

# VideoProbe\* 3D měření Příručka

Návod k pokročilým technologiím  
3D měření, technikám a použitím  
pro video boroskopy používané při  
vizuálních prohlídkách.



# Maximálně využijte zařízení Mentor Visual iQ\*!

*(Platí pro software Mentor Visual iQ verze 2.5 nebo novější)*

## OBSAH

Úvod .....	3
Význam přesného měření .....	3
Zpřístupnění různých technologií .....	3
Měřicí technologie	
3D fázové měření .....	4
3D stereo měření .....	4
Stereo měření .....	4
Srovnávání .....	4
Opakované měření PC .....	4
Nejlepší postupy pro 3D měření: Postupy a tipy .....	5
Zvolte si správné měření pro vaše potřeby .....	6
Typy měření	
Délka .....	7
Bod k linii .....	8
Hloubka .....	9
Plocha .....	10
Multi segment .....	10
Hloubka profilu .....	11
Hloubkový profil oblasti .....	12
Měření roviny .....	13
Data přesnosti měření .....	18
Čísla a parametry dílů 3D měření .....	20
Slovník termínů .....	21





## Úvod

Pokrok v oblasti obrazového 3D měření způsobuje, že video boroskop je stále potřebnějším nástrojem v sadě kontrolních náradí. Zatímco v minulosti dokázali inspektoři identifikovat odečty a pořizovat snímky; dnešní pokročilé video boroskopy umožňují zmapovat, změřit a analyzovat odečty ve 3D a sdílet snímky i data bezdrátovým připojením s odborníky, kteří nejsou na místě. Díky vyšší přesnosti a dokonalosti umožňuje tato nová funkce video prohlížení, která doplní nebo v některých případech nahradí jiné postupy NDT.

Tento návod má pomoci inspektorům a vlastníkům zařízení pochopit měřicí technologie dostupné u zařízení Mentor Visual IQ a způsob, jak je lze správně použít k lepšímu rozhodování při postupech vizuálních kontrol.

Řada majitelů video boroskopů nedostatečně využívá pokročilé funkce svého kontrolního zařízení vlivem nedostatečného školení. S využitím této příručky se můžete naučit používat nové postupy a zajistit, aby vaše odbornost byla výhodou vaší organizace oproti konkurenci.

## Význam přesného měření

Vzdálené vizuální kontroly se často využívají ke stanovení provozuschopnosti daného prostředku. Toto rozhodnutí často vychází z měření odečtu nebo funkce uvnitř prostředku. Nepřesné měření může vést ke zbytečným odstávkám, likvidaci a zvyšování nákladů na údržbu i k ohrožení bezpečnosti a spolehlivosti. Je tedy nezbytné, aby kontroloři chápali, jak mají správně používat dostupné měřicí funkce, aby maximalizovali kvalitu rozhodovacího procesu.

Při využívání běžných měřicích technologií, jako je stereo, stínové nebo srovnávací, má kontrolor malou možnost hodnotit kvalitu dat získaných pro výpočet výsledku měření nebo správnost umístění kurzoru pro požadované měření. To může často vést k nepřesnostem při měření a případnému zvyšování ceny nesprávných rozhodnutí.

Nejnovější 3D měřicí technologie umožňují v reálném čase používat množinu bodů 3D XYZ ke kontrole kvality dat a přesnosti umístění kurzoru z řady úhlů a perspektiv. To kontrolorům poskytuje bezprecedentní schopnost kontrolovat svou práci a předcházet nákladným omylům.

## Přesné měření VideoProbe vyžaduje:

- Proškoleného operátora
- Řádně nakalibrované zařízení s prováděnou údržbou
- Výběr správné měřicí technologie pro dané potřeby
- Správné nastavení měřicího hrotu a nastavení měření
- Rozbor kvality dat a přesnosti umístění kurzoru

## Zpřístupnění technologie a připojení

Když na přesném měření závisí kritické prostředky, může být vhodné využít druhý názor. Vůbec poprvé lze živé video prohlídky sledovat v reálném čase na PC, tabletu nebo chytrém telefonu na opačném konci místnosti nebo na druhém konci světa. Nástroj pro vzdálenou spolupráci InspectionWorks Connect umožňuje obousměrnou spolupráci a značení obrazu s kontrolory v terénu v reálném čase pomocí připojení přes Wi-Fi nebo Ethernet.

Pokud se prohlídce účastní víc lidí, můžete využít větší míru odbornosti, vyšší pravděpodobnost detekce, lepší produktivitu prohlídky a nižší náklady. InspectionWorks Connect se dodává za příplatek ke všem modelům Mentor Visual IQ.



# Měřicí technologie

(viz Návod k použití Mentor Visual IQ Manual – Výhody typů měření)

## 3D měření

Při využití patentované technologie strukturovaného světla umožňuje 3D fázové měření při prohlídce vyhledat, změřit a analyzovat odečet pomocí stejné optiky hrotu. Široké zorné pole a velká hloubka pole umožňují měřit s použitím stejných hrotů, jaké se používají ke kontrole, a tím se eliminuje nezbytné opakování, výměna hrotu a opětovné vrácení na odečet.

