

Název veřejné zakázky:

**Dodávka analytického rastrovacího elektronového mikroskopu s vysokým rozlišením vč. zařízení na přípravu vzorků pro projekt NTIS**

**Odůvodnění vymezení technických podmínek veřejné zakázky ve vztahu k potřebám veřejného zadavatele podle § 156 odst. 1 písm. c) zákona č. 137/2006 Sb., v platném znění**

**Rastrovací elektronový mikroskop (FE-SEM) pracující v režimu vysokého vakua**

- Elektronové dělo se Schottkyho emitorem ZrO/W s garantovanou životností minimálně 6 000 hodin, případně garance této provozní doby bez dalších nákladů v nabídkové ceně

Nutná podmínka, zaručující možnost využívání elektronového mikroskopu jak pro zobrazení s vysokým rozlišením, tak pro analytické účely s ohledem na maximální využití přístrojového času zařízení a ekonomičnost jeho provozu.

- Stabilita proudu elektronového svazku lepší než 1 % po dobu minimálně 8 hodin

Nutná podmínka zaručující, že minimálně po dobu 1 pracovní směny budou výsledky provedených analýz dostatečně přesné a reprodukovatelné.

- **Obrazové rozlišení:**

- režim SE (sekundární elektrony) při 30 kV – minimálně 1,0 nm
- režim SE (při 1 kV) – minimálně 1,6 nm
- režim BSE (zpětně odražených elektronů) při 30 kV – minimálně 3,0 nm
- režim TE (procházejících elektronů) – minimálně 1,0 nm

Nutné podmínky zaručující dostatečné obrazové rozlišení pro zobrazení struktury a topografie analyzovaných vzorků při jednotlivých zobrazovacích módech vzhledem k předmětu výzkumu zadavatele.

- Rozsah zvětšení – minimálně 25x až 800 000x na standardní fotografii Polaroid 127 x 93,5 mm

Požadovaný rozsah zvětšení nezbytný pro komplexní studium struktury a topografie analyzovaných vzorků.

- Rozsah urychlovacího napětí – minimálně od 0,1 kV do 30 kV (s krokem maximálně 0,1 kV)

Nezbytná podmínka zaručující možnost nastavení optimálního urychlovacího napětí pro zobrazení a analýzu studovaných vzorků.

- Proud elektronového svazku 1 pA – 200 nA (při 15 kV) a více než 300 nA (při 30 kV)

Nezbytná podmínka zaručující možnost nastavení optimálního proudu sondy pro zobrazení a analýzu studovaných vzorků.

- Nezávislá regulace urychlovacího napětí a proudu sondy

Nezbytná podmínka pro nastavení optimálních pracovních podmínek elektronové sondy při analýze studovaných vzorků.

- **Automatické funkce:**

- automatické zaostření
- automatická regulace sigmatizmu

Nezbytná podmínka, zaručující určitý komfort obsluhy při základním zobrazení analyzovaných vzorků.

- Detektory:

- out-lens detektor SE
- in-lens detektor SE
- výsuvný polovodičový detektor BSE s minimálně 4 segmenty
- vysunovatelný detektor procházejících elektronů (TE) se zobrazením ve světlém poli (BF) a temném poli (DF)

Nezbytná sada detektorů potřebná pro realizaci požadovaných zobrazovacích módů, či jejich případných kombinací, za účelem komplexního studia složení a povrchové topografie vzorků.

- Možnost současného snímání obrazů SE a BSE a také SE a TE při všech urychlovacích napětích

Současné snímání 2 živých obrazů a možnost jejich vzájemné kombinace vede k získání komplexní informace o topografii a kompozici analyzovaného materiálu.

- Systém redukující případnou kontaminaci elektronové optiky ze vzorku - vymrazovací past

Vymrazovací past minimalizuje kontaminaci optiky elektronového mikroskopu, způsobenou analyzovanými vzorky, čímž prodlužuje kvalitu zobrazení a snižuje náklady na servis.

- Zorné pole minimálně 4 mm při zvětšení 25x

Velikost zorného pole při minimálním zvětšení usnadňuje základní orientaci na povrchu analyzovaného vzorku a nalezení požadovaného místa pro provedení analýzy.

