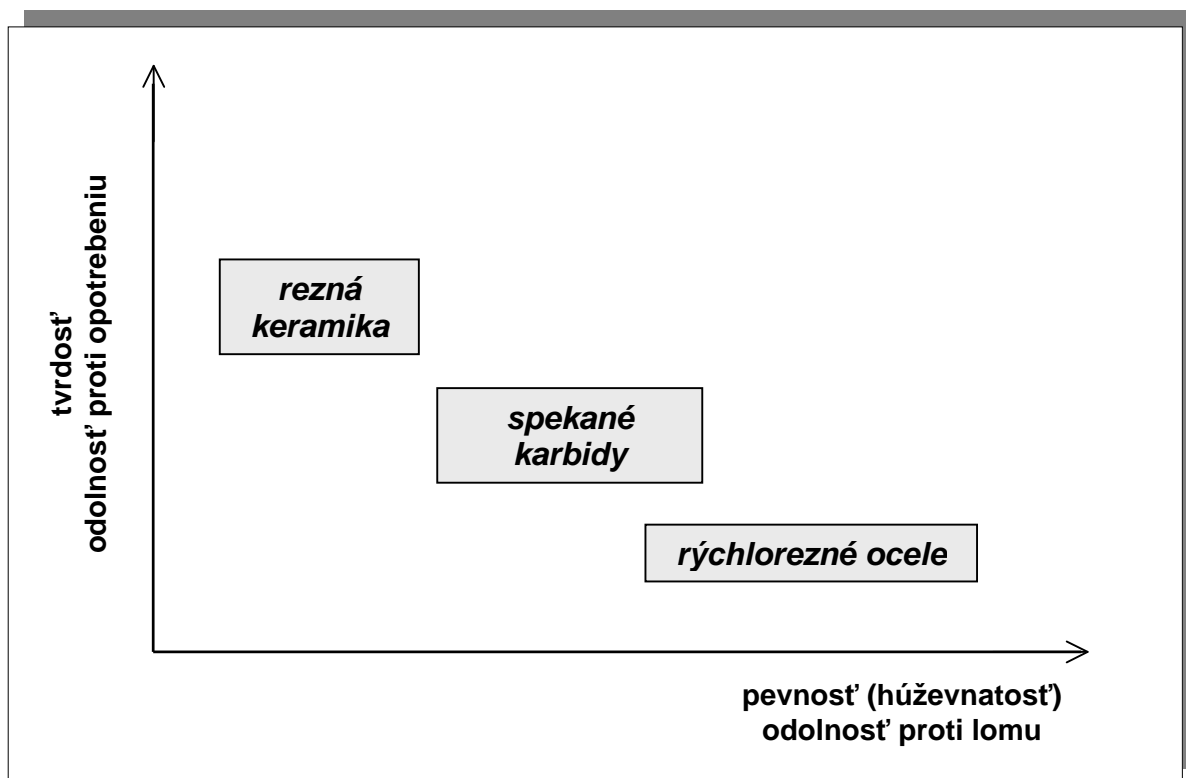


NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY



Obr: Porovnanie mechanických vlastností (tvrdosť- pevnosť) a technologických vlastností (odolnosť proti opotrebeniu- odolnosť proti lomu) hlavných druhov rezných materiálov

1. NÁSTROJOVÉ OCELE

Nástrojové ocele sa vyrábajú z triedených surovín. Na tavenie ocelí sa používajú elektrické oblúkové pece, elektrické indukčné pece alebo špeciálne technologické postupy a agregáty (vákuové pece, elektrotroskové pretavovanie ocelí, technológie práškovej metalurgie, a pod.).

Týmito výrobnými postupmi sa dosahujú nasledovné výhody:

- vysoká čistota ocelí- obsahujú veľmi málo vtrúsenín;
- rovnorodosť (homogenita) štruktúry.

Nástrojové ocele sú drahšie, niekedy podstatne, než konštrukčné ocele. Ich vysokú cenu spôsobujú náročné (drahé) metalurgické postupy ich výroby, ako aj zvýšený obsah legujúcich prvkov.

