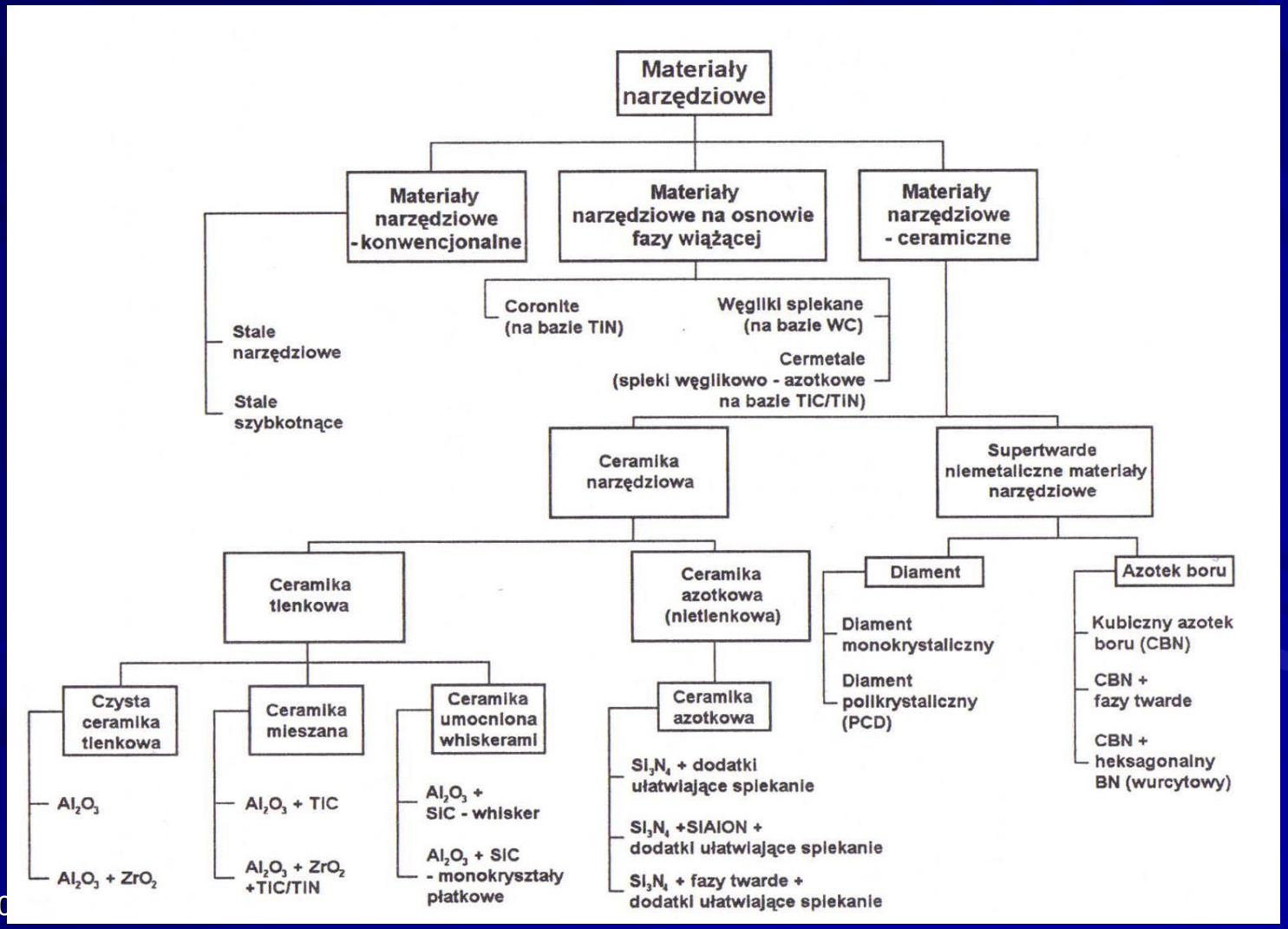
Politechnika Krakowska
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji

