Technologia obróbki skrawaniem (4.01.2022 r.) – Marek Krukowski

<u>Temat: Główne wiadomości własności materiałów narzędziowych</u>

Proszę o zapoznanie się z poniższą literaturą.

2. Materiały stosowane na narzędzia skrawające

2.1. Główne własności materiałów narzędziowych

Materiały narzędziowe są to materiały stosowane do wyrobu części roboczych narzędzi. Chwyty oraz korpusy narzędzi są wykonywane z materiałów narzędziowych tylko wtedy, gdy ze względu na ich wymiary nie mogą być łączone z częścią roboczą, jak to ma miejsce w przypadku narzędzi zgrzewanych, lutowanych lub składanych. Chwyty narzędzi zgrzewanych, lutowanych oraz składanych są wykonywane z materiałów konstrukcyjnych.

Głównymi własnościami decydującymi o jakości materiałów narzędziowych są: twardość, odporność na wysoką temperaturę, wytrzymałość, odporność na ścieranie, zachowanie się podczas hartowania oraz odpowiednia struktura.

Nie wszystkie wymienione własności są wymagane jednocześnie. Przy doborze materiałów na narzędzie należy brać pod uwagę przeznaczenie narzędzia, warunki jego pracy oraz koszt materiału i deficytowość jego składników stopowych.

Podstawowym wymaganiem, któremu powinno odpowiadać narzędzie, jest **twardość**. Twardość narzędzia powinna przewyższać twardość materiału obrabianego o $20 \div 30$ HRC.

Odporność na wysoką temperaturę powinny mieć narzędzia pracujące z dużą prędkością skrawania, gdyż w tym przypadku procesowi skrawania towarzyszy wytwarzanie się znacznych ilości ciepła. Narzędzie ogrzane do temperatury wyższej niż dopuszczalna dla danego materiału narzędziowego traci własności skrawające na skutek utraty twardości (odpuszcza się). Narzędzia pracujące z małą prędkością i przy obfitym chłodzeniu nie są narażone na nadmierne ogrzanie i nie muszą być odporne na wysoką temperaturę.

Znaczną **wytrzymałością** powinny się odznaczać wszystkie narzędzia. Rodzaj wymaganej wytrzymałości zależy od warunków pracy narzędzia, np. przeciągacz powinien być wytrzymały na rozciąganie, wiertła i gwintowniki — na skręcanie, noże tokarskie — na zginanie itp. Narzędzia pracujące z uderzeniami powinny być wytrzymałe na uderzenia. Materiał na tego rodzaju narzędzia musi być bardziej ciągliwy, mniej kruchy.

Odporność na ścieranie jest własnością pożądaną dla wszystkich narzędzi. Wpływa na nią wiele czynników: twardość i struktura stali, temperatura

skrawania, rodzaj tarcia, rodzaj materiału obrabianego, użyty smar. Odporność materiału na ścieranie wzrasta ze wzrostem zawartości w nim węgla. Pozostałe składniki stopowe mają wpływ pośredni, gdyż od nich zależą twardość i rozdział węglików, które tworzą się w stali.

Zachowanie się podczas hartowania to jedna z istotnych własności materiałów narzędziowych, obejmująca takie cechy jak: szybkość chłodzenia podczas hartowania (w wodzie, oleju, powietrzu) konieczna do uzyskania wymaganej twardości, głębokość hartowania, wielkość odkształcenia podczas hartowania i odporność na przegrzanie. Pożądane są: mała szybkość chłodzenia podczas hartowania (olej, powietrze), zapewniająca zmniejszenie odkształceń, oraz odporność na przegrzanie. Głębokość hartowania zależy od rodzaju narzędzia i warunków pracy — np. na gwintowniki i narzynki nie jest potrzebna stal głęboko hartująca się, gdyż powinny się one odznaczać dużą twardością powierzchni roboczej, przy możliwie dużej ciągliwości rdzenia.

Struktura stali stosowanej na narzędzia skrawające powinna być drobnoziarnista. Ziarna sklasyfikowane wg skali Shepherda są oznaczone liczbami $1 \div 10$. Najdrobniejsze ziarno jest oznaczone liczbą 10. Stal o grubszym ziarnie hartuje się na ogół głębiej.

O wyborze materiału na narzędzia, oprócz wymienionych własności, decydują względy technologiczne.

