

Zbigniew Affanasowicz
Instytut Budowy Maszyn

OPTIMALIZACJA GEOMETRII OSTRZA Z SPIEKANYCH WĘGLIKÓW
DLA ZGRUBNEGO TOCZENIA MATERIAŁÓW TRUDNOSKRAWALNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono na przykładzie zgrubnego toczenia walców hutniczych z żeliwa utwardzonego nowe podejście do sposobu określania optymalnej geometrii ostrza ze spiekanych węglików dla tej obróbki, podczas której traci ono zdolności skrawne głównie na skutek wykruszeń. Omówiono sposób przeprowadzenia prób skrawania oraz ich wyniki. Rozpatrzono zagadnienie doboru najodpowiedniejszego gatunku spieku do zgrubnej obróbki wspomnianego żeliwa. Wykazano doświadczalnie, że własności skrawne spieków muszą być w tym przypadku określone jedynie przy użyciu ostrzy o optymalnej geometrii dla danego ich gatunku.

1. Wstęp

Podczas zgrubnego toczenia materiałów trudnoskrawalnych, a więc przede wszystkim żeliw utwardzonych i niektórych gatunków stopowych staliw ostrza ze spiekanych węglików zużywają się na powierzchni przyłożenia w postaci starcia oraz na powierzchni natarcia w postaci żłobka, a ponadto ulegają one wykruszeniom. Spośród wymienionych form zużycia przede wszystkim wykruszenia limitują ich zdolności skrawne. Są one spowodowane udarowym działaniem siły skrawania na ostrze, wywołanym najczęściej zmienną głębokością skrawania, znajdującymi się na powierzchni odlewu strupami i wżerami wypełnionymi żużlem, jak też złym stanem obrabiarki oraz niedostateczną sztywnością statyczną i dynamiczną układu OPN. Niezależnie od wymienionych przyczyn wykruszenia mogą być spowodowane również ukrytymi wadami materiału ostrza. Opanowanie obróbki wierzchniej warstwy odlewów z materiałów twardych sprowadza się w praktyce do poszukiwania takich warunków obróbki, które ograniczyłyby do minimum wykruszenia ostrza. Spośród nich, jako praktycznie najistotniejsze, uznać należy właściwy gatunek spieku, z którego wykonane jest ostrze oraz odpowiednią jego geometrię, zapewniającą maksymalną odporność na udarowe działanie siły i najkorzystniejsze warunki jej przejmowania.

Omawianemu zagadnieniu, do niedawna jeszcze nie rozpracowanemu w odniesieniu do skrawania materiałów o wysokiej twardości, poświęcono w ostatnich latach szereg prac badawczych wykonanych w byłej Katedrze Obróbki Skrawaniem Politechniki Śląskiej w Gliwicach (obecnie Instytut Budowy Ma-

szyn) oraz w szeregu zakładach przemysłowych [1-6]. Wyniki tych prac, wykonanych na zlecenie przemysłu, spowodowały znaczny postęp w obróbce materiałów o dużej twardości, przynosząc znaczne efekty ekonomiczne.

Podstawowe założenia przeprowadzonych badań w zakresie obróbki zgrubnej tych materiałów opracowane przez autora niniejszego artykułu oraz wynikające z nich wnioski są treścią tej publikacji.

2. Badanie wpływu zmiennej geometrii i gatunku spieku na wykruszanie się ostrza

Jak już podkreślono, warunki obróbki zgrubnej toczeniem wierzchniej warstwy materiałów o wysokiej twardości ostrzami ze spiekanych węglików powinny im zapewnić ograniczenie wykruszeń do minimum. W oparciu o to założenie powstała koncepcja zbadania wpływu zmiennej geometrii oraz gatunku spieku na wykruszanie się ostrza na podstawie statystyki powstałych wykruszeń i ustalenia jedynie na jej podstawie optymalnych wielkości jego kątów oraz najodpowiedniejszego gatunku spieku. Wykruszenia ostrza są funkcją wielu czynników, co można wyrazić następującym zapisem:

$$h_w = F(M, N, \alpha, \beta, \lambda, r, v, g, p, j, \dots) \text{ mm,}$$

gdzie

- h_w - długość wykruszenia określona analogicznie jak szerokość starcia na powierzchni przyłożenia h_p ,
 M - własności materiału wierzchniej warstwy utwardzenia,
 N - własności materiału ostrza,
 $\alpha, \beta, \lambda, r$ - parametry geometryczne ostrza,
 v, g, p - parametry skrawania,
 j - statyczna sztywność układu OPN.

Funkcja ta jest funkcją uwikłaną wielu zmiennych, w związku z czym optymalne wielkości poszczególnych kątów ostrza są również funkcjami uwikłanymi wielu zmiennych, a więc:

$$\alpha_{\text{opt}} = F(M, N, \beta, \lambda, r, v, g, p, j, \dots)$$

$$\beta_{\text{opt}} = F(M, N, \alpha, \lambda, r, v, g, p, j, \dots)$$

$$\lambda_{\text{opt}} = F(M, N, \alpha, \beta, r, v, g, p, j, \dots)$$

$$r_{\text{opt}} = F(M, N, \alpha, \beta, \lambda, v, g, p, j, \dots)$$

$$v_{\text{opt}} = F(M, N, \alpha, \beta, \lambda, r, g, p, j, \dots)$$

Doświadczalne wyznaczenie optymalnych wielkości parametrów geometrycznych ostrza, które byłyby wyrazem wszystkich istniejących współzależności między zmiennymi czynnikami, jest praktycznie nie do zrealizowania z uwagi na olbrzymią pracochłonność niezbędnych do wykonania prób skrawania. Celem uproszczenia zagadnienia można w pierwszym rzędzie przeprowadzić selekcję czynników wpływających na proces wykruszania się ostrza i w ten sposób wyeliminować te spośród nich, które są niezienne w czasie wykonywania prób lub też których wpływ na wzajemne współzależności można ocenić jako mały.

Jeżeli założyć, że każda seria prób skrawania będzie wykonana ostrzami z tego samego gatunku spieku i na jednym materiale skrawanym o mniej więcej jednolitej fakturze powierzchni przy stałej sztywności układu OPN, to M , N i $j = \text{const}$. Ponadto, jeżeli serie prób wykonane ostrzami z różnych gatunków spieków będą przeprowadzone na materiale skrawanym o jednokowych własnościach, wówczas uzyskane wyniki będą porównywalne.

Analiza dalszych czynników wpływających na wykruszanie się ostrza pozwala przyjąć, że wpływ promienia zaokrąglenia naroża r przy dużej długości czynnej krawędzi skrawającej i głębokości skrawania g ($g > 1 \text{ mm}$) na ten rodzaj zużycia jest praktycznie znikomy, co wykazały próby wstępne.

Tak więc wpływ zmiennych czynników na wykruszanie się ostrza można sprowadzić do funkcji uwikłanej znacznie uproszczonej

$$h_w = F(\alpha, \phi, \kappa, \lambda, v, p)$$

przy $M, N, r, g, j \dots = \text{const}$.

Biorąc jednak pod uwagę ilość koniecznych zmian wielkości poszczególnych czynników, ilość niezbędnych powtórzeń każdej próby oraz czas jej trwania, doświadczalne rozwiązanie nawet tak uproszczonej funkcji uwikłanej jest zbyt pracochłonne. Ostatecznie na drodze prób skrawania rozwiązano funkcję

$$h_w = F(\alpha, \phi, \kappa, \lambda) \text{ przy } v, p \text{ i } g = \text{const}$$

traktując ją jako funkcję prostą wielu zmiennych, a ewentualny wpływ szybkości skrawania i posuwu przy $g = \text{const}$ na wielkości optymalne poszczególnych kątów ostrza sprowadzono na drodze prób punktowych.