3D fázové měření přináší přesné měření „na míru“, zatímco šetří čas a zvyšuje celkovou produktivitu prohlídky. 3D fázové měření používá strukturované světelné vzorce vysílané z hrotu pro 3D snímání povrchu sledované oblasti a dokáže změřit všechny aspekty povrchových odečtů.

### Výhody:

- Zobrazení a manipulace s 3D množinou bodů pro podrobné vyhodnocení tvaru povrchu a správnosti měření
- Zobrazení snímku měření na celé obrazovce pro větší rozlišení
- Pohyb, kontrola a měření bez výměny sond nebo optiky hrotu
- Dostupné u sond o průměru 6,1 mm

## 3D stereo měření

3D stereo měření, které společnost GE představila v roce 2015, představuje nejnovější technologii měření s pomocí video boroskopu. 3D stereo měření používá stejné optické hroty jako běžné stereo měření, ale využívá pokročilejší kalibrační a zpracovatelské algoritmy pro vznik zcela 3D znázornění množiny bodů cílového povrchu, které lze zobrazovat, analyzovat a lze s nimi manipulovat.

### Výhody:

- Přesnější, opakovatelné měření oproti běžnému, zastaralému stereo měření nebo stínovému měření
- Přináší lepší porovnání než stereo měření na vodorovných a opakovaných odečtech
- Zobrazte si snímek kamery a 3D množinu bodů vedle sebe, čímž získáte velmi účinnou analýzu měření
- Účinné měření na lesklých (nebo vysoce reflexních) površích s detaily
- Měření na površích s výskytem drobného pohybu
- K dispozici na sondy o průměru 4,0, 6,1 a 8,4 mm

## Stereo měření

Tradiční stereo měření, které jako 3D Stereo používá patentovaný optický hranol pro zajištění levých a pravých stereo záběrů z nepatrně odlišných perspektiv. Spojení povrchových bodů na levém a pravém snímku v místě kurzoru umožňuje vypočítat 3D souřadnice a výsledky měření. Tato technologie, která je dostupná již déle než deset let, se používá u systémů s omezeným výpočetním výkonem, ale nepřináší 3D množinu bodů, a tím omezuje schopnost obsluhy vyhodnotit kvalitu měření.

## Srovnávací měření

Tradičnější technologie 2D měření, která používá fyzický referenční cíl umístěný výrobcem nebo kontrolorem na stejnou vzdálenost od hrotu k cíli jako odečet.

## Opakované měření PC

Pomocí programů, jako je Inspection Manager, můžete provést měření obrazu po prohlídce a rozbor uloženého obrazu. Dnešní schopnosti opakovaného měření jsou také dostupné na zařízení s použitím systému Mentor Visual IQ nebo na PC.



# NEJLEPŠÍ POSTUPY PRO 3D MĚŘENÍ: POSTUPY A TIPY

Nejlepší postupy platí pro 3D fázové měření i pro 3D stereo měření. Tento návod s nejlepšími postupy lze použít k dosažení nejlepších výsledků při nastavování měření s pomocí nástroje VideoProbe. Další pokyny ke konkrétním typům měření jsou uvedeny na straně 6.

## Všeobecné pokyny

- Zajistěte, aby byl kontrolor proškolen a kvalifikován pro dané měření.
- Pomocí interních předpisů nebo nástroje pro výběr na této stránce zvolte vhodnou technologii a typ měření pro vaše potřeby.
- Zkontrolujte, zda máte hrot měření a optiku sondy čisté a že hrot je řádně upevněn. Pokud používáte stereo hrot, musíte správně identifikovat výrobní číslo hrotu při prvním zahájení měření. Hroty 3D fázového měření systém rozpoznává automaticky.
- Zkontrolujte, zda systém měří přesně, s pomocí bloku pro kontrolu sledovatelného NIST od společnosti GE, než provedete měření i po něm.
- Hrot umístěte co nejbližší k oblasti měření (nízká hodnota MTD). Stereo a 3D Stereo vyžaduje zaostření snímku, při 3D fázovém měření jsou obvykle měření malé hloubky (< 0,010") nejpreciznější, když se provádějí dostatečně blízko, aby byl snímek nepatrně rozostřen. Měření z příliš velké vzdálenosti je nejčastější příčinou nepřesného měření.
- Věnujte pozornost varováním zobrazeným systémem během měření, jež mohou signalizovat nesprávné nastavení nebo nevhodné MTD pro provádění měření.
- Zkontrolujte nastavení měření a umístění kurzoru se zobrazením množiny bodů 3D. Řadu problémů nelze snadno rozpoznat pomocí samotného snímku 2D, jsou však očividné v množině bodů 3D.
- Při provádění měření malé hloubky nebo profilu hloubky použijte zobrazení množiny bodů 3D s mapou hloubky tak, abyste ověřili, zda odečet jasně vyčnívá z šumu dat. Pokud ne, poříďte jiný snímek z menší vzdálenosti nebo z jiné orientace.
- Když měříte hloubku odečtu, jako je prohlubeň nebo zářez, použijte zobrazení množiny bodů ke kontrole, zda měříte jeho nejhlubší bod a že referenční rovina měření je přesně zarovnána s referenčním povrchem.
- Při 3D fázovém měření mohou při odrazech nebo stínění vzniknout oblasti s nižší kvalitou dat, ty se zvýrazní žlutě. Pokud to lze, neměřte v těchto oblastech, zejména ne hloubku nebo profil hloubky. Pořízení jiného snímku z odlišné orientace může odstranit žlutě zvýrazněné oblasti.
- Oblasti, kde systém nedokázal zjistit 3D souřadnice, jsou zvýrazněné červeně. V těchto červených oblastech neměřte.
- Chcete-li dosáhnout co nejlepší kvality dat, udržujte sondu co nejklidněji během pořizování snímku. To je zásadní

