użyto kostek ze spieku H10 i żeliwa utwardzonego o wymiarach 5 x 5 x 15 mm. Jedną ich płaszczyznę dokładnie docierano i polerowano, a następnie, po przemyciu spirytusem etylowym i osuszeniu, kostki te zestawiano parami i umieszczano w stalowych obejmach, które po zespawaniu końców zapewniały właściwy docisk na powierzchni ich styku (rys. 5a).

Tak przygotowane próbki wygrzewano w atmosferze obojętnej przez 30 minut w temperaturach 800°, 900°, 1000°, 1100°, 1200° i 1250°C. Próbki grzano i chłodzono w ten sposób, aby w zakresie temperatur, w których można się już spodziewać dyfuzji (a więc powyżej 800°C) jak najszybciej osiągnęły przewidzianą temperaturę wygrzewania i również jak najszybciej były chłodzone. W tym celu próbki umieszczone w szczelnych stalowych pojemnikach grzano wstępnie do 600°C w piecu komorowym, po czym przenoszono je do drugiego pieca komorowego nagrzanego do temperatury wygrzewania (rys. 5b). Po 30 minutach wygrzewania próbki chłodzono szybko do 550°C w piecu sol-



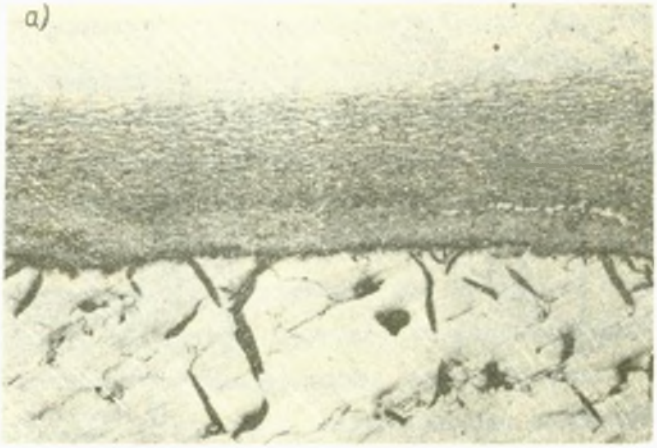
Rys. 5. Przygotowanie próbki do wygrzewania
a) próbka, b) pojemnik

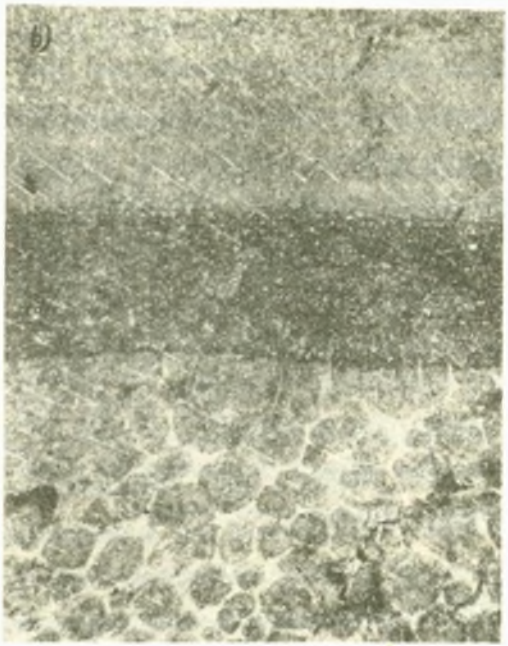
nym, po czym dalsze chłodzenie odbywało się już na powietrzu. Wypełnienie wolnego miejsca w pojemnikach proszkiem miedzianym zapewniało wygrzewanie próbek w atmosferze obojętnej, przy zachowaniu założonych warunków grzania i chłodzenia.

Próbki po wyjęciu z pojemników i oczyszczeniu szlifowano prostopadle do płaszczyzny styku kostek, a po odjęciu w ten sposób warstwy grubości 1÷2 mm, wykonano zgłady, które następnie obserwowano na mikroskopie metalograficznym, fotografując przy tym po raz pierwszy strefę styku obu materiałów. Po raz drugi strefę tę fotografowano po trawieniu zgładu odczynnikiem złożonym z chlorku żelaza, kwasu solnego i alkoholu etylowego.