Za podstawę badań, przeprowadzonych ostrzami ze spieków H03, H05 i H10 na walcach hutniczych z żeliwa utwardzonego węglowego o twardości około 480 HB, przyjęto krótkie, 10 minutowe próby skrawania powtarzane 10-krotnie przy każdej wartości badanego kąta, celem nadania tym próbom charakteru statystycznego.

Na podstawie pomiarów wielkości wykruszeń h_w przeprowadzonych na mikroskopie warsztatowym sporządzono ich statystykę. W tym celu wykruszenia ostrza podzielono na trzy grupy, zgodnie z załączonym zestawieniem:

grupa 1	$h_w < 0,5 \text{ mm}$
grupa 2	$h_w = 0,5 \pm 1,0 \text{ mm}$
grupa 3	$h_w > 1,0 \text{ mm}$

Na podstawie szeregu wstępnych krótkotrwałych prób skrawania, wykonanych ostrzami o różnych geometriach i z różnych gatunków spieków oraz przy różnych parametrach skrawania taki podział wykruszeń uznano za najlepiej odzwierciedlający stan uszkodzenia ostrza po 10 minutach skrawania wierzchniej warstwy utwardzenia. Innych form zużycia ostrza nie brano w tym przypadku pod uwagę.

Na podstawie prób wstępnych ustalono, że największy wpływ na wykruszanie się ostrza ma w tym przypadku kąt λ , po czym kolejno kąty λ , ϕ i α . Przy tej też kolejności zmiany kątów przeprowadzono badania.

Parametry skrawania jakie przyjęto do prób są parametrami przeciętnymi, ustalonymi na podstawie literatury oraz praktyki warsztatowej.

Badania przeprowadzono na tokarce do walców THB 100 krajowej produkcji, a materiał skrawany miał kształt walca o wymiarach $\emptyset 650 \times 4600 \text{ mm}$.