## Zvolte si správnou technologii 3D měření

Potřebujete sondu 4 mm nebo 8,4 mm?

ANO → 3D Stereo

NE

Měříte vysoce reflexní, mastné nebo mokré plochy?

ANO → 3D Stereo

NE

Požadujete špičku s bočním pohledem?

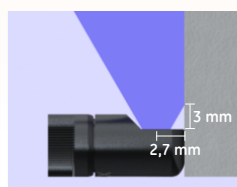
NE → 3D měření

ANO

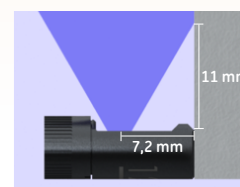
Musí být pozorovací optika velmi blízko ke konci špičky s horním pohledem, aby bylo vidět do sledované oblasti kvůli mechanickým překážkám?

NE → 3D měření

ANO → 3D Stereo



3D Stereo boční pohled



3D Phase boční pohled

zejména u 3D fázového měření kvůli vysokému počtu pořizovaných snímků.

- Při 3D Stereo upravte jas a orientaci sledování snímku, abyste minimalizovali jas v oblasti zájmu, než pořídíte snímek měření.
- Rovné čáry nebo okraje na zobrazovaných předmětech se obvykle jeví zakřivené na 2D snímku kvůli perspektivě a optické deformaci při zobrazování. Jelikož se všechna měření provádějí ve 3D, rovné 3D měřicí linky jsou na 2D snímku zobrazeny tak, jak by je viděla kamera, což je často zakřivené. To pomáhá při zarovnávání k rovným okrajům a přesněji označuje místo měření.

# Zvolte si správný typ měření pro vaše potřeby

I když lze pro některé potřeby použít několik různých typů měření, tato tabulka by měla udávat doporučení odborníků.



## Délka

- Jednoduché měření funkcí nebo součástí
- Délka praskliny
- Velikost migrace částic vlivem expanze nebo eroze/koroze/opotřebení
- Zbývající velikost ukazatelů opotřebení
- Umístění/oblast odečtů na součástce



## Plocha

- Rohy lopatek
- Úbytek povrchové vrstvy
- Povrch vzniku prohlubní nebo koroze
- Oblast nárazu FOD



## Multi segment

- Celková dráha praskliny
- Ohýbání okraje lopatky nebo vstupní úhel odečtu
- Přesnější než měření délky na zakřivených nebo nepravidelných površích



## Bod k linii

- Poškození hrany lopatky turbíny
- Šířka mezery
- Šířka sváru
- Chybějící rohy lopatek



## Hloubka profilu

- Hloubka izolované koroze nebo prohlubní od eroze
- Hloubka poškození vlivem nárazu FOD
- Výška sváru nebo hloubka drážky opotřebení
- Rychlé hodnocení obrysů povrchu



## Hloubka

- Mezery od hrotu lopatky po kryt
- Prohlubně nebo zářezy od koroze, eroze nebo nárazu FOD
- Vnitřní průměr trubek
- Výška sváru
- Výkyvy lopatek statoru
- Šířka mezery



## Měření roviny

- S oblastí pro chybějící rohy
- S bodem k lince pro poškození hran lopatek
- S hloubkou pro špičku lopatky po mezery v krytu
- S délkou nebo bodem na čáru pro malé aspekty
- S profilem hloubky oblasti při měření v poli prohlubní



## Hloubkový profil oblast

- Koroze, eroze, vznik prohlubní
- Poškození vlivem nárazu FOD
- Maximální výška sváru
- Maximální hloubka drážky od opotřebení