VŠEOBECNÉ POŽIADAVKY NA NÁSTROJOVÉ OCELE

Z funkcií jednotlivých nástrojov, ktoré sa z nástrojových ocelí vyrábajú, vyplývajú aj požiadavky na materiál nástroja, líšiacie sa podľa druhu nástroja a spôsobu práce. Od nástrojových ocelí sa vyžadujú predovšetkým nasledovné vlastnosti:

- **tvrdosť**- u nástrojových ocelí je daná tvrdosťou popustenej martenzitickej matrice, tvrdosťou prítomných karbidických fáz a ich vytvrdzovacím účinkom. Tvrdosť uhlíkových nástrojových ocelí závisí od obsahu uhlíka- vzrastá až po eutektoidné zloženie a dosahuje asi 67 HRC. U legovaných nástrojových ocelí možno dosiahnuť ešte o niečo vyššiu tvrdosť, a to predovšetkým v dôsledku nahradenia cementitu špeciálnymi karbidmi. Požadovaná tvrdosť pri vyšších teplotách sa dosahuje prísadou karbidotvorných prvkov, hlavne Cr, V, W a Mo. Dokonalé využitie účinku týchto prvkov však vyžaduje príslušnú úpravu

tepelného spracovania, predovšetkým ich prevedenie v čo najväčšom množstve do tuhého roztoku pri ohreve na kaliacu teplotu.

Tvrdosť je základnou požiadavkou pri rezných nástrojoch.

- **húževnatosť**- od húževnatosti závisí životnosť nástrojov pri dynamickom namáhaní. Je ovplyvňovaná hlavne chemickým zložením a tepelným spracovaním. Vysoká húževnatosť nástrojových ocelí sa dosahuje pri nižšom obsahu uhlíka a jemnejšom austenitickom zrne. Priaznivo húževnatosť nástrojových ocelí ovplyvňuje aj prísada Ni.
- **odolnosť proti opotrebeniu**- je dôležitá hlavne pri tvárniacich nástrojoch, pretože ovplyvňuje ich životnosť. Odolnosť proti opotrebeniu úzko súvisí s tvrdosťou nástroja, ale je predovšetkým ovplyvnená množstvom, druhom, tvarom a rozložením karbidov. Závisí teda od obsahu uhlíka a obsahu karbidotvorných prvkov. Najúčinnnejšie sú V, ale aj Mo, W a Cr.
- **odolnosť proti popúšťaniu**- táto vlastnosť je dôležitá najmä pre nástroje pracujúce pri teplotách nad 150 až 200°C. Jedná sa napr. o nástroje pre trieskové o brábanie kovov, nástroje pre tvárnenie ocelí za tepla, formy pre odlievanie kovov, a pod.

Uhlíkové ocele s rastúcou teplotou popúšťania rýchlo mäknú. Zvýšenú odolnosť proti popúšťaniu možno dosiahnuť legovaním prvkami, ktoré posúvajú jednotlivé deje, prebiehajúce pri popúšťaní zakalených ocelí k vyšším teplotám.

- **prekaliteľnosť**- v prípade rezných nástrojov nie je prekaliteľnosť rozhodujúca, vzhľadom na ich prierezy; avšak u celej rady ostatných nástrojov (napr. tvárniacich, akými sú veľké zápustky) je niekedy výhodné, ak má pracovný povrch vysokú povrchovú tvrdosť, kým jadro zostáva húževnaté. Dobrú prekaliteľnosť majú uhlíkové nástrojové ocele.
- **rozmerová stálosť**- jedná sa o požiadavku, ktorá je významná hlavne pre tvarovo presné obrábacie nástroje a meradlá. Príčinou rozmerovej nestability nástrojov sú zvyškové pnutia, ktoré vyvolávajú deformácie ako dôsledok štruktúrnych zmien (štruktúrne zvyškové pnutia) a rozdielov teplôt medzi povrchom a jadrom nástroja pri tepelnom spracovaní (tepelné zvyškové pnutia). Štruktúrne zvyškové pnutia sú spojené so zväčšením objemu pri transformácii austenitu na martenzit alebo sú spojené so zmenšením objemu pri precipitácii karbidov. Sú úmerné obsahu uhlíka v oceli a možno ich ovplyvňovať legujúcimi prvkami, ktoré zväčšenie objemu znižujú (napr. Si, Mo) alebo aspoň nezväčšujú (Mn).

Teplotné zvyškové pnutia možno obmedziť rôznymi opatreniami, ako sú tvarové riešenie nástroja, spôsob jeho uloženia pri ohreve, postup pri ohreve a kalení, atď.