5.3. Analiza zgładów

Z otrzymanych struktur wynika, że wyraźna dyfuzja między spiekiem H10 i badanym żeliwem zaczyna się w temperaturze około 1000°C. W temperaturze 1100°C strefa dyfuzyjna po stronie spieku jest już bardzo wyraźnie ukształtowana, a jej grubość wynosi około





Rys. 6. Struktura strefy styku spieku H10 z żeliwem utwardzonym po wygrzewaniu przez 30 min. w temperaturze 1100°C (pow. 100 x)

a - zgład nie trawiony, b - zgład trawiony

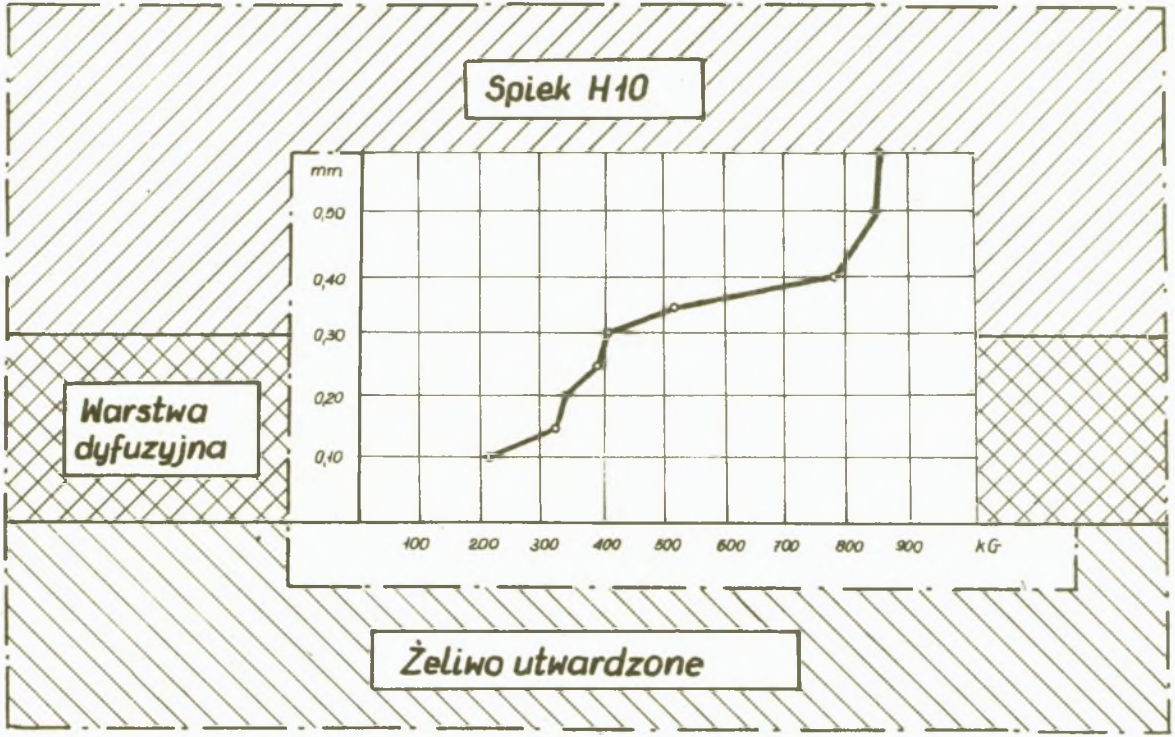
0,3 mm (rys. 6a i 6b). Na zdjęciu 6b widoczne jest zaczernienie struktury spieku od strony styku z żeliwem. Zaczernienie to jeszcze lepiej widoczne jest na zgładzie nie trawionym (rys. 6a), z którego wynika, że osnowa między węglikami wydatnie się pogrubiła, co ujawnia się ciemnymi żyłkami lub pasmami o charakterze falistym.

Analizując to zjawisko najbardziej prawdopodobna wydaje się dyfuzja żelaza do spieku po granicach ziarn węglików, w wyniku czego następuje pogrubienie osnowy. Dyfuzja węgla ze spieku do żeliwa nie jest praktycznie możliwa, ponieważ w temperaturze 1000°C żeliwo występuje w postaci austenitu nasyconego węglem. Również nie jest możliwa dyfuzja węgla w kierunku przeciwnym, gdyż węglik wolframu jest związkiem trwałym nasyconym węglem, zaś kobalt wykazuje małe powinowactwo do węgla. Dyfuzja żelaza do spieku jest więc najbardziej uzasadniona, gdyż zawarty w niej kobalt, jako następny po żelazie pierwiastek w okresowym układzie Mendelejewa, tworzy łatwo roztwór stały.

Pomiary mikrotwardości warstwy dyfuzyjnej, uzyskanej w wyniku wygrzewania próbki w temperaturze 1100°C, przeprowadzone mikrotwardościomierzem Hannemana przy obciążeniu 40 G wykazują, że w strefie brzegowej tej warstwy jej twardość jest przeciętnie czterokrotnie mniejsza od twardości spieku poza obrębem warstwy dyfuzyjnej (rys. 7). Te same pomiary wykazują także, że zmiana twardości na granicy warstwy dyfuzyjnej i spieku nie naruszonego procesem dyfuzji dokonuje się stopniowo.