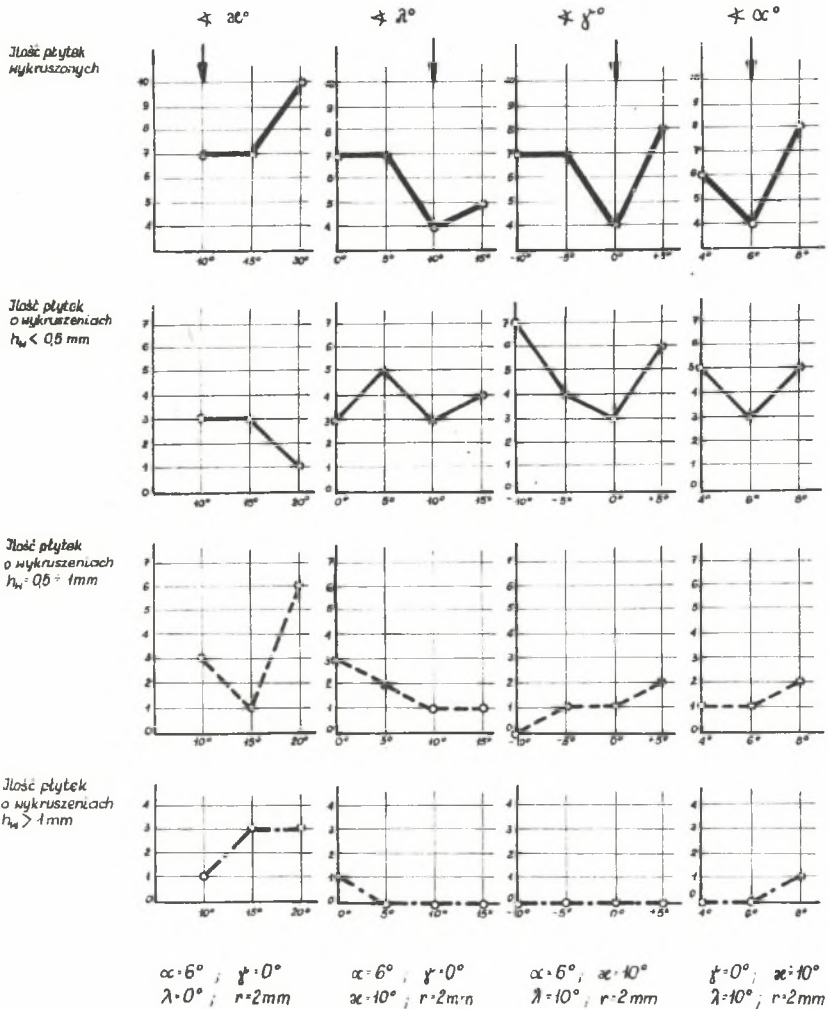
3. Wyniki prób i ich analiza

Na rysunku 1 przedstawiono graficznie wyniki prób przeprowadzonych ostrzami ze spieku H10. Podobne wykresy otrzymano również dla ostrzy ze spieku H03 i H05.

Z wykresu tego wynika, że im mniejszy jest kąt przystawienia λ , tym mniejsza jest ilość ostrzy wykruszonych. Jest to uzasadnione, gdyż im kąt ten jest mniejszy, tym mniejsza jest grubość warstwy skrawanej, a tym samym mniejsze jednostkowe obciążenie krawędzi ostrza. W świetle tego jest logiczne, że wielkość kąta λ wpływa głównie na wykruszenie duże ($h_w > 1,0 \text{ mm}$), co potwierdzają również wyniki uzyskane dla ostrzy ze spieków H03 i H05.

Wpływ kątów λ i ϕ na wykruszenia kształtuje się w ten sposób, że przy określonych wielkościach tych kątów ilość ostrzy wykruszonych osiąga minimum. Wyniki przeprowadzonych prób wskazują, że kąty te wpływają głównie na wykruszenia małe ($h_w < 0,5 \text{ mm}$) i średnie ($h_w = 0,5 \pm 1,0 \text{ mm}$).

Widoczny wpływ kąta przyłożenia α na wykruszanie się ostrza występuje dopiero wówczas, gdy $\alpha > 6^\circ$. Objawia się to wyraźnym wzrostem ilości wykruszonych ostrzy.



Parametry skrawania: $v: 0,157 \text{ m/s}$; $p: 1,02 \text{ mm/obr}$; $g: 4 \text{ mm}$

Rys. 1. Wpływ parametrów geometrycznych na ilość i wielkość wykruszeń ostrzy ze spieku H10 przy toczeniu zgrubnym

Z omawianego wykresu widać wyraźnie jak w miarę ustalania optymalnych wielkości poszczególnych kątów ostrza zmniejsza się ilość ostrzy wykruszonych oraz wielkość tych wykruszeń. Analogiczne wyniki dały badania przeprowadzone ostrzami ze spieków HO3 i HO5.

Wyznaczona w ten sposób optymalna geometria ostrzy przy stałych parametrach skrawania zapewnia stosunkowo duży procent płytek nie wykruszonych, szczególnie gdy są one wykonane ze spieków HO3 i H10, natomiast u płytek wykruszonych przewagę wykruszeń małych nad wykruszeniami średnimi przy małym prawdopodobieństwie wykruszeń dużych. Na drodze prób punktowych przeprowadzonych w odniesieniu do kątów γ^* i λ ustalono, że zmiana szybkości skrawania i posuwu nie wpływa w sposób istotny na optymalne wielkości kątów ostrza. Ostatecznie więc dla zgrubnego toczenia wierzchniej warstwy utwardzenia optymalne geometrie ostrzy przy pracy na określonej tokarce i przy określonej sztywności układu OPN powinny się kształtować następująco:

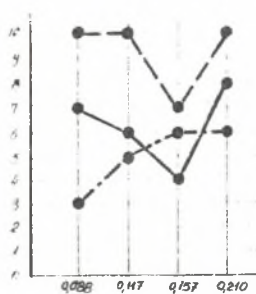
Gatunek spieku	Ilość płytek wykruszonych	W tym ilość płytek o wykruszeniach			Optymalna geometria ostrza				
		$h_w < 0,5 \text{ mm}$	$h_w = 0,5 \pm 1,0 \text{ mm}$	$h_w > 1,0 \text{ mm}$	α	γ^*	ϱ	λ	r_{mm}
HO3	4	3	1	0	5°	-10°	10°	10°	2
HO5	6	4	2	0	5°	0°	10°	5°	2
H10	5	4	1	0	5°	0°	10°	10°	2

Z zestawienia wynika, że optymalne geometrie ostrzy wykonanych z trzech gatunków spieków różnią się między sobą wielkością kątów γ^* i λ . Różnice tych kątów są oczywiście wyrazem odmiennej odporności tych spieków na udarowe działanie siły skrawania.

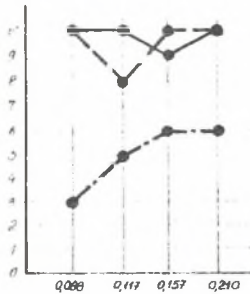
4. Zagadnienie doboru najodpowiedniejszego gatunku spieku do zgrubnego toczenia materiałów trudnoskrawalnych

Zgrubne toczenie materiałów trudnoskrawalnych w tej liczbie i żeliw utwardzonych nastęrcza w praktyce warsztatowej zazwyczaj wiele trudności, z tego też względu dobór właściwego gatunku spieku do tej obróbki jest zagadnieniem bardzo istotnym. Wiadomo, że obok geometrii ostrza, struktury warstwy wierzchniej utwardzenia oraz faktury powierzchni obrabianej, znaczny wpływ na zachowanie się ostrza mają podczas toczenia zgrubnego również parametry skrawania, w tym głównie szybkość skrawania i posuw. Ustalenie zatem wpływu tych parametrów na wykruszanie się ostrza, o geometrii przyjętej za optymalną, jest niezmiernie ważnym elementem w ocenie przydatności danego gatunku spieku do określonego zadania. Najciekawsze wyniki w tej mierze dały badania wpływu szybkości skrawania na wykruszanie się ost-

Ilość pyłek wykruszonych

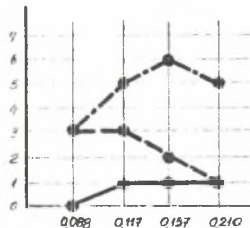
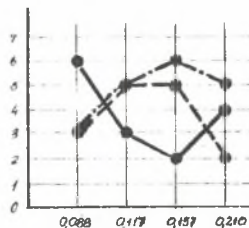


H05
H03
H10

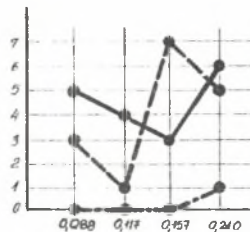
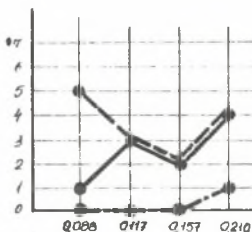


H05
H03
H10

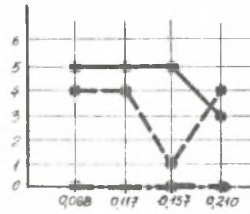
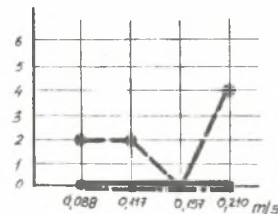
Ilość pyłek omykruszonych
 $h_w < 0,5 \text{ mm}$