2.2. Stale narzędziowe

2.2.1. Rodzaje materiałów narzędziowych

Rozróżnia się następujące rodzaje materiałów narzędziowych:

- stale narzędziowe niestopowe (węglowe), objęte normą PN-91/H-01010/03, PN-84/H-85020,
- stale narzędziowe stopowe do pracy na zimno, objęte normą PN-86/H-85023,
- stale szybkotnące, objęte normą PN-86/H-85022,
- narzędziowe stopy lane — stellity i stellitopodobne,
- materiały narzędziowe ceramiczne — węgliki spiekane i spiekane tlenki metali,
- materiały ścierne,
- diament.

Na części chwytowe i korpusy narzędzi zgrzewanych i składanych stosuje się następujące materiały konstrukcyjne:

— stale niestopowe jakościowe, objęte normą PN-93/H-84019,
— stale stopowe konstrukcyjne, objęte normą PN-89/H-84030,
— żeliwo stopowe.

Informacje dotyczące stali narzędziowych i szybkotnących podano w tabl. 2-1 do 2-4.

2.2.2. Charakterystyka stali narzędziowych niestopowych (węglowych)

Stale węglowe narzędziowe, w porównaniu ze stalami niestopowymi jakościowymi, mają mniejszą zawartość domieszek w postaci fosforu P i siarki S, mniejszą zawartość manganu Mn oraz bardziej drobnoziarnistą strukturę. Pod względem składu chemicznego stale niestopowe narzędziowe są najprostszymi stalami narzędziowymi, ponieważ nie zawierają innych składników stopowych poza węglem, manganem i krzemem, które wchodzą w skład wszystkich stali. Głównymi składnikami stali narzędziowych niestopowych są żelazo i węgiel. Właściwości poszczególnych odmian stali są uzależnione od zawartości węgla, która wynosi 0,38÷1,3%.

Własności skrawające nadaje się stali za pomocą obróbki cieplnej. Stal węglowa narzędziowa ma po zahartowaniu wystarczającą twardość oraz strukturę lepszą niż stale szybkotnące, jest jednak mniej odporna na ścieranie niż stale szybkotnące oraz stopowe narzędziowe. Wykazuje ona skłonność do odkształceń, ale jest odporna na przegrzanie. Największą wadą stali niestopowej narzędziowej jest jej mała odporność na wysoką temperaturę. Stal ta w temperaturze 200÷250°C zaczyna tracić własności skrawające, a więc nie można jej stosować na narzędzia pracujące w wyższej temperaturze. Należy ją stosować na narzędzia pracujące z małą prędkością skrawania oraz na narzędzia do obróbki ręcznej.

2.2.3. Charakterystyka stali narzędziowych stopowych

Stale narzędziowe stopowe — oprócz węgla C, niewielkich ilości manganu Mn i krzemu Si oraz szkodliwych domieszek fosforu P i siarki S — zawierają inne **składniki stopowe**, jak chrom Cr, nikiel Ni, mangan Mn i krzem Si w większych ilościach, a także wolfram W, molibden Mo, wanad V, kobalt Co, dodawane w celu uzyskania pewnych określonych własności, a mianowicie:
- lepszych własności wytrzymałościowych,
- większej hartowności,
- specjalnych własności fizycznych i chemicznych.

Chrom zwiększa odporność stali na ścieranie i zmniejsza krytyczną szybkość hartowania.

Nikiel zmniejsza szybkość chłodzenia potrzebną do zahartowania. Stal z dodatkiem niklu przehartowuje się głębiej i jest bardziej ciągliwa niż stal węglowa.

Mangan działa na strukturę stali podobnie jak nikiel, lecz w stopniu znacznie silniejszym. Mangan rozszerza zakres austenitu, a po przekroczeniu 9% zawartości manganu przemiana alotropowa w stali już się nie odbywa.

Krzem występuje w stali zawsze jako nieunikniona domieszka w ilości 0,15÷0,3%. Ze wzrostem zawartości krzemu zwiększają się wytrzymałość

i twardość stali oraz jej sprężystość. W stalach narzędziowych stopowych zawartość krzemu wynosi 0,25 ÷ 1,4%.

W o l f r a m i m o l i b d e n zwiększają odporność stali na wysoką temperaturę, umożliwiając zachowanie dużej twardości i odporności na ścieranie w temperaturze do 650°C.