- Stolek pro vzorky – eucentrický typ s motorizací v 5 osách v rozsahu

- osa X minimálně 100 mm
- osa Y minimálně 100 mm
- osa Z minimálně 35 mm
- rotace 360°
- náklon minimálně od -3° do 70°

Stolek pro vzorky musí umožnit polohování analyzovaných vzorků o min. rozměrech – průměr 150 mm a výšky 25 mm, resp. držáku s více vzorky téhož průměru, tj. jejich translaci ve 3 vzájemně kolmých osách, rotaci a náklon v závislosti na použité analyzační technice.

- Předkomora pro výměnu vzorků o min. rozměrech – průměr 150 mm a výška 25 mm

Předkomora pro výměnu vzorků je nutná pro maximalizaci využití přístrojového času a minimalizaci prostojů z důvodu čerpání komory mikroskopu po výměně vzorku.

- Plně automatický vakuový čerpací systém

Zvýšení komfortu obsluhy elektronového mikroskopu.

- Vzorková komora musí být čerpána pomocí turbomolekulární vývěvy s rotorem uloženým v magnetických ložiscích a bezolejové primární vývěvy na hodnotu min.  $10^{-4}$  Pa

K zajištění rychlého vyčerpání komory elektronového mikroskopu na potřebné vakuum ( $10^{-4}$  Pa) a eliminaci uhlovodíků v komoře je požadováno čerpání pomocí bezolejového čerpacího systému s turbomolekulární vývěvou.

- Prostor elektronového děla musí být čerpán iontovou vývěvou na hodnotu min.  $10^{-7}$  Pa

Nezbytná podmínka pro správnou funkci elektronového děla se Schottkyho emitorem ZrO/W a jeho životnost.

- Apertura objektivové čočky nastavitelná do několika poloh se snadnou a jednoduchou výměnou při funkčním proudu elektronového svazku

Apertura objektivové čočky oje nezbytná k nastavení hloubku ostrosti obrazu a tím i kvality zobrazení mikroskopem.

- Infračervená kamera pro pozorování situace ve vzorkové komoře

Vizualizace aktuálního stavu ve vzorkové komoře a bezpečné manipulování se vzorkem (posun, náklon, apod.) vzhledem k detektorům a objektivové čočce.

- Faradayův pohárek pro měření proudu na vzorku

Nezbytný pro měření proudu elektronů procházejícím vzorkem.

- Možnost pozorovat a ukládat obrazy o velikosti větší než 15 Mpixelů ve formátech TIFF, BMP a JPG

Požadavek nezbytný pro získání vysoce kvalitního zobrazení povrchové topografie vzorku a možnosti zpracování tohoto zobrazení i pomocí jiných obrazových software používaných zadavatelem.

- Možnost získat 3D obrazová a kvantitativní topografická data o povrchu vzorku bez náklonu vzorku

Požadavek na získání 3D obrazových a kvantitativních topografických dat povrchu analyzovaného materiálu bez nutnosti jeho náklonu za účelem zefektivnění a zrychlení analýzy.

- Ovládání všech parametrů SEM pomocí počítačového systému s příslušným softwarem (minimálně 1 (jedna) licence), plochý monitor minimálně 24'', DVD-RW, USB rozhraní a síťová karta

Zvýšení komfortu obsluhy elektronového mikroskopu a zajištění kompatibility s ostatními analýzami (EDS, WDS, EBSD apod.).

### **Energiově disperzní detektor (EDS)**

- Hardware i software EDS plně integrovaný se SEM (ovládání EDS a SEM pomocí jedné myši a klávesnice)

Nutná podmínka zaručující vzájemnou kompatibilitu analyzačního systému EDS s hardware a software rastrovacího elektronového mikroskopu, která je nezbytná pro komplexní analýzu studovaných materiálů.

- Použití detektoru s bezdusíkovým chlazením (technologie SDD „Silicon Drift Detector“)

Nutná podmínka zaručující dlouhodobý bezproblémový provoz EDS detektoru a zvýšení komfortu obsluhy.

- Plocha detektoru minimálně 30 mm<sup>2</sup>

Nezbytná podmínka zaručující dosažení dostatečné citlivosti EDS detektoru a požadovanou rychlost analýzy prvkového složení materiálů.

- Rozlišení minimálně 129 eV (pro čáru K $\alpha$  Mn)

Požadované minimální rozlišení EDS detektoru, zaručující bezproblémovou kvalitativní a kvantitativní analýzu složení vyvíjených materiálů.