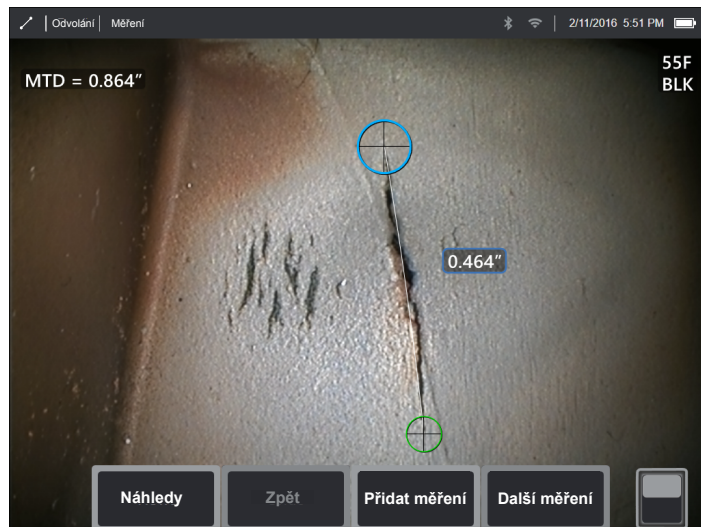
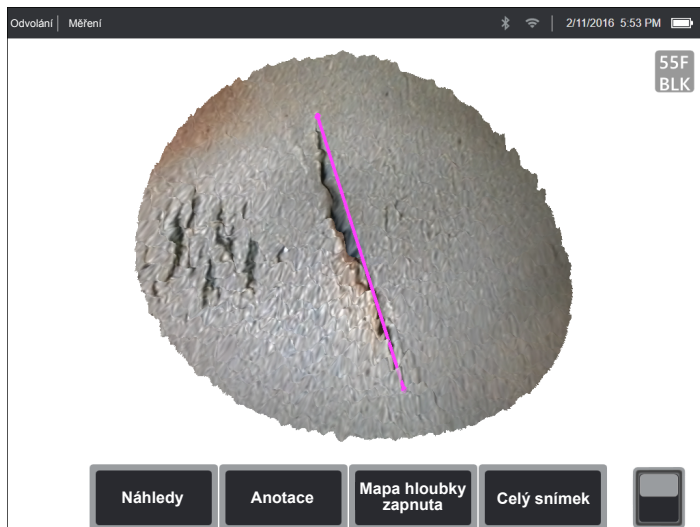


# TYPY MĚŘENÍ



Tento oddíl uvádí každý z typů měření video sondou Mentor Visual iQ, doporučená použití, kde může být každý postup nejúčinnější, a přináší nápady a doporučení pro přesné nastavení měření.

## Délka



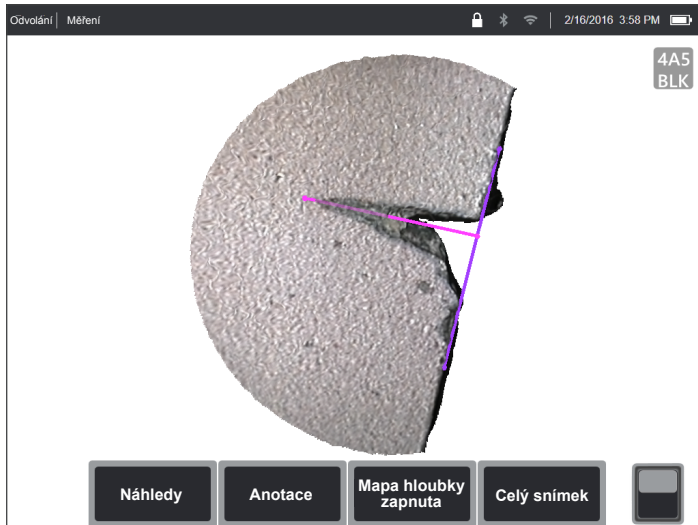
Měření přímé vzdálenosti mezi dvěma zvolenými body kurzoru.

### Příklady použití:

- Jednoduché měření funkcí nebo součástí
- Měření délky odečtu (např. praskliny)
- Měření velikosti migrace částic vlivem expanze nebo eroze/koroze/opotřebení
- Stanovení zbývající velikosti ukazatelů opotřebení
- Měření umístění/plochy odečtů na součástce

### Nejlepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

- Délka znamená přímé měření. Není vhodné pro měření vzdálenosti na zakřiveném povrchu.
- Zkontrolujte množinu bodů 3D, abyste zjistili správné umístění kurzorů. Úhlopříčné měření nebo měření mimo úhel může vést k chybě.
- Posuňte hrot blíže, aby byla cílová oblast na obrazovce co největší, zatímco udržíte zaostřené oblasti bodu kurzoru.
- Sledujte, zda se objeví oranžové pomocné ukazatele, abyste zajistili, že vzdálenost měření je v rozpětí intervalu spolehlivosti.
- Při 3D fázovém i 3D stereo měření je nezbytné začít s ostrým snímkem, aby bylo možno kurzory umístit přesně na odečet.
- Použijte měření roviny, když červené plochy brání správnému umístění kurzoru nebo pokud 3D šum hrozí ovlivněním výsledku. Podrobnosti najdete v oddíle Rovina měření.