- **technologické vlastnosti**- u tvarovo zložitých nástrojov je dôležitou požiadavkou dobrá obrobiteľnosť; u foriem na lisovanie plastov je navyše uplatňovaná aj požiadavka na dobrú leštiteľnosť.
- **špeciálne požiadavky**- sú špecifické pre jednotlivé druhy nástrojov. Jedná sa napr. o koróznu odolnosť (formy na lisovanie), veľkú tepelnú vodivosť a malú teplotnú rozťažnosť (zápustky a formy pre tlakové liatie). Čoraz častejšie sa kladú požiadavky aj na kvalitu aktívnych plôch nástrojov, preto sa na ne nanášajú špeciálne vrstvy alebo povlaky, čím sa dosahuje zvýšenie ich trvanlivosti a životnosti. Najčastejšie sa jedná o *povrchové kalenie*- laserové alebo elektrónovým lúčom; *chemicko- tepelné spracovanie*- najčastejšie nitridácia, popríp. boridovanie, difúzne chrómovanie; *povlakovanie*- vytváranie tenkých povrchových vrstiev typu TiN (nitrid titánu) a ich modifikácie; *špeciálne postupy*- naváranie, plazmové nástreky prídavných materiálov, galvanické tvrdé chrómovanie- povlaky vylúčené elektrolyticky.

➤ Tepelné spracovanie rýchlorezných ocelí

Tepelné spracovanie rýchlorezných ocelí je zložité a nákladné. Jeho cieľom je dosiahnuť čo najlepšie rezné vlastnosti a najvhodnejšie mechanické vlastnosti nástroja.

1. **žihanie na mätko**- používa sa pre zlepšenie obrobitelnosti výkovkov. Najjednoduchší spôsob žihania na mätko spočíva v pomalom ohreve ocele na teplotu 850°C (podľa typu ocele je táto teplota daná v materiálových listoch) s výdržou 4 až 8 hodín a následným pomalým ochladením v peci do teploty asi 600- 500°C a ďalším pozvoľným chladnutím.
2. **žihanie na zníženie vnútorných pnutí**- slúži na zníženie napätí vzniknutých pri obrábaní pred tepelným spracovaním. Spočíva v pomalom ohreve na teplotu 600- 650°C s 1- 2 h odinovým zotrvaním na teplote a pomalom chladnutí v peci. V takomto stave má ocel perliticko- ledeburitickú štruktúru.
3. **kalenie**- možno ho realizovať ochladzovaním na vzduchu, pretože rýchlorezné ocele sú samokaliteľné (vďaka vysokej legovanosti), a nie je potrebné používať intenzívne chladiace prostredia. Účelom kalenia je rozpustenie väčšiny karbidov a dosiahnutie ich nového, jemnejšieho vylúčenia, za súčasného dosiahnutia optimálnych rezných a mechanických vlastností.

Nástroje z rýchlorezných ocelí sa zahrievajú na kaliacu teplotu **stupňovito**, pretože veľká rýchlosť ohrevu spôsobuje ich praskanie. Ich kaliaca teplota je vyššia ako u bežných konštrukčných ocelí, pohybuje sa v rozmedzí 1200- 1300°C. Prvý stupeň ohrevu sa uskutočňuje na vzduchu, ďalšie už v solných kúpeľoch alebo vo vákuovej peci, a to nasledovne:

1. stupeň ohrevu je na teplotu v intervale **350- 550°C**, s výdržou 1- 2 hodiny. Teplota 550°C je kritickou teplotou, pri ktorej nevzniká oduhličenie nástrojov, preto je možné vykonať ho na vzduchu. Cieľom výdrže na teplote je vyrovnať teplotu jadra a povrchu nástroja, a tým zmenšiť tepelné pnutia.

2. stupeň ohrevu je na teplotu v intervale **820- 850°C**, s výdržou 1- 2 hodiny. Jedná sa o ohrev nad teplotu A_1 , čo umožňuje vyrovnanie štruktúrnych pnutí, ktoré vznikajú zmenou mriežky, teda prekryštalizáciou. Uskutočňuje sa v solnom kúpeli alebo vo vákuu.