- Detekce prvků počínaje beryliem (Be) a dále

Vzhledem k zaměření materiálového výzkumu požadujeme, aby byl systém EDS schopen detekovat a kvantifikovat prvky beryliem počínaje a dále.

- Rychlost načítání vyšší než 300 000 cps („counts stored per second“)

Nezbytná podmínka zaručující požadovanou rychlost analýzy prvkového složení materiálu.

- Vybavenost ovládacím počítačovým systémem se software (minimálně 1 (jedna) licence) podporujícím EDS spektrometr, analýzu a záznam dat a minimálně umožňujícím:

Pro potřebu zadavatele provádět komplexní kvalitativní a kvantitativní prvkovou analýzu zkoumaných materiálů musí dodaný software umožňovat požadované funkce, a to s ohledem na minimalizaci potřebného přístrojového času

- snímání RTG spekter (kvantitativně i kvalitativně)
  - v bodě
  - na ploše celé zobrazené oblasti či na operátorem vybrané oblasti plochy
  - podél jakékoliv zvolené čáry
- určit prvkové složení operátorem vybraných prvků na zvolené ploše (minimálně 25 prvků současně)
- snímat úplné spektrum pro každý zobrazovací bod (pixel) ve zvolené oblasti na zvolené ploše s rozlišením minimálně 1024x1024 pixelů
- registraci elektronových obrazů
- automatickou a manuální kvalitativní analýzu (s automatickou identifikací čáry)
- modelování pozadí
- kvantitativní analýza
- bezstandardová analýza
- korekční systémy PROZA, ZAF a korekce matrice pro TEM tenké řezy

SEM a maximalizaci efektivnosti jeho využití s ohledem na charakter prováděného výzkumu.

- sada standardů (minimálně 50 standardů kovů a minerálů)

Vzhledem k potřebě zadavatele provádět kvantitativní prvkovou analýzu s vysokou přesností požadujeme sadu kalibračních standardů pro kovy a minerály.

### **Vlnově disperzní spektrometr (WDS)**

- Vysoce citlivý systém s rozsahem energií minimálně 160 eV až 12 keV
- Automatické nastavení WDS s využitím informace z EDS
- Automatická WDS kalibrace
- Plná integrace WDS do software pracujícího s EDS, včetně automatické WDS validace

Vzhledem k zaměření materiálového výzkumu požadujeme, aby byl systém WDS schopen detekovat a kvantifikovat prvky beryliem počínaje a dále, tj. v požadovaném energetickém rozsahu.

Zvýšení komfortu obsluhy WDS analýzy a zkrácení času příslušné analýzy.

Zvýšení komfortu obsluhy WDS analýzy a zkrácení času příslušné analýzy.

Nutná podmínka zaručující vzájemnou kompatibilitu analyzačních systémů EDS a WDS, jenž jsou součástí

identifikace EDS piků

analytického rastrovacího elektronového mikroskopu, která je nezbytná pro komplexní analýzu studovaných materiálů.

### EBSD systém

- Specializovaná CCD kamera pro snímání obrazu s rozlišením minimálně 640x480 pixelů s rychlostí indexace větší než 600 fps

CCD kamera je požadována k zaznamenání obrazů EBSD (jejich digitalizaci) a následné zpracování příslušným software. Požadované technické parametry zohledňují rychlost analýzy a kvalitu získaných dat (rozlišení) nezbytné pro komplexní analýzu struktury analyzovaných vzorků.

- Interface pro připojení k SEM umožňující ovládání SEM prostřednictvím EBSD systému

Zvýšení komfortu obsluhy elektronového mikroskopu a zajištění kompatibility EBSD a SEM.

- Systém musí zajišťovat současné snímání map EBSD a map EDS (spektrální kvantitativní mapy obsahující úplné RTG spektrum pro každý pixel)

Nezbytná podmínka pro minimalizaci přístrojového času tím, že díky konstrukci komory SEM umožní současně provádět 2 analýzy.

- Fosforové stínítko pro záznam obrazů EBSD

Fosforové stínítko je nezbytné pro zviditelnění obrazů EBSD a jejich následné zaznamenání pomocí CCD kamery.