W a n a d wpływa na tworzenie się struktury drobnoziarnistej, zwiększa odporność stali na obciążenia dynamiczne oraz zwiększa twardość i odporność na ścieranie w wysokiej temperaturze.

K o b a l t wpływa dodatnio na twardość i wytrzymałość stali, zmniejsza jej wrażliwość na przegrzanie, zmniejsza zmiany objętościowe stali po obróbce cieplnej.

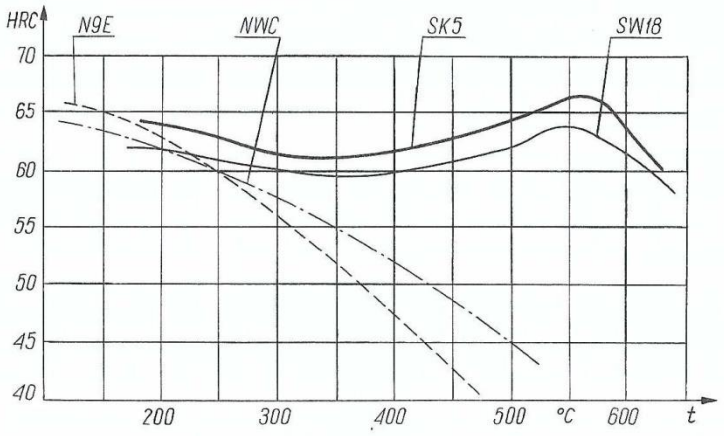
Stale narzędziowe stopowe dzielimy na: stale do pracy na zimno, stale do pracy na gorąco oraz stale szybkotnące.

Stale do pracy na zimno stosuje się na narzędzia przeznaczone do obróbki materiałów, które nie powinny być nagrzewane. W tych przypadkach narzędzia i materiał obrabiany podczas obróbki mogą się nagrzewać w pewnych granicach — na skutek tarcia lub odkształceń. Informacje dotyczące tych stali podano w tabl. 2-2.

Stale do pracy na gorąco stosuje się na narzędzia przeznaczone do obróbki plastycznej metali nagrzanych do temperatury plastyczności lub nawet płynności, np. na narzędzia i foremniki do kucia, formy do odlewania pod ciśnieniem. Stale te nie są używane do wyrobu narzędzi skrawających.

Stale szybkotnące zachowują twardość i zdolność skrawania przy prędkościach skrawania i grubościach warstwy skrawanej wywołujących nagrzewanie się narzędzi do temperatury 650°C. Na rysunku 2-1 przedstawiono zależność twardości stali narzędziowych węglowej N9E i stopowej NWC oraz stali szybkotnących SK5V i SW18 od temperatury.

Własności stali szybkotnących zależą od procentowej zawartości poszczególnych składników stopowych oraz ich wzajemnego stosunku ilościowego.



Rys. 2-1. Zależność twardości stali narzędziowych od temperatury

W skład stali szybkotnących — oprócz węgla C, manganu Mn, krzemu Si, występujących we wszystkich stalach, oraz domieszek szkodliwych, jak siarka S i fosfor P — wchodzą składniki stopowe: wolfram W, chrom Cr, wanad V, kobalt Co oraz molibden Mo. Rozróżniamy stale szybkotnące o zawartości wolframu 15÷20% i stale niskostopowe o zawartości wolframu 8÷10%.

Składniki stopowe stali szybkotnących są dość drogie. Przez zastępowanie składników droższych tańszymi przy odpowiednio dobranej ich zawartości można uzyskać stal szybkotnącą tańszą, o własnościach niewiele ustępujących drogim stalom wysokostopowym.

Informacje dotyczące stali szybkotnących (oznaczenia, skład chemiczny, temperatury kucia, obróbka cieplna, twardość) podano w tabl. 2-3 i 2-4.

Oprócz stali szybkotnących wytwarzanych metodami konwencjonalnymi są wytwarzane również tzw. **spiekane stale szybkotnące** na drodze metalurgii proszków. Półproduktem do wytwarzania tych stali jest proszek o składzie chemicznym odpowiadającym gotowej stali. Istnieje kilka metod CMII (USA), POWDREX (Wielka Brytania), ASEA-STORA (Szwecja), itp. wytwarzania spiekanych stali szybkotnących, w wyniku których otrzymuje się gotowe narzędzia, produkty o kształcie narzędzi zbliżonych do końcowego lub bloki materiału, z których metodami obróbki skrawaniem wykonuje się gotowe narzędzia.