3. stupeň ohrevu je na teplotu **1050°C**, v solnom kúpeli. Pri tejto teplote sa karbid $M_{23}C_6$ rozkladá na zložky, ktoré sa rozpúšťajú v austenite a uskutoční s homogenizáciou austenitu. Tento stupeň skraca dobu zotrvania na kaliacej teplote, a teda znižuje aj nebezpečenstvo zhrubnutia zrna.

4. stupeň ohrevu je na teplotu v intervale **1200- 1300°C**, s výdržou menej ako 5 minút, aby nezhrublo zrno a nenatavili sa tenké rezné hrany nástrojov.

Dĺžka zotrvania na teplote kalenia je závislá od jej výšky. S vyššou kaliacou teplotou sa skraca doba výdrže. Voľba kaliacej teploty v predpísanom rozmedzí sa riadi predovšetkým tvarom a spôsobom namáhania nástroja pri používaní. Kaliaca teplota pri spodnej hranici kaliaceho rozmedzia dáva nástroju vyššiu húževnatosť, oteruvzdornosť, odolnosť proti tepelnej únave a menšie rozmerové zmeny. Je teda vhodná pre menšie a tvarovo komplikovanejšie nástroje. Kaliaca teplota pri hornej hranici kaliaceho rozmedzia zvyšuje prekaliteľnosť, odolnosť proti popúšťaniu a tvrdosť pri zvýšených teplotách, a tým zvyšuje aj životnosť nástrojov. Takáto teplota je vhodná pre väčšie nástroje a nástroje jednoduchých tvarov s minimálnymi rozdielmi v priereze.

Po zakalení je štruktúra rýchloreznej ocele tvorená nerozpustenými karbidmi M_6C a MC (v množstve asi 5- 10%), **vysokolegovaným zvyškovým austenitom** (v množstve asi 40- 70%) a **vysokolegovaným martenzitom** (zvyšok do 100%).

4. popúšťanie- zakalenej ocele spôsobí premenu zvyškového austenitu na martenzit, premenu tetragonálneho martenzitu na martenzit skoro kubický a vylúčenie karbidov disperzne vytvrdzujúcich ocel'. Vysokolegovaný zvyškový austenit je stabilný a počas popúšťania z neho precipitujú karbidy, čím sa zmenší jeho stabilita a časť z neho sa premení na martenzit. Preto treba popúšťať viackrát za sebou:

po 1. popúšťaní- dochádza k popusteniu martenzitu, časť zvyškového austenitu sa premení na martenzit₁, zostáva zvyškový austenit₁, dochádza k precipitácii karbidov z popusteného martenzitu a zvyškového austenitu;

po 2. popúšťaní- dochádza k popusteniu martenzitu₁, časť zvyškového austenitu₁ sa premení na martenzit₂, zostáva zvyškový austenit₂, dochádza k precipitácii karbidov z popusteného martenzitu₁ a zvyškového austenitu₁;

po 3. popúšťaní- dochádza k popusteniu martenzitu₂, časť zvyškového austenitu₂ sa premení na martenzit₃, zostáva zvyškový austenit₃, dochádza k precipitácii karbidov z popusteného martenzitu₂ a zvyškového austenitu₂;

Po treťom, maximálne štvrtom popúšťaní je premenený takmer všetok zvyškový austenit, ktorý by sa mohol premieňať pri pracovnej teplote nástroja, aj keď nejaké percento zvyškového austenitu zostáva. Nástroj je teda rozmerovo stabilný a pripravený na použitie.

Popúšťanie nástrojov musí nasledovať v najkratšej dobe po ich zakalení, lebo základom štruktúry sú nerovnovážne fázy (martenzit+zvyškový austenit), ktoré sa vyznačujú vysokou hustotou dislokácií a bodových porúch. Rozdiely v ich merných objemoch vyvolávajú veľké vnútorné pnutia. Popúšťaním prebiehajú štruktúrne zmeny, pri ktorých sa sústava blíži k rovnovážnemu stavu (mení sa štruktúra, fyzikálne a mechanické vlastnosti).

Doba výdrže na popúšťacej teplote je asi **1 hodina** na každých **25 mm hrúbky**, **minimálne však 30 minút**. Rozpad zvyškového austenitu prebieha počas ochladzovania z popúšťacej teploty a po každom popúšťaní sa musí nástroj ochladiť na teplotu okolia.