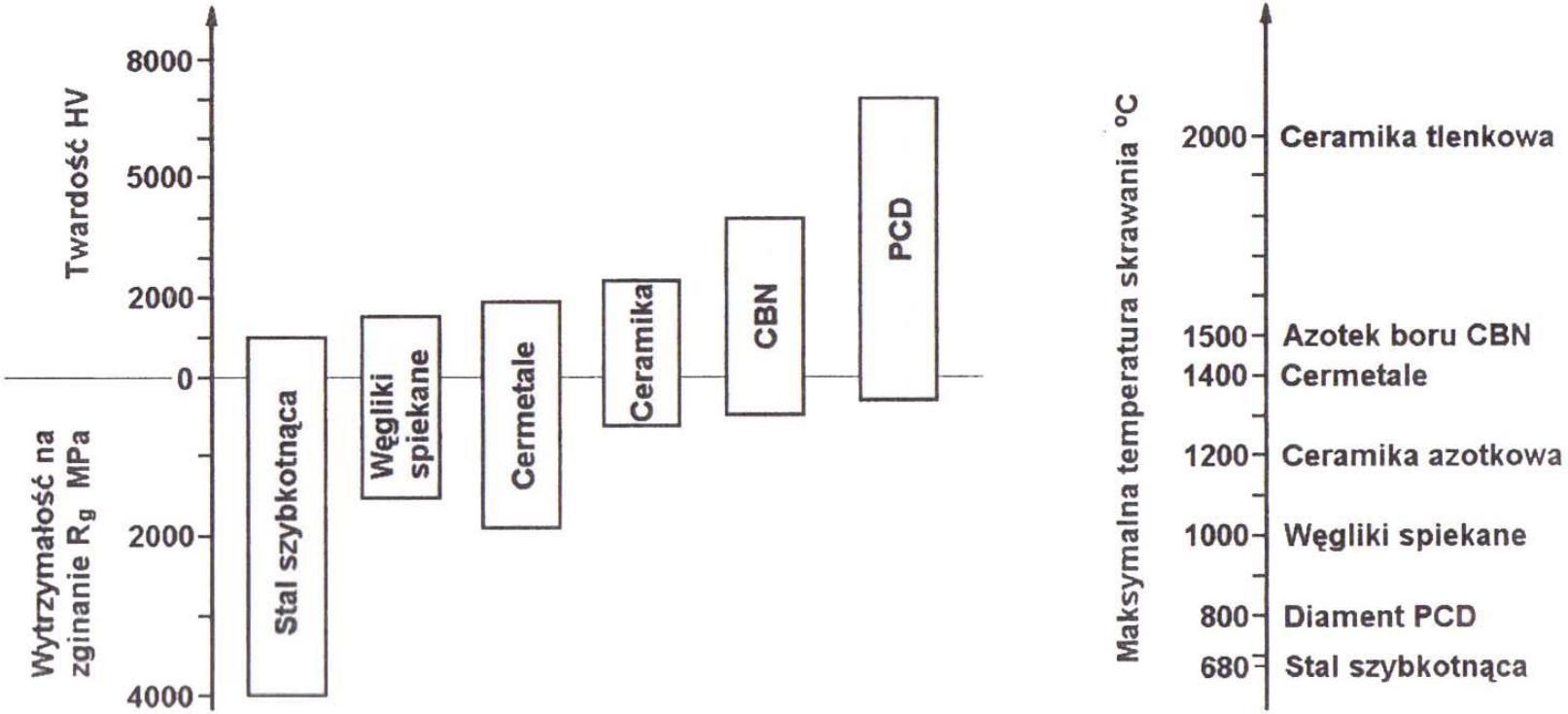
MATERIAŁY DO OBRÓBKI WIÓROWEJ

Dr hab. inż. Bogdan Słodki

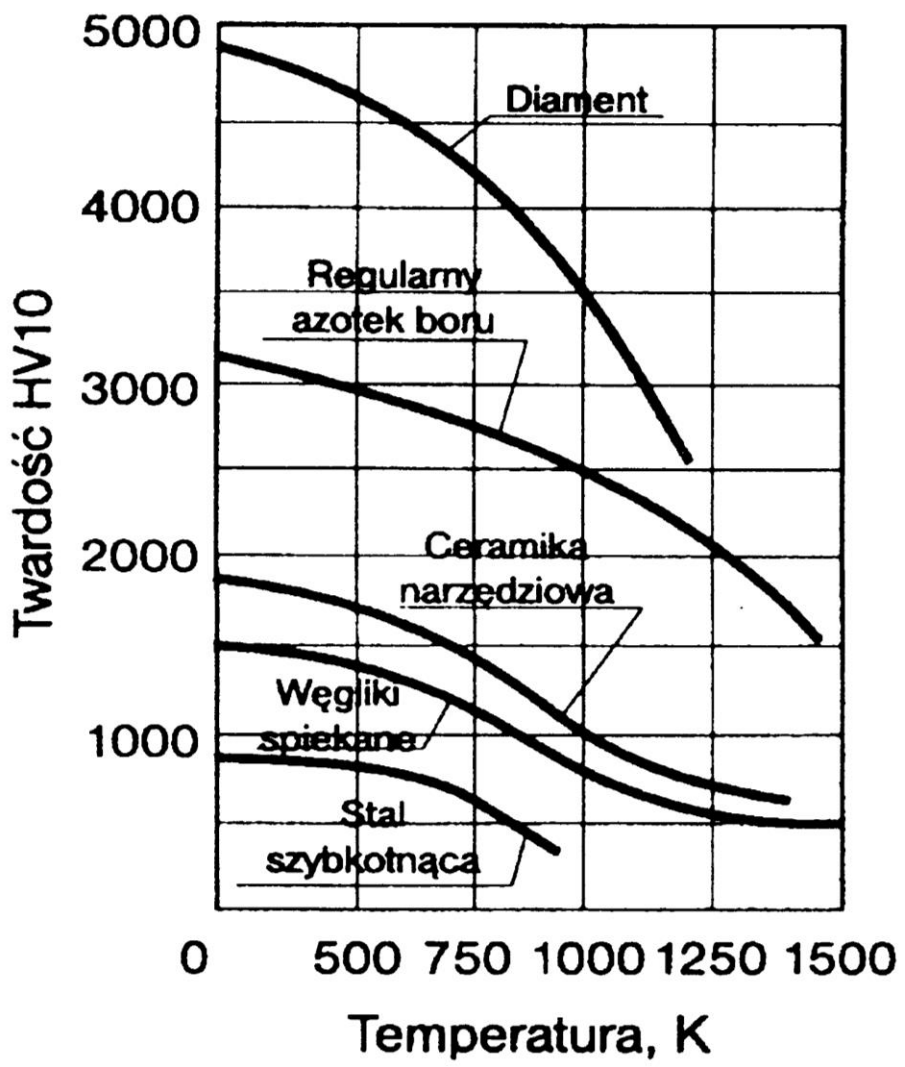
Podział materiałów narzędziowych

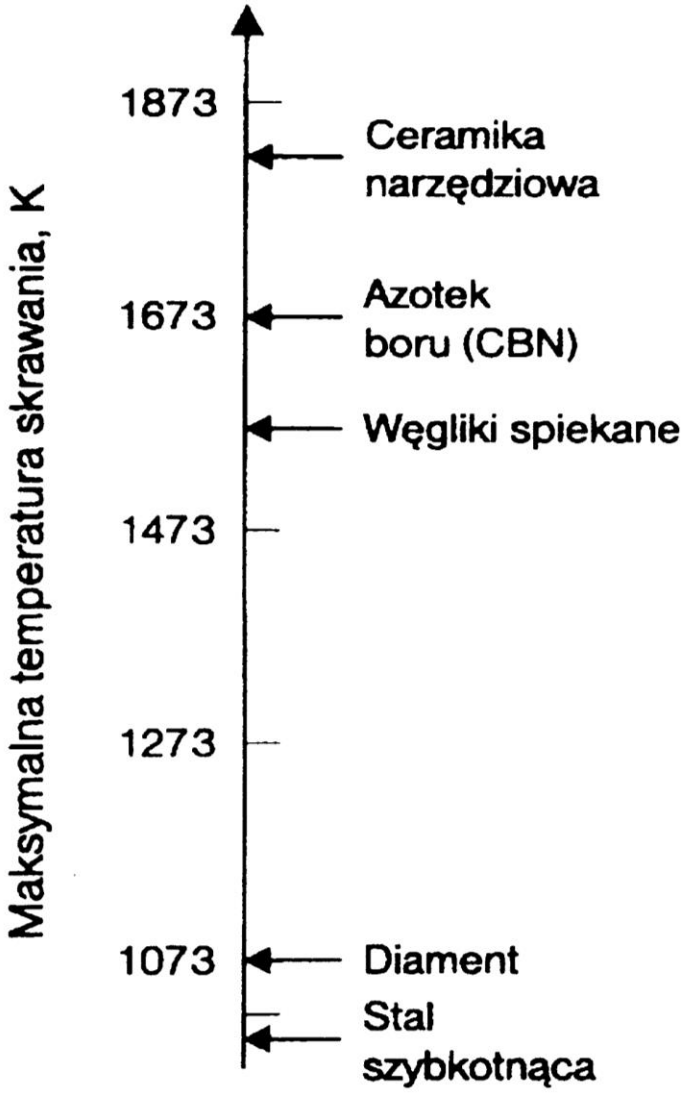


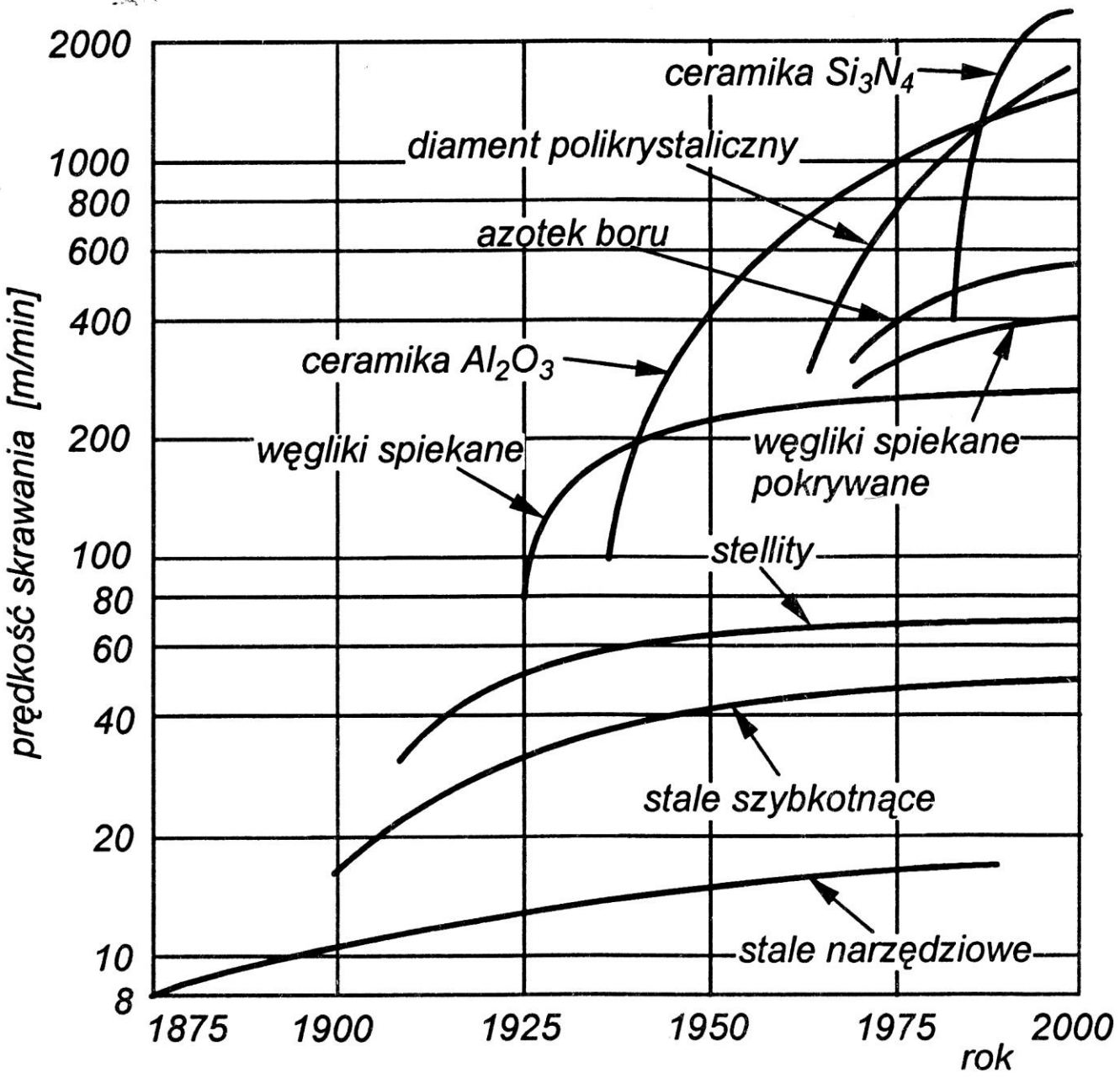
Materiały narzędziowe. Właściwości

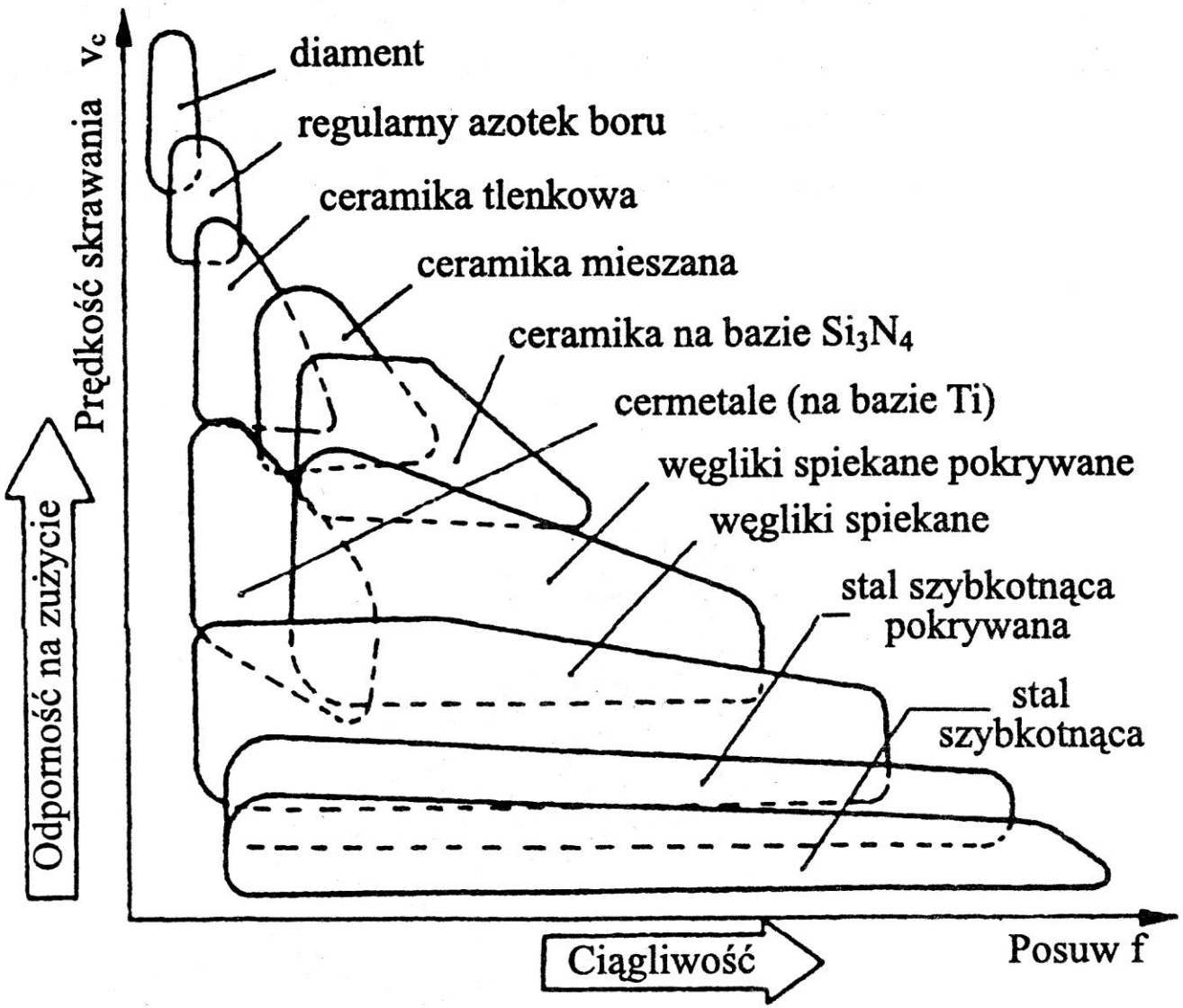


Dopuszczalne temperatury skrawania oraz wpływ temperatury skrawania na twardość rożnych materiałów narzędziowych






prędkość skrawania [m/min]
2000
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
8
1875
1900
1925
1950
1975
2000
rok
ceramika Si_3N_4
diament polikrystaliczny
azotek boru
ceramika Al_2O_3
węgliki spiekane
węgliki spiekane pokrywane
stellity
stale szybkotnące
stale narzędziowe



Zakresy stosowania materiałów narzędziowych

Stale narzędziowe węglowe

- Nadają się na narzędzia które w czasie pracy nie nagrzewają się ponad 200°C.
- Przy temperaturach skrawania przekraczających 200°C szybko tracą twardość a więc i własności skrawne, a to powoduje szybkie zużycie narzędzia.
- Znajdują głównie zastosowanie do wyrobu narzędzi do obróbki ręcznej.