Sproszkowany materiał jest prasowany pod dużym ciśnieniem (1000÷ ÷1500 MPa) i spiekany w wysokiej temperaturze (około 1100°C) w próżni lub atmosferze obojętnej. Po wyżarzeniu zmiękczającym (produkty, które nie od razu mają kształty gotowych narzędzi) można bezpośrednio wykonywać narzędzia stosując obróbkę skrawaniem lub poddać otrzymany materiał obróbce plastycznej na gorąco w celu nadania kształtów i wymiarów odpowiednich do wykonania określonych narzędzi.

Spiekane stale szybkotnące są poddawane obróbce cieplnej podobnie jak stale konwencjonalne. Charakteryzują się bardziej równomierną strukturą w porównaniu ze stalami konwencjonalnymi. Ich twardość po obróbce cieplnej wynosi 67÷69 HRC. W celu polepszenia własności użytkowych są również poddawane obróbce cieplno-chemicznej: azotowaniu, węgloazotowaniu i zabiegom podobnym. W porównaniu ze stalami konwencjonalnymi charakteryzują się korzystniejszymi własnościami technologicznymi: dobrą plastycznością i obrabialnością mechaniczną, bardzo dobrą szlifowalnością, dużą stabilnością wymiarową po hartowaniu i odpuszczaniu oraz lepszymi własnościami skrawnymi w przypadku obróbki stali trudno obrabialnych. Przy zastosowaniu większych prędkości skrawania osiąga się kilku, a nawet kilkunastokrotnie większe trwałości ostrzy narzędzi.

Spiekane stale szybkotnące stosuje się głównie na narzędzia do obróbki materiałów trudno obrabialnych, np.: stali stopowych, stali o dużej wytrzymałości, stali konstrukcyjnych ulepszanych cieplnie, żarowytrzymałych.

Stale te są stosowane na narzędzia tam, gdzie są wymagane zwiększone współczynniki niezawodności pracy narzędzi, a mianowicie przy automatycz-

nej obróbce skrawaniem, tj.: obrabiarkach sterowanych numerycznie, centrach i liniach obróbkowych, obrabiarkach zespolonych i automatach. W szczególności są stosowane na narzędzia do obróbki wykańczającej, gdzie jest wymagana duża wydajność.

Spiekane stale szybkotnące są szczególnie przydatne na narzędzia o bardzo dużych wymiarach i masie oraz złożonych kształtach i zmiennych przekrojach.

2.2.4. Obróbka cieplna narzędzi skrawających

Celem obróbki cieplnej jest nadanie stali odpowiednich własności mechanicznych.

Za kryteria jakości narzędzia przyjmuje się jego **odporność na zużycie** (tj. zachowanie krawędzi skrawającej w stanie nadającym się do pracy), **wytrzymałość** oraz **odporność na uszkodzenia** mechaniczne.

Krawędź skrawająca narzędzi i tworzące ją powierzchnie są narażone na znaczne naciski, co powoduje ich nagrzewanie się i ścieranie podczas pracy. Aby zapobiec zużywaniu się krawędzi skrawającej, należy jej zapewnić twardość o 20÷30 HRC większą od twardości materiału obrabianego.

Rdzeń narzędzia powinien być dostatecznie wytrzymały i ciągliwy.

Chwyty narzędzi (płetwy stożków, zabieraki kwadratowe, chwyty stożkowe i walcowe) są narażone na uszkodzenia podczas pracy, przy ich wybijaniu z gniazd wrzecion oraz przechowywaniu. Uszkodzenie chwytu powoduje niewłaściwą pracę narzędzia i zmniejsza dokładność obróbki.

Z powyższego wynika, że cechą decydującą o jakości narzędzia jest jego t w a r d o ś ć. Wybór stali na narzędzia należy więc uzależnić od twardości, którą w wyniku obróbki cieplnej można uzyskać dla danego gatunku stali w warstwie wierzchniej oraz rdzeniu. Osiągana twardość narzędzia zależy od zawartości węgla i składników stopowych oraz zastosowanej obróbki cieplnej. Informacje dotyczące obróbki cieplnej stali narzędziowej węglowej podano w tabl. 2-1, stali narzędziowej stopowej w tabl. 2-2, a stali szybkotnącej w tabl. 2-4.