2. SPEKANÉ KARBIDY

Spekané karbidy boli vyvinuté v Nemecku v roku 1932, pod označením „widia = wie Diamant“, vzhľadom na ich vnikajúcu tvrdosť. Okrem toho sú spekané karbidy stále aj pri vysokých teplotách, majú vysokú pevnosť v tlaku a odolnosť proti opotrebovaniu.

Slovenský názov spekaný karbid charakterizuje spôsob výroby materiálu (spekanie) a hlavnú chemickú zložku materiálu- **karbid** (karbid je chemická zlúčenina uhlíka s kovom a vyznačuje sa vysokou tvrdosťou).

Spekané karbidy sa najčastejšie používajú na výrobu vymeniteľných rezných doštičiek pre sústružnícke nože, frézy, na najnamáhanejšie časti tvárniacich nástrojov a na výrobu rôznych súčastí vystavených opotrebovaniu.

Základným druhom spekaných karbidov je systém **WC- Co**, ktorý vzniká spekaním zmesi veľmi jemných práškov karbidu wolfrámu WC a kobaltu. Častice prášku WC majú obvykle rozmery niekoľko mikrometrov. Proces spekania spravidla prebieha vo vákuu pri takej teplote, kedy sa prášok kobaltu roztaví a navzájom spojí častice WC.

Niektoré typy spekaných karbidov obsahujú spolu s karbidom wolfrámu aj karbid titánu TiC, príp. karbid tantalu TaC a karbid chrómu typu Cr₃C₂. Jednotlivé typy spekaných karbidov sa odlišujú množstvom spojiva, množstvom jednotlivých typov karbidov, veľkosťou karbidických častíc, a pod.

Väčšina vymeniteľných rezných doštičiek zo spekaných karbidov sa v súčasnosti používa s tvrdými povrchovými vrstvami- povlakmi, vytvorenými metódami typu CVD, teda ich vylučovaním z plynnej fázy na povrch spekaného karbidu. Povlaky na spekaných karbidoch bývajú obvykle viacvrstvové a obvykle ich tvoria tvrdé chemické zlúčeniny TiC, TiN a Al₂O₃.

3. KERAMICKÉ REZNÉ MATERIÁLY

Používajú sa predovšetkým vo forme vymeniteľných rezných doštičiek, ale aj na funkčné plochy meradiel a špeciálnych prievlakov. Vyrábajú sa spekaním veľmi jemných práškov veľmi tvrdých a chemicky a tepelne odolných chemických zlúčenín. Najčastejšie sa používa keramika na báze kyslíčnika hlinitého Al₂O₃ a Si₃N₄. Hlavný rozdiel medzi spekanými karbidmi a keramickými reznými nástrojmi je v tom, že keramické materiály **neobsahujú kovové spojivo** (ktorým je v prípade spekaných karbidov kobalt). Z toho vyplýva, že keramické materiály majú vyššiu termickú stabilitu ako spekané karbidy (až do teplôt 600- 1000°C) a možno ich viac tepelne zaťažiť. Keďže však neobsahujú kovové spojivo sú krehkejšie. Ich nízka húževnatosť sa odstraňuje spracovaním a modifikáciou mikroštruktúry. Ich nevýhodou je, že sú náchylné na tepelné šoky a nemožno predpovedať čas do porušenia.

Z hľadiska chemického zloženia sa keramické rezné materiály rozdeľujú na tieto tri skupiny:

- oxidová keramika
- zmiešaná keramika
- neoxidová keramika

Oxidová keramika sa niekedy podľa vonkajšieho vzhľadu (farby) nazýva ako **biela** keramika, zmiešaná keramika sa podľa farby označuje **čierna** keramika. Názov **zmiešaná keramika** charakterizuje skutočnosť, že vzniká zmiešaním **práškov oxidov a neoxidických chemických zlúčenín**- obvykle karbidov, príp. nitridov (napr. k Al₂O₃ sa pridávajú častice TiC alebo TiN, alebo SiC). Názov neoxidová keramika charakterizuje skutočnosť, že materiál **neobsahuje prášky kyslíčnikových kovov**. Patrí sem keramika na báze Si₃N₄, ktorá sa vyznačuje vysokou pevnosťou (nad 1000 MPa). Používa sa na výrobu nástrojov na sústruženie a rezanie sivej liatiny.

4. STELLITY

Stellity sú zliatiny na báze kobaltu, objavené v roku 1907. Majú dosť premenlivé zloženie, najčastejšie sa jedná o zliatiny kobaltu a kovov vytvárajúcich tvrdé karbidy, hlavne chrómu a wolfrámu. Niekedy obsahujú ešte Ni, Mo, V, Ta a Ti.