Stale narzędziowe. Podział

- Stale narzędziowe do pracy na zimno
- Stale narzędziowe stopowe do pracy na gorąco
- Stale szybkotnące

Stale narzędziowe do pracy na zimno

- Są to stale przeznaczone na narzędzia do obróbki materiału w stanie zimnym, zarówno przez skrawanie jak i przez obróbkę plastyczną, przy czym narzędzie może nagrzewać się podczas skrawania tylko nieznacznie.

Stale narzędziowe stopowe do pracy na gorąco

- Są to stale przeznaczone na narzędzia kształtujące materiał w stanie nagrzanym do temperatury, w którym staje się plastyczny (np. matryce) albo nawet w stanie płynnym (np. formy do odlewów pod ciśnieniem).

Stale szybkotnące

- Stosuje się do wyrobu narzędzi skrawających.
- Zachowują twardość i zdolność skrawania przy szybkościach skrawania i grubościach wióra, wywołujących nagrzewanie się narzędzi aż do ok. 600°C.
- Głównymi składnikami stali szybkotnących są: chrom, wolfram, molibden.

Klasyfikacja węglików spiekanych wg ISO 513 i niektóre polskie gatunki

Grupa ISO	Oznaczenie	Materiał obrabiany	Kierunki zmian		Gatunek wg PN
			właściwości	parametry skrawania	
P niebieski	P01 P10 P20 P30 P40 P50	Materiały dające długie wióry, jak stal, staliwo, żeliwo ciągliwe	odporność na zużycie ↑ udarność ↓	prędkość skrawania ↑ posuw ↓	S10S S20S S30S S40S
M żółty	M10 M20 M30 M40	Bardziej wymagające materiały, jak stal nierdzewna austenityczna, materiały żarowytrzymałe, trudno obrabialne	odporność na zużycie ↑ udarność ↓	prędkość skrawania ↑ posuw ↓	U10S
K czerwony	K01 K10 K20 K30 K40	Materiały dające krótkie wióry, jak żeliwo, utwardzona stal, aluminium, brąz, tytan, niemetalowe, jak plastik, porcelana, twarda guma	odporność na zużycie ↑ udarność ↓	prędkość skrawania ↑ posuw ↓	H10S H20S H30

Węgliki spiekane (spieki)

- Podstawowym elementem spieków jest węglik wolframu WC, często również węglik tytanu TiC, a w niektórych przypadkach także węglik tantalu Tac i węglik niobu NbC.
- Metalem wiążącym twarde węgliki jest zazwyczaj kobalt. Własności węglików spiekanych nie zależą tylko od składu chemicznego, ale również od warunków procesu wytwarzania.

Węgliki spiekane (spieki)

- Wymiary ziaren węglików wahają się w granicach 1 do 8 mikrometrów. Ze wzrostem ziaren spada twardość spieków, zmniejsza się odporność spieku na ścieranie, zwiększa na zginanie i wiązkość.
- Wadą węglików spiekanych jest ich znaczna kruchość oraz wysoka cena, co sprawia że z tego materiału nie wykonuje się całych narzędzi, a tylko płytki lutowane lub mocowane w korpusie narzędzia w miejscu ostrza.

Węgliki spiekane (spieki)

- W procesie szlifowania płytek skrawających z węglików spiekanych bardzo często powstają niewidoczne gołym okiem pęknięcia spowodowane miejscowym przegrzaniem materiału płytki i koncentracja naprężeń.
- Pęknięcia te są przyczyną przyspieszonego zużycia ostrza dalszym okresie eksploatacji.
- Aby uniknąć wad ostrzenia płytek skrawających z węglików spiekanych, są obecnie stosowane narzędzia z płytkami wieloostrzowymi.

Węgliki spiekane (spieki)

- Grubsze płytki wieloostrzowe są płytkami odwracalnymi, tzn. po wykorzystaniu noży płytki na jednej powierzchni czołowej płytkę ustawia się w gnieździe korpusu w odwróconej pozycji i wykorzystuje się naroża na drugiej powierzchni czołowej.
- W płytce kwadratowej odwracalnej jest do wykorzystania łącznie 8 naroży.
- Oprócz płytek kwadratowych są stosowane również płytki trójkątne, wieloboczne i okrągłe.

Spieki ceramiczne

Materiały narzędziowe nazywane spiekami ceramicznymi, dzieli się na dwie grupy:

- Materiały na osnowie węglika tytanu TiC nazywane cermetami
- Materiały na osnowie tlenku aluminium Al_2O_3 nazywane krótko ceramiką

Cermety

- Nazwa CERMET powstała z połączenia dwóch określeń: CERamika i METal.
- Pierwotnie cermetami nazywano materiały, które zawierały wszelkie cząstki ceramiczne wprowadzone do metalowego wiązania.
- Pod pojęciem cermetu dzisiejszej generacji rozumie się cząstki ceramiczne na bazie węglika tytanu TiC i azotku tytani TiN – będące nośnikami twardości, spojone metalami: Ni, Co oraz Mo – tworzącymi fazę wiążącą.