Měří kolmou vzdálenost mezi linkou (stanovenou dvěma body) a zvoleným bodem.

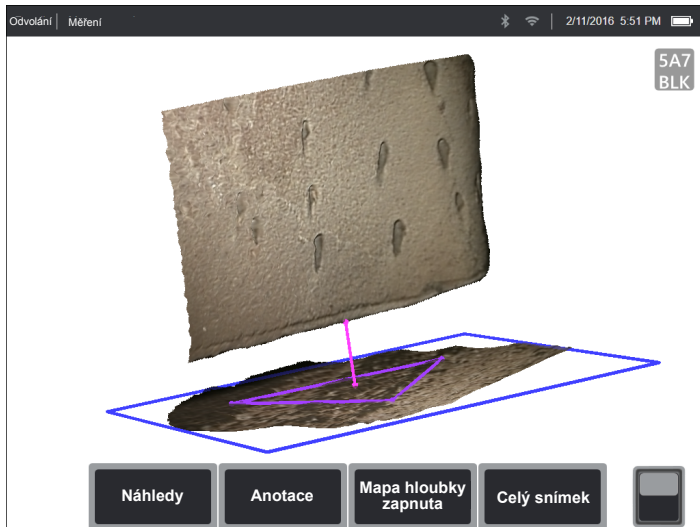
### Příklady použití:

- Poškození hrany lopatky turbíny
- Odhad plochy chybějícího rohu s pomocí několika měření bodu k lince
- Šířka drážky nebo mezery
- Šířka sváru

### Nejlepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

- Zkontrolujte množinu bodů 3D, abyste zjistili správné umístění kurzorů.
- Kontrolou množiny bodů ověřte, zda referenční linka není nakloněna oproti referenčnímu okraji na součástce. To je důležité zejména tehdy, když jsou oba kurzory referenční linky na stejné straně jako třetí kurzor a dál od něho.
- Zkontrolujte množinu bodů také tehdy, abyste ověřili, zda změřená vzdálenost není úhlopříčná, což může poskytnout vyšší výslednou hodnotu, než je skutečnost.
- Použijte měření roviny, když červené plochy brání správnému umístění kurzoru nebo pokud 3D šum hrozí ovlivněním výsledku. Podrobnosti najdete v oddíle Rovina měření.





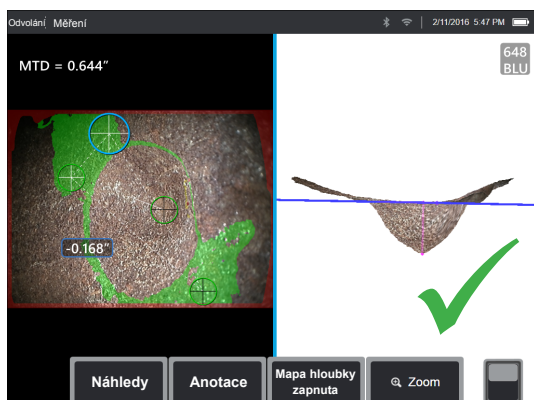
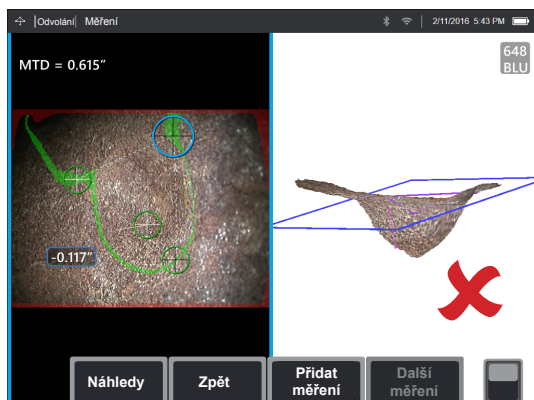
Měří vzdálenost od referenční roviny (definované třemi zvolenými body) ke čtvrtému zvolenému bodu nad nebo pod rovinou.

#### Příklady použití:

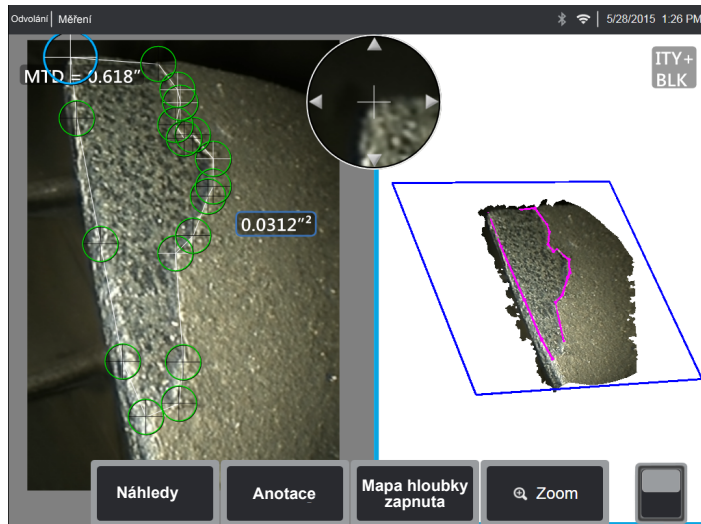
- Mezery od hrotu lopatky po kryt
- Prohlubně nebo zářezy od koroze, eroze nebo nárazu FOD
- Vnitřní průměr trubek
- Výška sváru
- Výkyvy lopatek statoru
- Šířka mezery

#### Nejlepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

- Měřicí hrot by měl být co nejbližší k odečtu, aby se zvýšila přesnost měření.
- Při používání 3D fázového měření přináší náhled mimo kolmou osu nejlepší výsledky pro měření hloubky, zejména při měření předmětů s lesklými plochami.
- Zelená povrchová maska je vidět, když je kurzor referenční roviny aktivní, a označuje body v blízkosti referenční roviny. Upravte polohy kurzoru pro maximální množství zelené barvy na referenční ploše. Množina bodů 3D slouží také k ověření, zda je referenční rovina, označená modrým čtverečkem, přesně nastavena u referenční plochy.
- Po umístění třetího kurzoru funkce Depth Assist (asistent hloubky) často umístí čtvrtý kurzor na nejhlubší bod, nejvyšší bod nebo na nedaleký okraj lopatky. Zkontrolujte polohu automaticky umístěného kurzoru a podle potřeby ji upravte.
- Povolte režim hloubkové mapy v pohledu množiny bodů, abyste lépe zobrazili obrysy povrchu, a ověřte, zda měříte požadovaný bod – často nejvyšší nebo nejnižší na odečtu – a že odečet jasně vyčnívá z šumu dat 3D.
- Čára projektovaná z bodu měření hloubky by měla končit v blízkosti nebo uvnitř trojúhelníku tvořeného kurzory referenční roviny, aby se minimalizovala nepřesnost z důvodu naklonění roviny.
- Pokud musíte měřit v bodě mimo referenční trojúhelník, zvyšte velikost referenčního trojúhelníku, abyste to vykompenzovali (toto platí jen pro rovné plochy, nikoli pro zakřivené).
- Pomocí měřicí roviny při měření vzdálenosti od hrotu lopatky po kryt a červené oblasti podél okraje lopatky brání správnému umístění čtvrtého kurzoru nebo šum 3D může ovlivnit výsledek. Podrobnosti najdete v oddíle Rovina měření.



## Plocha



Změř rovinnou plochu na povrchu tak, že vyznačí odečet s několika body kurzoru.

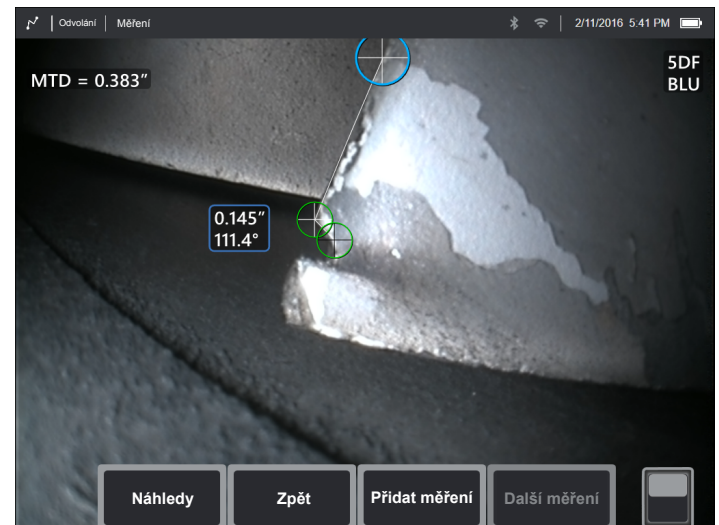
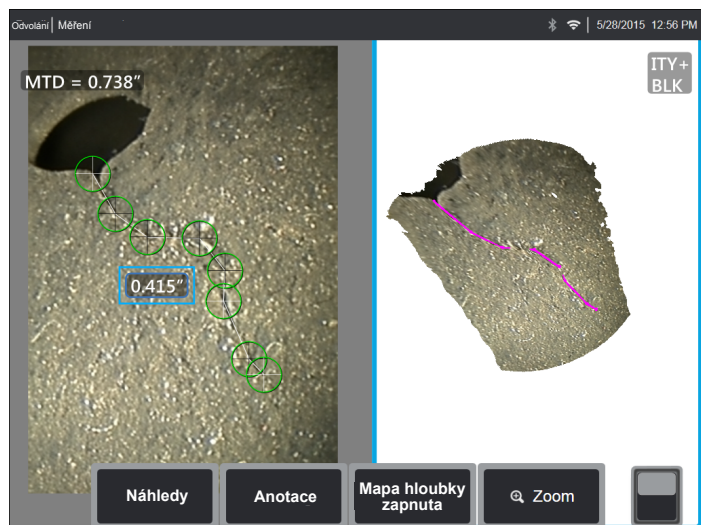
### Příklady použití:

- Chybějící rohy lopatek s použitím roviny měření
- Úbytek povrchové vrstvy
- Povrch vzniku prohlubní nebo koroze
- Poškození vlivem nárazu FOD

### Nejlepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

- Podle množiny bodů ověřte správné umístění kurzoru.
- Při měření zakřiveného povrchu snížíte chyby změřením více menších oblastí a kombinací výsledků.
- Pomocí roviny měření můžete změřit plochu a délku chybějících rohů lopatky. Podrobnosti najdete v oddíle měření roviny.