Stellity sú krehké, neobrobiteľné a nekaliteľné. Hlavnou štruktúrnou zložkou, ktorá zabezpečuje ich rezné vlastnosti je karbid M₇C₃, ktorý je stály až do 1000°C. V porovnaní rýchloreznými ocelami majú podstatne lepšie rezné vlastnosti a odolnosť proti opotrebeniu. Odlievajú sa z nich plátky, ktoré sa navárajú na ocelové rezné nástroje, alebo sa používajú priamo ako návarový materiál (napr. na naváranie zubov- obvykle drevoobrábacích pílových kotúčov).

5. DIAMANT

Prírodné a syntetické diamanty sa používajú na nástroje len v špeciálnych prípadoch. Nože s diamantovými britmi sú vhodné na obrábanie zliatin neželezných kovov, gumy, plastov, keramiky, liatin, a pod. Bežné je ich použitie na nástroje pre zarovnávanie brusných kotúčov.

6. NITRID BÓRU

Jedná sa o veľmi tvrdý syntetický materiál (druhý najtvrdší po diamante), odolný proti opotrebeniu. Používa sa často ako abrazivo v brúsných kotúčoch a na obrábanie materiálov na báze železa, v aplikáciách, kde nie je možné použiť na obrábanie diamant alebo nástroje s diamantovými povlakmi. Výhodou je jeho vyššia tepelná stálosť než má diamant.

V prírode sa nevyskytuje, získava sa pri vysokých tlakoch z nitridu boritého, vo forme prášku. Nie je vhodný na vytváranie povlakov. Vzhľadom na jeho dostupnosť a náročnosť výroby, je drahý.

7. OSTATNÉ MATERIÁLY NA NÁSTROJE

• konštrukčné ocele na nástroje

Okrem nástrojových ocelí, požiadavkám na výrobu mnohých nástrojov a náradia vyhovujú aj konštrukčné ocele. Podstatne nižšia je aj ich cena. Príklady ich použitia sú v nasledujúcej tabuľke.

• liatiny na nástroje

V prípadoch, kedy nie sú kladené veľké požiadavky na pevnostné vlastnosti, húževnatosť a plasticitu, možno použiť na výrobu nástrojov aj rôzne druhy liatin. Napr. sivé a tvárne liatiny možno použiť na výrobu ohýbadiel plechov, veľkých ťažných tŕnov, kokíl na odlievanie odliatkov zo šedej liatiny, zliatin medi, hliníka, horčíka. Temperované liatiny sa používajú na výrobu montážneho náradia.

Tabuľka: Príklady použitia konštrukčných ocelí na nástroje

Trieda ocele podľa STN	Príklad použitia
11	11 371, 11 500- kováčske kliešte 11 600, 11 423- lopaty, motyky 11 523- hrable 11 600- krompáče, vidly 11 700- valce valcovacích stolíc, rýle
12	12 010, 12 020(cementovaná)- nožnice jednoduchých tvarov pre malé výstrižky z mäkkých materiálov, formy pre odliatky z Al, Mg a ich zliatin, čeľuste zverákov 12 050- pretlačovacie matrice a tŕny na výrobu rúrok z Pb a jeho zliatin, záhradnícke nožnice, kladivá 12 060- kladivá, hasáky 12 090- kosáky na trávu alebo slamu
13	13 180- lišty kotúčových píl na kovy
14	14 101- holiace čepelky, píly na kovy 14 160- hoblíkové nože, sekáčky na mäso 14 180- píly na drevo, ručné nástroje na drevo 14 260- nože hoblovacích valcových hláv na drevo, vložky čelustí zverákov
15	15 200- pílové listy na kovy 15 260- tepelne menej namáhané oporné krúžky a podložky, montážne kľúče
16	16 190- pílové listy na drevo, ručné škrabáky na kôru 16 252- valce pre valcovacie stolice
17	17 024- posuvné meradlá, príborové nože, chirurgické nástroje 17 041- kalibre, vreckové nože 17 042- chirurgické nástroje, ktoré nie sú určené na rezanie 17 241, 17 242- náradie pre sklenársky a keramický priemysel 17 460, 17 471- kuchynské príbory