Cermety

- Cermety różnią się od węglików spiekanych tym, że oprócz tworzących te ostatnie węglików, jak WC i TiC, czy TaC, zawierają również azotki, jak TiN.
- Pierwsze generacje cermetów cechowały się małą wytrzymałością na zginanie, co ograniczało ich stosowanie w obróbce skrawaniem.

Cermety

- kolejne generacje cermetów wykazywały coraz większą wytrzymałość na zginanie aż do wartości przewyższających wytrzymałość na zginanie wolframowych węglików spiekanych.

Cermety

Współczesne cermety charakteryzują się:

- małą gęstością,
- dużą odpornością na zużycie,
- dużą odpornością na pękanie,
- dużą stabilnością krawędzi skrawających,
- małą skłonnością do sczepiania się ze spływającym po powierzchni natarcia wiórem,
- dużą odpornością chemiczną,
- dobrą jakością powierzchni obrobionych części.

Cermety

- Do wad tych materiałów należy zaliczyć przede wszystkim wrażliwość na szoki termiczne.

Ceramika

Materiały należące do grupy ceramiki dzieli się na ceramikę:

- tlenkową,
- mieszaną (tlenkowo-węglikową),
- umocnioną whiskerami,
- azotkową (krzemową),
- SiAION.

Ceramika tlenkowa (biała)

- Uzyskiwana jest w wyniku spiekania czystego i drobnoziarnistego (wielkości ziarna nie przekraczają 3 μm) proszku tlenku aluminium Al_2O_3 z ewentualnie niewielkim dodatkiem tlenku cyrkonu ZrO_2, który ma na celu zwiększenie ciągliwości i wytrzymałości na zginanie. Po prasowaniu i spiekaniu w temperaturze 1500 – 2000 °C ma kolor biały.

Ceramika tlenkowa (biała)

- Ceramika tlenkowa w porównaniu z innymi materiałami narzędziowymi, wykazuje największą odporność na zużycie chemiczne. Oznacza to że podczas skrawania, przy wzajemnym oddziaływaniu materiału narzędziowego z materiałem obrabianym o otaczającą go atmosferą prawie nie zachodzą procesy utleniania.

Ceramika mieszana (czarna)

- Mieszane spieki ceramiczne tlenkowo – węglikowe zawierają obok Al_2O_3 zwykle 30 do 40% TiC, a czasem także TiN. Utworzone w wyniku spiekania mają kolor czarny.
- Pozwala to na uzyskanie w porównaniu z ceramiką tlenkową większej twardości i wytrzymałości na zginanie oraz mniejszej kruchości, co w efekcie zmniejsza zużycie ścierne i erozyjne.

Ceramika mieszana (czarna)

- Dzięki małej rozszerzalności cieplnej i dobrej przewodności cieplnej wykazują odporność na szoki termiczne, co umożliwia obróbkę z użyciem cieczy obróbkowych.
- Podatność węglika tytanu na utlenianie ogranicza stosowanie dużych prędkości skrawania związanych z wysoką temperaturą skrawania.
- Stosowanie ceramiki mieszanej w obróbce skrawaniem umożliwia zastąpienie operacji szlifowania

Ceramika azotkowa (szara)

- Spieki Si_3N_4 uzyskuje się poprzez prasowanie jednoosiowe lub metodą spiekanie – HIP oraz spiekanie reakcyjne. Ceramika azotkowa ma kolor szary, fioletowy lub brązowy.
- Czysty azotek krzemu wykazuje prawie idealne właściwości.
- Materiał ten charakteryzuje się dużą przewodnością cieplną 30 ÷ 36 W/mK i małą rozszerzalnością cieplną, co zwiększa odporność na szoki termiczne i pozwala na zastosowanie cieczy obróbkowych

Ceramika azotkowa (szara)

- Szczególnie dobrze nadaje się do toczenia i frezowania żeliwa szarego, sferoidalnego i stopowego oraz stopów na osnowie niklu. W wysokich temperaturach skrawania 1000 ÷ 1200°C jest jednak podatny na oddziaływanie chemiczne materiału skrawanego i na utlenianie.

Sialony

- Nazwa ceramiki Sialon pochodzi od pierwszych liter symboli pierwiastków wchodzących w skład (Silikon-Aluminium-Oxy-Nitrid).
- Powstała w wyniku badań mających na celu usunięcie wad ceramiki azotowej, takich jak: konieczność wytwarzania jej przez spiekanie ciśnieniowe, skłonność do zużycia chemicznego w wysokiej temperaturze.

Sialony

- Sialon (Si5AlON7) posiada właściwości fizyczne i mechaniczne zbliżone do Si_3N_4, a chemiczne do Al_2O_3
- Sialony charakteryzują się doskonałą twardością i odpornością na pękanie. Ostrza z sialonu skrawają zahartowaną stal 24 razy szybciej niż węgliki spiekane, skrawają również stopy tytanu, a nawet skały. Stosowanie sialonów ogranicza ich duży koszt.

Ceramika umocniona whiskerami

- Ceramika utwardzona whiskerami czyli włoskowatymi monokryształami o małym stężeniu defektów, których wytrzymałość mechaniczna jest wielokrotnie większa od tych samych materiałów występujących w postaci polikrystalicznych materiałów technicznych.