- Software (minimálně 1 (jedna) licence) umožňující
  - snímání elektronových obrazů a EBSD
  - ovládání všech parametrů detektoru (integrace, „pixel binning“)
  - automatická indexace pomocí Houghovy transformace
  - typ mapování OIM
  - možnost prezentování EBSD dat v Eulerově prostoru (ODF, MODF)
  - možnost analyzovat vícefázové materiály (minimálně 4 fáze)
  - mapování hranic zrn s možností jejich rekonstrukce
  - identifikace fází (společně s analýzou EDS)
  - prezentace výsledků analyzované fáze

Pro potřebu zadavatele provádět komplexní strukturní a fázovou analýzu zkoumaných materiálů musí dodaný software umožňovat požadované funkce, a to s ohledem na minimalizaci potřebného přístrojového času SEM a maximalizaci efektivnosti jeho využití pro charakter prováděného výzkumu.

**Systémy EDS, WDS a EBSD musí být vyrobeny jedním výrobcem a pracovat na stejné softwarové platformě**

Z důvodů zaručení nezbytné vzájemné kompatibility systémů EDS, WDS a EBSD, musí být tyto vyrobeny stejným výrobcem. Pokud bychom připustili různé výrobce těchto systémů, pak nám nikdo nezaručí jejich vzájemnou kompatibilitu nezbytnou pro komplexní analýzu studovaných

materiálů, např. systémy nebudou schopny vzájemně sdílet data, pracovat současně v reálném čase, využívat nastavení parametrů a měřících podmínek jednoho systému na základě již provedené analýzy druhým systémem.

### **Modulární katodoluminiscenční systém (CL), umožňující spektrální analýzu katodoluminiscenčního efektu**

- Achromatické parabolické zrcadlo pracující minimálně v rozsahu 200 až 2000 nm, včetně
  - mechanismu pro zasunutí a vysunutí zrcadla z tubusu SEM motorizovaně
  - systému přesného polohování ve 3 osách (X-Y-Z)
  - příruby pro montáž k mikroskopu
- Pracovní vzdálenost (working distance) maximálně 15 mm
- Digitální systém pro ovládání elektronového svazku
- Možnost spektrální analýzy – monochromátor s ohniskovou vzdáleností minimálně 120 mm umístěný mimo mikroskop a opatřený:
  - minimálně 2 difrakčními mřížkami
  - minimálně 1 výstupem pro detektor
  - motorizovaným karuselem s filtry
- Nezbytný přechodový optický modul pro zavedení CL signálu do monochromátoru pomocí světlovodiče
- PMT detektor s min. rozsahem 200 až 850 nm
- Software pro ovládání systému s možností získání monochromatických CL obrazů (map) s minimálně 1 (jednou) licencí
- Adaptér pro montáž CL systému na komoru mikroskopu

Achromatické parabolické zrcadlo s požadovaným spektrálním rozsahem je nezbytné pro sběr fotonů uvolněných ze zkoumaného materiálu s pomocí elektronového svazku, přičemž motorizovaný mechanismus jeho nastavení a polohování je nezbytný k tomu, aby toto zařízení neomezovalo zadavatele v provádění ostatních požadovaných analýz potřebných pro plnění výzkumného záměru.

Vzhledem k požadavku zadavatele na rozlišovací schopnost systému, musí být pracovní vzdálenost menší než 15 mm.

Zvýšení komfortu uživatele při provádění analýz materiálů pomocí katodoluminiscence (CL) v elektronovém mikroskopu.

K zajištění dostatečné spektrální rozlišovací schopnosti přístroje a odstupu signál/šum při analýze materiálů musí být monochromátor s ohniskovou vzdáleností monochromátoru min. 120 mm opatřen alespoň 2 difrakčními mřížkami a motorizovaným karuselem s filtry.

Přechodový optický modul je nezbytný k zajištění vyvedení CL signálu ze SEM, a to s minimálními ztrátami na jeho intenzitě, a jeho přivedení pomocí světlovodiče do analyzačního monochromátoru.

Fotonásobič (PMT detektor) musí zadavateli umožňovat detekci záření od UV oblasti po viditelnou část spektra, viz požadovaný rozsah, aby bylo možno analyzovat požadované materiály.

Nezbytná podmínka umožňující obsluhu SEM snímat a vyhodnotit naměřená spektra za účelem stanovení fázového složení analyzovaných vzorků.

Požadovaný adaptér musí umožnit bezproblémovou montáž CL systému ke komoře SEM.