Ilość pyłek omykruszonych
 $h_w = 0,5 - 1 \text{ mm}$



Ilość pyłek omykruszonych
 $h_w > 1 \text{ mm}$



a) skrawanie ostrzami ze spieków przy optymalnych geometriach

b) Skrawanie ostrzami ze spieków o geometrii optymalnej dla spieku H10

Rys.2. Wpływ szybkości skrawania na ilość i wielkość wykruszeń ostrzy ze spiekanych węglików metali H03, H05 i H10 przy toczeniu zgrubnym $p = 1,02 \text{ mm/obr}$; $g = 4 \text{ mm}$

a) skrawanie ostrzami ze spieków przy optymalnych geometriach, b) skrawanie ostrzami ze spieków o geometrii optymalnej dla spieku H10

rza. Badania te przeprowadzono ostrzami ze spieków H03, H05 i H10 metodą krótkich, 10 minutowych prób skrawania, powtarzanych 10 razy przy każdej szybkości. Ponadto wykonano dwie serie prób ostrzami ze spieków H03 i H05 o geometrii ustalonej jako optymalna dla spieku H10. Celem tych ostatnich prób miało być sprawdzenie jak dalece zdolności skrawne różnych gatunków spieków wyznaczone przy wspólnej geometrii mogą odbiegać od tychże własności wyznaczonych przy geometriach dla tych gatunków optymalnych. Otrzymane wyniki badań przedstawiono graficznie na rysunku 2.

Z wykresów znajdujących się po lewej stronie wspomnianego rysunku (rysunek 2a) widać, że spośród trzech gatunków spieków użytych do badań największą odporność na wykruszanie wykazują spieki H10 i H03, z tym jednak, że spiek H10 ma pewną jakościową przewagę nad spiekem H03, szczególnie w zakresie mniejszych szybkości skrawania.

Wyniki prób przeprowadzonych ostrzami z trzech gatunków spieków o jednakowej geometrii optymalnej dla spieku H10 świadczą o tym, że taki sposób określania zdolności skrawnych materiałów narzędziowych jest błędny, przynajmniej w zakresie obróbki zgrubnej. Np. własności skrawne ostrzy ze spieków H03 i H05 przy geometrii optymalnej dla spieku H10 właściwie nie wiele się od siebie różnią, a nawet statystyka wykruszeń dla ostrzy ze spieku H03 jest bardziej niekorzystna, niż dla spieku H05. Przy geometrii optymalnej spiek H03 okazał się zdecydowanie lepszy od spieku H05.

Przytoczone wyniki badań nie rozstrzygają w tym przypadku całkowicie zagadnienia doboru najodpowiedniejszego gatunku spieku do toczenia zgrubnego, eliminują one jedynie zdecydowanie spiek H05. Przy mniej więcej zbliżonej odporności spieku H03 i H10 na wykruszanie ostateczne rozstrzygnięcie co do ich przydatności do obróbki zgrubnej da analiza krzywych zużycia wyznaczonych dla zmiennych parametrów skrawania oraz wyznaczona na ich podstawie zależność

$$T = F(v, p) \text{ przy } g = \text{const}$$

dla przyjętego kryterium stępienia. Analiza taka wykazała ostatecznie wyższość spieku H10 nad spiekem H03, kwalifikując go tym samym do zgrubnego toczenia żeliwa utwardzonego o twardości około 480 HB.

5. Wnioski

Ustalanie optymalnej geometrii ostrza dla obróbki zgrubnej materiałów o wysokiej twardości, na podstawie statystyki wykruszeń, stanowi nowość w obróbce skrawaniem. Nowość ta jest o tyle istotna, że pozwala ona na określenia takich wielkości kątów ostrza, które w powiązaniu z gatunkiem materiału, z którego jest ono wykonane, zapewnią mu największą odporność na uderowe działanie siły skrawania, towarzyszące każdej obróbce zgrubnej.