## Multi segment



Změř celkovou délku po zakřivené nebo zubaté dráze s pomocí řady kurzorů umístěných podél dráhy odečtu. Když použijete tři kurzory, získáte také 3D úhel mezi segmenty linky.

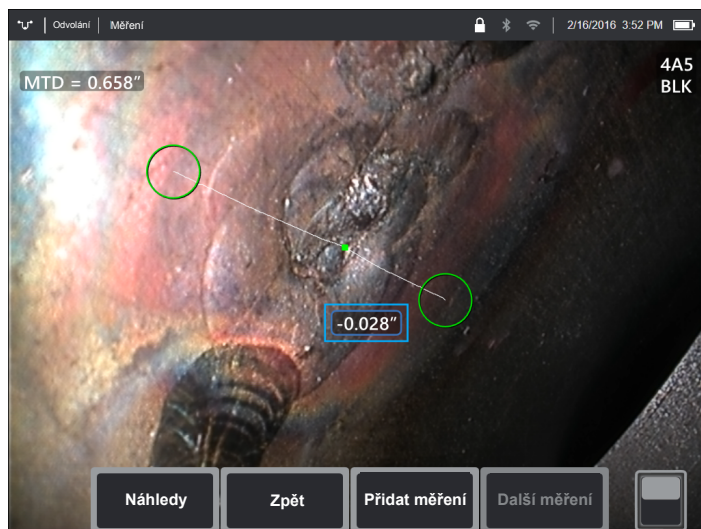
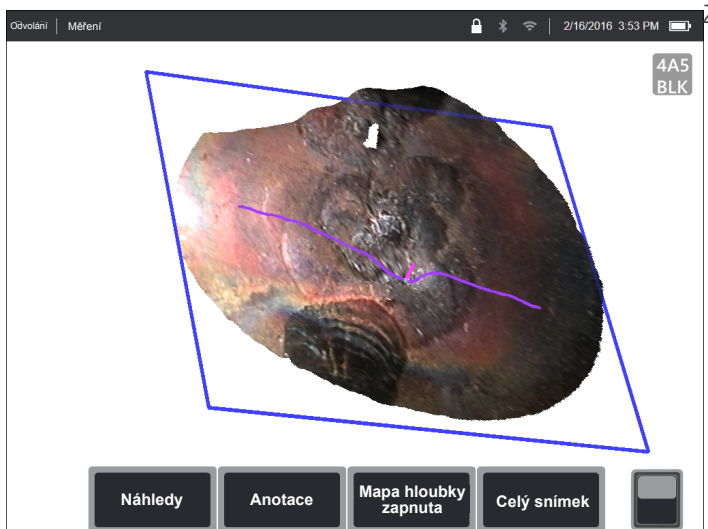
### Příklady použití:

- Celková dráha komplexní praskliny
- Celková délka po zakřiveném povrchu
- Pomocí tří kurzorů můžete změřit úhel mezi okrajem lopatky turbíny a odečtem nebo smíšenou oblastí

### Nejlepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

- Podle množiny bodů ověřte správné umístění kurzoru.
- Rozmístěte své kurzory co nejdále od sebe a současně sledujte dráhu odečtu, abyste minimalizovali dopad šumu 3D dat na výslednou hodnotu.
- Pokud měříte úhel (k dispozici jen pro tři kurzory a měření více segmentů) podél okraje, můžete zvýšit přesnost pomocí roviny měření.





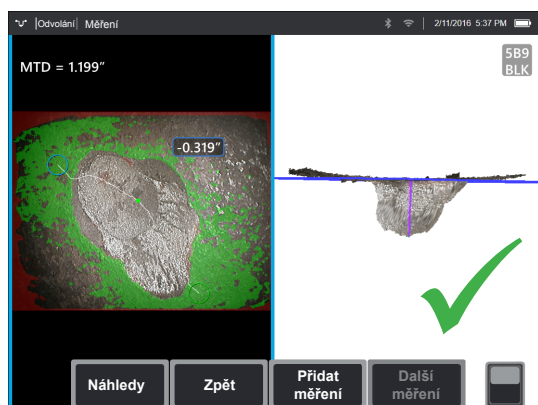
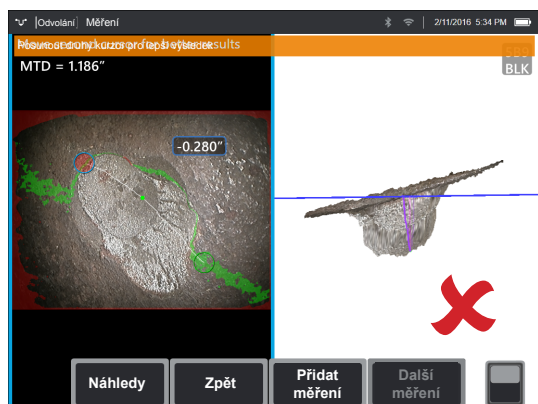
jakéhokoli úhlu pozorování zmapuje kolmou vzdálenost od referenční roviny podél čáry mezi dvěma zvolenými body a automaticky identifikuje nejhlubší nebo nejvyšší bod.