Ceramika umocniona whiskerami

- Gatunki umocnione whiskerami odznaczają się większą twardością, odpornością na pękanie i zużycie ścierne oraz większą wytrzymałością na zginanie i odpornością na szoki termiczne i umożliwiają wydajniejszą obróbkę stali hartowanych i żaroodpornych stopów Ni.

Ceramika umocniona whiskerami

- Oprócz skróconych czasów wytwarzania wyrobów stwierdzono lepszą jakość powierzchni obrobionej. W porównaniu z ceramiką mieszaną, podczas skrawania ceramiką umocnioną, wydłuża się okres trwałości ostrza (nawet 3-krotnie).

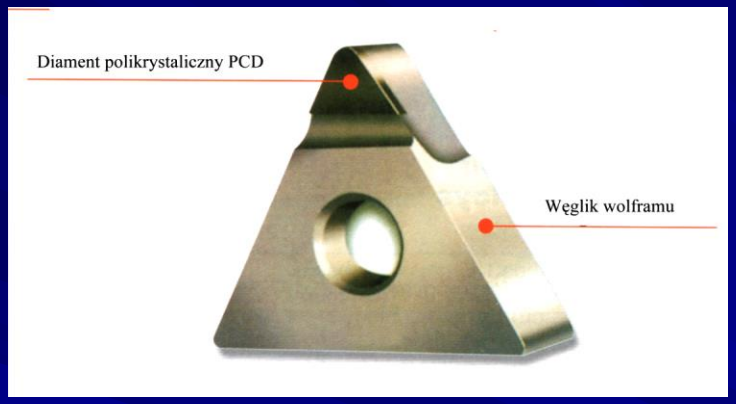
Materiały supertwarde

Do tej grupy zalicza się:

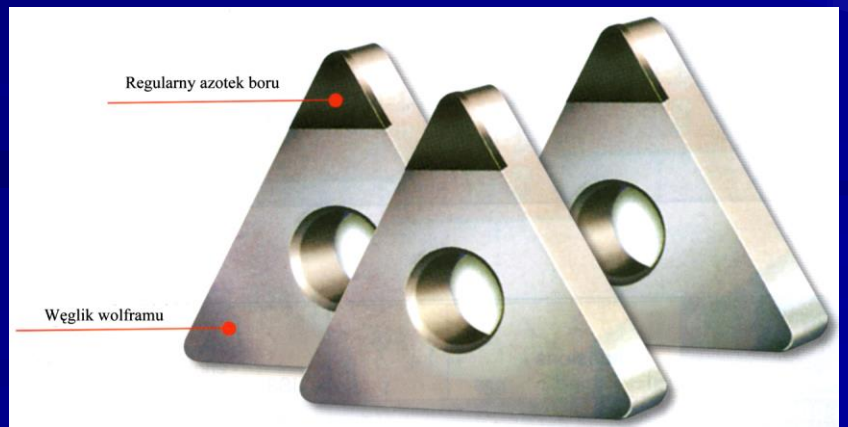
- diament
- regularny azotek boru.

Materiały supertwarde

Diament – najtwardszy materiał narzędziowy do 14000 HV, gęstość 3.51 g/cm^3.



Regularny azotek boru (CBN)
cechuje go bardzo duża odporność na wysokie temperatury do 1000ºC. Nie reaguje ze stalą ani innymi materiałami.



Diament

- Odznacza się najwyższą twardością spośród wszystkich materiałów narzędziowych i posiada znakomitą przewodność cieplną, większą od miedzi. W temperaturze około 800°C zaczyna przechodzić w grafit, utlenia się i traci swe pierwotne, wysokie zdolności skrawne.

Diament

- Nie nadaje się do skrawania stali i stopów niklu ze względu na reaktywność z żelazem i niklem w podwyższonej temperaturze, co prowadzi do dyfuzji węgla i jego grafityzacji.

Diament

- Początkowo stosowano na narzędzia wyłącznie diament naturalny.
- Dopiero w 1953 roku zaczęto produkować diamenty syntetyczne na prasach o ciśnieniu 6GPa i w temperaturze około 1500°C.
- Ze względów ekonomicznych produkuje się ziarna o wielkości 1mm (średnio 0,01 karata), a następnie spieka tworząc polikryształy.

Diament

- Narzędzia z ostrzami diamentowymi stosowane są przy obróbce aluminium, magnezu miedzi i cynku, węglików spiekanych, materiałów niemetalowych (porcelana, kamienie, guma grafit) oraz tworzyw sztucznych.