Organiczenie do minimum wykruszeń ostrza prowadzi do częściowej przynajmniej eliminacji tej formy zużycia, która we wspomnianych warunkach głównie określa jego zdolności skrawne. Stosując tę metodę szereg zakładów przemysłowych wydatnie usprawniło obróbkę materiałów o wysokiej twardości stanowiącej z reguły "wąskie gardło" produkcji. Dotychczas podstawowymi objawami zużycia, jakie brano pod uwagę przy wyznaczaniu optymalnej geometrii ostrza, również w przypadku obróbki zgrubnej, było przede wszystkim starcie na powierzchni przyłożenia.

Dalszą nowością wynikłą z omawianych badań, jest kwestia metody określania zdolności skrawnych materiałów narzędziowych. Dotychczas zdolności te ustalano na drodze odpowiednich prób skrawania, przeprowadzanych ostrzami wykonanymi z różnych materiałów narzędziowych, ale o jednakowej geometrii. Podejście takie jest słuszne tylko wówczas, gdy jest pewność, że dla wszystkich poddanych badaniu materiałów narzędziowych optymalna geometria jest taka sama. Badania przeprowadzone na żeliwach utwardzonych, przynajmniej w odniesieniu do toczenia zgrubnego wykazały, że tak nie jest. Optymalne geometrie ostrzy wykonanych z trzech gatunków spieków były różne. Okazało się też, że dany materiał narzędziowy tylko w przypadku optymalnej geometrii ostrza może w pełni wykazać swoje zdolności skrawne. Stosowanie jednolitej geometrii ostrza [7] może doprowadzić w konsekwencji do niewłaściwej oceny ich prawdziwej wartości. Stwierdzenie to jest jednym z ważniejszych wyników przeprowadzonych badań.

LITERATURA

1. Zb. Affanasowicz, J. Szyrajew - Sprawozdanie z pracy badawczej, Instytut Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1964.
2. J. Szyrajew, J. Sobczyk, J. Smieja - Sprawozdanie z pracy badawczej, Instytut Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1967.
3. Zb. Affanasowicz, G. Honisch - Sprawozdanie z pracy badawczej, Instytut Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1969.
4. Zb. Affanasowicz - Rozprawa doktorska, Instytut Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1970.
5. Zb. Affanasowicz, J. Psurek, H. Solarczyk - Sprawozdanie z pracy badawczej, Instytut Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1970.
6. Zb. Affanasowicz - Sprawozdanie z pracy badawczej, Instytut Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1970.
7. A.M. Sieriebriannyj, A.C. Pietruszewskij - Stanki i Instrumenty, 1952, Nr 2, s. 28.

ОПТИМАЛИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТА
ИЗ ТВЁРДЫХ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ЧЕРНОВОГО ТОЧЕНИЯ
ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р е з ю м е

В статье на примере чернового точения прокатных валков из отбелённого чугуна представлен новый подход к способу определения оптимальной геометрии режущей кромки из твёрдых сплавов для случая такой обработки, когда кромка утрачивает работоспособность главным образом из-за выкрашивания. Описан способ проведения опытной обработки резанием и результаты испытаний. Рассмотрен вопрос подбора наиболее пригодного твёрдого сплава для черновой обработки указанного чугуна. На основании опытов было показано, что работоспособность твёрдых сплавов необходимо в этом случае определять при применении режущих кромок обладающих оптимальной для них геометрией.

OPTIMIZATION OF THE GEOMETRY OF TOOL POINTS MADE OF SINTERED METAL
CARBIDES FOR THE ROUGH TURNING OF NOT MACHINABLE MATERIAL

S u m m a r y

The paper deals with a new method of determining the optimal geometry of tool points made of sintered metal carbides, basing on the example of the rough-turning of ironwork rollers made of chilled iron. During such a treatment the tool point loses its ability to cut, which is due to the chipping of the tool point. A way of carrying through cutting tests has been discussed, as well as their results. Considered was also the problem of selecting the most adequate sort of sintered metal carbides applicable for the rough turning of chilled iron. It has been proved experimentally that cutting properties of sintered metal carbides should be, in this case, determined merely when using tool points, which for the given quality display the most optimal geometry.