6. Wnioski

Podczas skrawania żeliwa utwardzonego toczeniem, występuje zjawisko adhezji (sczepiania), które prowadzi do uszkodzeń czynnej powierzchni natarcia ostrza ze spiekanych węglików. Uszkodzenia te przy małych szybkościach skrawania ($v < 10$ m/min) mają przeważ-



Uwagi: Pomiary przeprowadzono przy obciążeniu 40 G.
Wyznaczone mikrotwardości są średnimi z trzech pomiarów.

Rys. 7. Rozkład mikrotwardości w warstwie dyfuzyjnej po stronie spieku

nie postać wyrw, natomiast przy szybkościach większych postać kraterów. Wyrwane cząsteczki materiału ostrza, szczególnie te, które pozostawiają po sobie kratery, żłobią rysy na czynnych powierzchniach natarcia.

Między spiekiem H10, a żeliwem utwardzonym zachodzi szybka dyfuzja już w temperaturze 1000°C. Zarówno pomiary średniej temperatury stykowej, jak i fakt plastycznego odkształcania się ziarn cementytu w naroście i w warstwie wierzchniej materiału obrobionego świadczą o tym, że podczas toczenia żeliwa utwardzonego istnieją na ostrzu ze spieku warunki cieplne dla wywołania procesu dyfuzji. W jego wyniku z żeliwa do spieku dyfunduje żelazo, które zwiększa w nim ilość miękkiej osnowy i tym samym powoduje obniżenie twardości warstwy wierzchniej ostrza, czyniąc ją w ten sposób podatną na ścieranie.

LITERATURA

[1] Łoładze T.N.: Iznos riežuščego instrumienta, Mašgiz - Moskwa 1958.

[2] Zięba S., Solski P.: Zagadnienia tarcia suchego, PWN 1965

[3] Bowden F., Tabor D.: Tarcie i smarowanie, PWN 1962.

[4] Küsters K.J.: Das Temperaturfeld am Drehmeissel, "Forschrittliche Fertigung und moderne Werkzeugmaschinen" VII Aachener Werzeugmaschinen-Colloqwium 1954.

[5] Łoładze T.N.: Das Zusammenwirken von Werkzeug- und Werkstückstoff beim Schneiden von Metallen, Industrie Anzeiger 1959, nr 62.

[6] Trent E.M.: Some factors affecting wear on cemented carbide tools, Machinery 1951 vol. 79.

[7] Jellinghaus W.: Massiwer Zementit, Archiv für Eisenhüttenwesen 1966, nr 2.

[8] Osterman G.: Beobachtungen über den Verschleiss bei Hartmetallwerkzeugen, Industrie Anzeiger 1958, nr 11.

[9] Vieregge G.: Der Werkzeugverschleiss bei der spanabhebenden Bearbeitung in Spigel der Verschleiss - Schnittgeschwindigkeits - Kurven, Stahl und Eisen 1957, nr 13.

[10] Vieregge G.: Zerspanung der Eisenwerkstoffe, Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1959.

[11] Müller M.: Der Verschleiss von Hartmetallwerkzeugen und seine Kurzzeitliche Ermittung, Schweitz, Arch. agew. Wiss. und Techn., 1962 nr 8-10 wg Ekspr. Informacji "Riežuščije Instrumienty" 1963, nr 10.

[12] Osterman G.: Beobachtungen über den Veschleiss bei Hartmetallwerkzeugen, Industrie Anzeiger 1959, nr 62.

АДГЕЗИОННЫЙ И ДИФФУЗИОННЫЙ ИЗНОС РЕЖУЩЕГО ЛЕЗВИЯ ИЗ ТВЁРДЫХ СПЛАВОВ ПРИ ТОЧЕНИИ ТВЁРДОГО ЧУГУНА

Р е з ю м е

В работе описывается техника и результаты исследований проведенных для установления возможности участия явления адгезии и диффузии в процессе износа режущего лезвия из твёрдых сплавов при точении твёрдого чугуна твёрдостью в 480 НВ. Эти возможности истекают из ряда наблюдаемых явлений, которые приводят к тому, что процесс резания этого чугуна в большой степени похож на процесс резания стали.

THE ADHESIVE AND DIFFUSIVE WEAR OF CUTTING BLADES MADE OF SINTERED CARBIDES DURING THE PROCESS OF TURNING CHILLED IRON

S u m m a r y

The paper discusses the technique and results of investigations carried thrugh in order to find out whether it is possible that the phenomenon of adhesion and diffusion bears upon the wear of cutting blades made of sintered metal carbides during the process of turning chilled iron, the hardness of which amounts to 480 HB. Such possibilities result from a number of observed phenomena, which make the process of machining chilled iron seem similar to a large extent to the process of cutting steel.