Diament

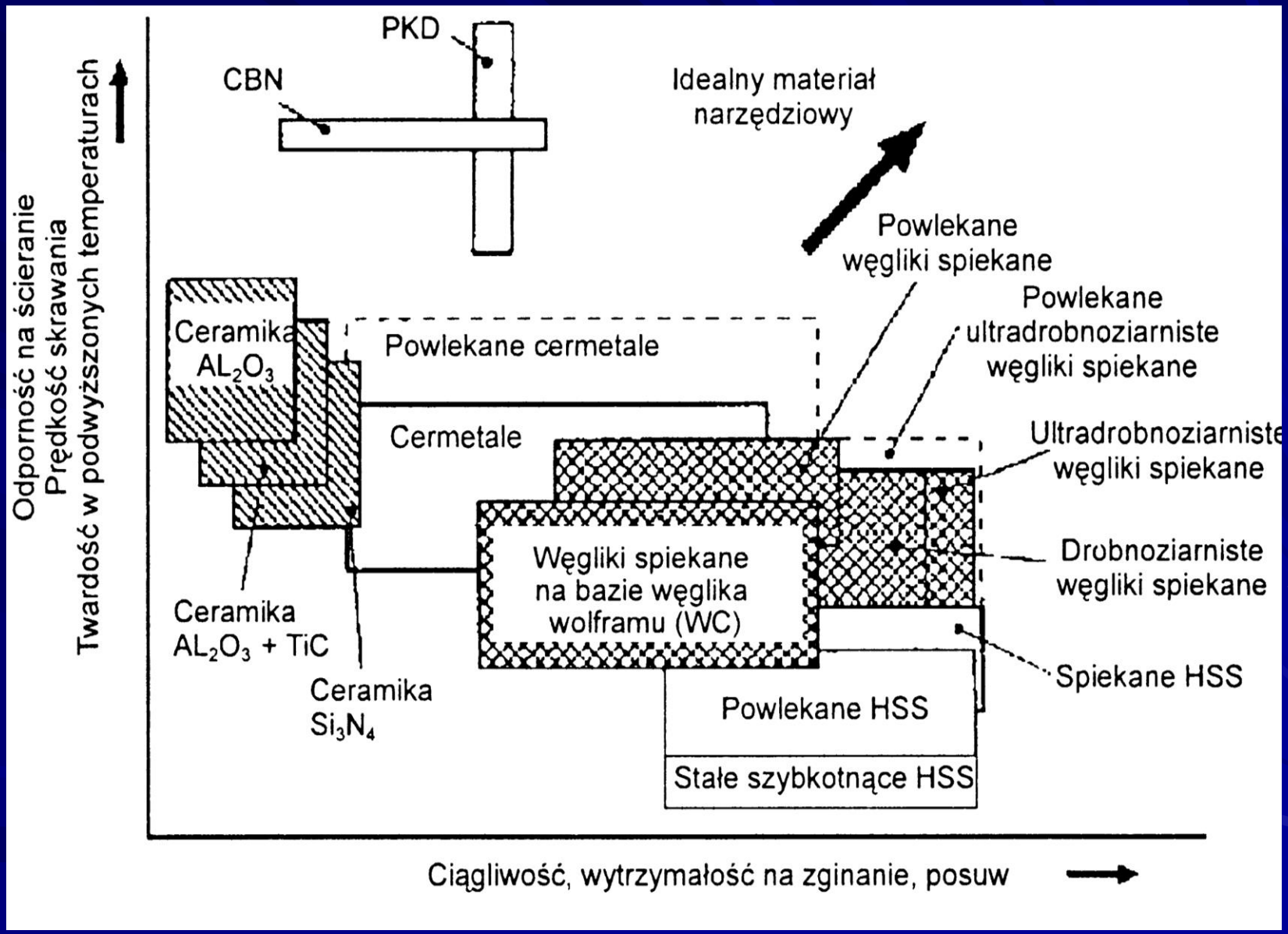
- Wysokie prędkości skrawania przy użyciu diamentu polikrystalicznego pozwalają uzyskać wydajność nawet kilkusetkrotnie przewyższającą wydajność obróbki z ostrzami z węglików spiekanych i niską chropowatość powierzchni obrobionej.

Regularny azotek boru

- Regularny azotek boru CBN jest materiałem syntetycznym, produkowanym podobnie jak diament, o wysokiej twardości ustępującej jedynie diamentowi i znakomitej odporności na wysokie temperatury, gdyż do 1500°C nie reaguje ze stalą ani z innymi materiałami i nie utlenia się, czym ustępuje jedynie stalom ceramicznym

Regularny azotek boru

- Jego podstawową zaletą jest możliwość obróbki wszystkich gatunków stali o twardościach 45 do 68 HRC i żeliw do 98 HRS oraz stopu niklu
i kobaltu, nie nadających się do obróbki ostrzami diamentowymi.


PKD
CBN
Idealny materiał narzędziowy
Odporność na ścieranie
Prędkość skrawania
Twardość w podwyższonych temperaturach
Powlekane węgliki spiekane
Powlekane ultradrobnoziarniste węgliki spiekane
Ceramika AL_2O_3
Powlekane cermetale
Cermetale
Ultradrobnoziarniste węgliki spiekane
Węgliki spiekane na bazie węglika wolframu (WC)
Drobnoziarniste węgliki spiekane
Ceramika AL_2O_3 + TiC
Ceramika Si_3N_4
Spiekane HSS
Powlekane HSS
Stałe szybkotnące HSS
Ciągliwość, wytrzymałość na zginanie, posuw

Zastosowanie

Materiał ostrza \ Materiał obrabiany	Stal	Żeliwo	Stale nie-rdzewne	Stopy niklu	Metale nie-żelazne	Tworzywa nie-metalowe
Cermetale (oparte na TiN)		TF	TF	T	TF	TF
Spieki tlenkowe (oparte na Al_2O_3)	T	TF	–	–	–	–
Spieki tlenkowo–węglikowe	TF	TF	T	T	–	–
Spieki azotkowe (oparte na Si_3N_4) i sialony	–	TF	–	TF	–	–
Spieki wzmocnione wiskerami	TF	TF	TF	TF	–	–
Regularny azotek boru (CBN)	TF	TF	T	T	–	–
Polikrystaliczny diament syntetyczny (PKD)	–	–	–	–	TF	TF

T — toczenie, F — frezowanie, – stosowanie niezalecane, TF — toczenie i frezowanie, TF — zastosowanie główne.

Dziękuję za uwagę