- Možnost pozdějšího rozšíření o jiné typy spektrografů a detektorů pro hyperspektrální měření

Vzhledem k zaměření výzkumu, musí mít zadavatel možnost, v případě potřeby, rozšířit nainstalovaný CL systém i o jiné typy detektorů (např. pro IR oblast spektra) a spektrografů pro hyperstrukturální měření.

### **Modulární zdroj RTG záření s polykapilární optikou pro SEM/EDS**

- Zdroj RTG záření s mikrofokusací maximálně na průměr stopy 65 um

Z hlediska požadované kvalitativní a kvantitativní prvkové analýzy více-fázových objemových vzorků musí být systém SEM vybaven zdrojem rentgenového záření s mikrofokusací na průměr analyzační stopy max. 65 um, aby bylo zajištěno dostatečné prostorové rozlišení.

- Kapilární optika a montážní adaptér na komoru mikroskopu

S ohledem na rychlost analýzy požadujeme fokusaci RTG záření na potřebný průměr stopy rentgenovou optikou (kapilární optikou).

- Ovládací elektronika a napájecí zdroj

Zařízení musí být vybaveno potřebnou ovládací elektronikou a napájecím zdrojem zajišťujícím jeho správnou funkci.

- Software pro nastavení provozních parametrů a ovládání clony RTG zdroje s minimálně 1 (jednou) licenci

Zařízení musí být vybaveno potřebným software pro nastavení provozních parametrů a ovládání clony RTG zdroje obsluhou SEM.

- Software pro zpracování spekter, jejich vyhodnocení a kvalitativní a kvantitativní analýzu vzorků s minimálně 1 (jednou) licenci

Nezbytná podmínka umožňující obsluhu SEM zpracovat a vyhodnotit naměřená rentgenová spektra za účelem stanovení kvalitativního a kvantitativního prvkového složení objemových vzorků.

- Adaptér pro montáž modulárního zdroje RTG záření na komoru mikroskopu

Požadovaný adaptér musí umožnit bezproblémovou montáž modulárního zdroje RTG záření ke komoře SEM.

### **Systém pro přípravu vzorků technikou „ion-milling“**

- Zdroj iontů Ar

Vzhledem k faktu, že laboratoř disponuje rozvodem plynného argonu, požadujeme, aby zařízení pro přípravu vzorků pro TEM aplikace fungovalo na principu iontů argonu.

- Typ se 3 elektrodami

Zdroj iontů musí být Penningova typu se 3 elektrodami pro zajištění dostatečné intenzity iontů Ar a jejich energetického profilu.

- Urychlovací napětí minimálně od 0 do 6 kV

Nutná podmínka pro zajištění požadované energie iontů Ar dle typu materiálu připravovaného vzorku.

- Proud výboje minimálně od 0 do 500  $\mu$ A

Nutná podmínka pro optimalizaci rychlosti přípravy vzorku dle typu jeho materiálu a energie iontů Ar.

- Minimální velikost vzorku – průměr 50 mm, výška 25 mm

Zařízení musí umožnit připravovat vzorku o specifikovaném rozměru s ohledem na minimalizaci nákladů spojených s

- Náklon vzorku v rozsahu 0 až 90°
- Řízení průtoku argonu pomocí hmotového průtokoměru
- Modul pro opracování řezu vzorkem („cross-section“)
- Integrovaný optický mikroskop pro pozorování stavu procesu
- Stolek pro vzorek kompatibilní s komorou SEM pro snadné přenášení vzorku

přípravou vzorků.

Vzhledem k optimalizaci pracovních parametrů procesu „ion milling“ musí zařízení umožňovat náklon vzorku v požadovaném rozsahu.

Pro plynulé a reprodukovatelné nastavení průtoku argonu musí být zařízení vybavené hmotovým průtokoměrem argonu.

Zařízení musí obsahovat modul pro opracování řezu vzorkem, aby bylo možné sledovat i vnitřní mikrostruktury materiálu analyzovaného vzorku.

Za účelem sledování stavu procesu přípravy vzorku požadujeme, aby příslušné zařízení bylo vybaveno optickým mikroskopem umožňujícím tuto funkci.

Stolek pro vzorek musí být kompatibilní s komorou SEM tak, aby umožňoval snadné přenášení vzorku mezi zařízením pro jeho přípravu a komorou SEM.

### **Systém pro dekontaminaci organických složek na povrchu vzorku**

- Samostatný systém pro dekontaminaci vzorků pomocí UV záření a ozonu nebo obdobné řešení integrované v komoře mikroskopu
- Stolek pro vzorek kompatibilní s komorou rastrovacího mikroskopu pro snadné přenášení vzorku v případě samostatného dekontaminačního systému
- Možnost uložení vzorků pod vakuem v případě samostatného dekontaminačního systému

Samostatný systém pro dekontaminaci vzorků pomocí UV záření a ozonu, nebo obdobné řešení integrované v komoře mikroskopu, požadujeme kvůli zkvalitnění zobrazení analyzovaného vzorku v elektronovém mikroskopu.

S ohledem na snadnost a rychlost přenesení vyčištěných vzorků ze zařízení do elektronového mikroskopu požadujeme, aby stolek pro vzorek/y byl u obou zařízení vzájemně kompatibilní.

V případě samostatného dekontaminačního systému požadujeme, aby tento měl možnost uložení již připravených vzorků pod vakuem, aby se tak minimalizovala možnost kontaminace jejich povrchů nečistotami z okolní atmosféry.

### **Systém pro přípravu vzorků na TEM aplikace**

- Příprava vzorků pro TEM aplikace (tenké fólie) pomocí iontů argonu
- Řízení energie iontového svazku nastavováním urychlovacího napětí 0,1 až 8,0 kV

Vzhledem k faktu, že laboratoř disponuje rozvodem plynného argonu, požadujeme, aby zařízení pro přípravu vzorků pro TEM aplikace fungovalo na principu iontů argonu.

S ohledem na charakter materiálů vzorků, jež budou tímto zařízením připravovány, požadujeme řízení energie iontového svazku nastavováním urychlovacího napětí v požadovaném rozsahu.



- Řízení rotace stolku se vzorkem nastavitelné od 1 do 6 otáček za minutu

S ohledem na použitou technologii pro přípravu vzorků pro TEM aplikace požadujeme nastavitelnou rotaci stolku se vzorkem za účelem optimalizace parametrů procesu.

- Držák vzorků kompatibilní s držákem vzorků TEM mikroskopu

Pro snadný přenos vzorku mezi příslušným zařízením pro přípravu vzorku a elektronovým mikroskopem požadujeme, aby držák vzorku pro TEM zobrazení byl kompatibilní s držákem vzorku příslušného zařízení.

- Zabudovaný mikroskop s funkcí zoom pro pozorování stavu procesu

Za účelem sledování stavu procesu přípravy vzorku pro TEM aplikaci požadujeme, aby příslušné zařízení bylo vybaveno optickým mikroskopem s plynulým zvětšením.

- Velikost vzorku minimálně 2 mm v průměru

Požadovaná velikost plochy vzorku připravená tímto zařízením musí být větší než 2 mm v průměru, aby bylo zajištěno dostatečné místo pro provedení jednotlivých analýz.

- Bezolejový vakuový čerpací systém

S ohledem na minimalizaci kontaminace povrchu připravovaného vzorku uhlovodíky požadujeme bezolejový vakuový čerpací systém.

### **Systém pro přípravu vzorků naprašováním**

- Naprašování uhlíkem a kovem Au

S ohledem na zlepšení obrazové kvality nevodivých či špatně vodivých vzorků je nutno takové vzorky naprašit uhlíkem či kovem (např. Au).

- Automatické nebo manuální ovládání

S ohledem na charakter připravovaných vzorků je přípustné jak automatické tak i manuální ovládání tohoto zařízení.

- Čerpaný pomocí turbomolekulární vývěvy

S ohledem na rychlost přípravy vzorku a čistotu prostředí, v němž mají být vzorky naprašovány, požadujeme čerpání systému pomocí turbomolekulární vývěvy.

- Digitální nastavení výkonu a času naprašování

S ohledem na komfort obsluhy požadujeme digitální nastavení výkonu a času naprašování.

- Monitor pro sledování tloušťky naprašované vrstvy

S ohledem na rychlost přípravy vzorku a ekonomičnost tohoto procesu požadujeme vybavení monitorem pro sledování aktuální tloušťky naprašované vrstvy.

- Sada spotřebního materiálu

Sada spotřebního materiálu je nezbytná pro vlastní činnost naprašovacího zařízení.