## Příklady použití:

- Hloubka izolované koroze nebo prohlubně od eroze
- Hloubka poškození vlivem nárazu FOD
- Výška sváru nebo hloubka drážky opotřebení
- Rychlé hodnocení obrysů povrchu

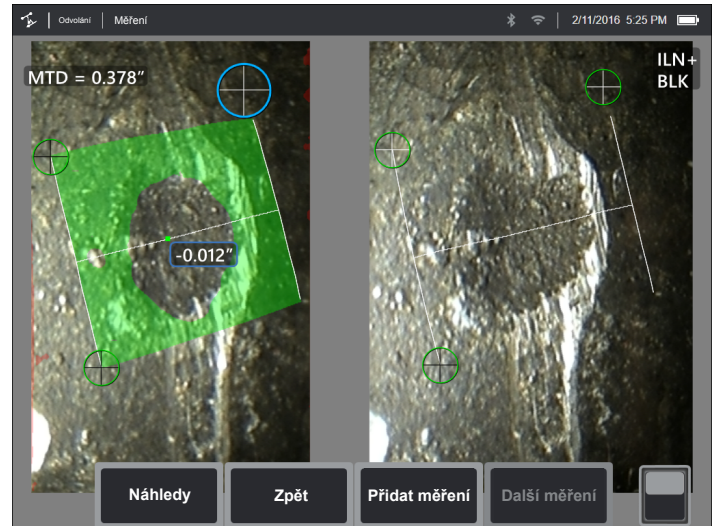
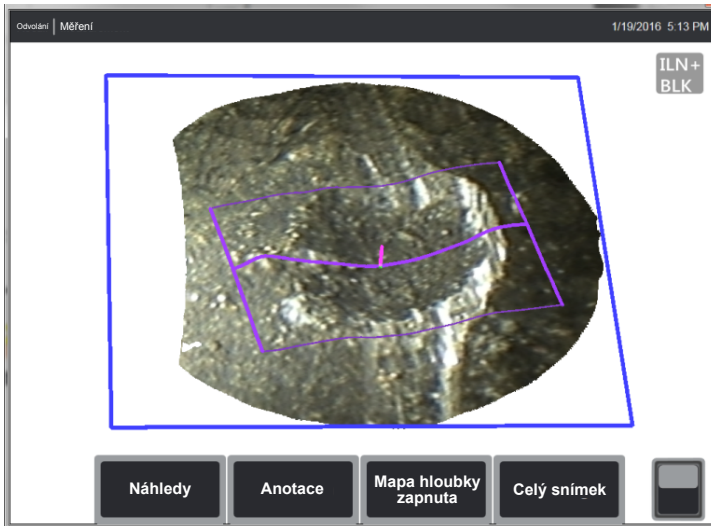
## Nejlepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

- Umístěte hrot měření co nejbližší k odečtu, abyste zvýšili přesnost měření.
- Povolte režim hloubkové mapy v pohledu množiny bodů, abyste lépe zobrazili obrysy povrchu, a ověřte, zda měříte požadovaný bod – často nejvyšší nebo nejnižší na odečtu – a že odečet jasně vyčnívá z šumu dat 3D.
- Zelená povrchová maska je vidět, když se kurzor pohybuje, a označuje body v blízkosti referenční roviny. Upravte polohy kurzoru pro maximální množství zelené barvy na referenční ploše. Množina bodů 3D slouží také k ověření, zda je referenční rovina, označená modrým čtverečkem, přesně nastavena u referenční plochy.
- Pokud kurzor zčervená, znamená to nesprávné umístění.
- Jelikož referenční hodnotu určuje upnutí ke všem datům povrchu v obou obvodech kurzoru, zkontrolujte, zda jsou oba kurzory zcela umístěny na stejné rovině zájmu – nepřekrývají žádný okraj, nejsou na odsazeních nebo zakřivených plochách, kdy by mohlo dojít k chybě měření.
- Pokud měříte na zakřivené ploše, jako je například uvnitř malé trubky, rozmístěte kurzory od sebe ve směru rovnoběžném se zakřivením, aby zůstaly na stejné rovině. V zobrazení množiny bodů by se modrý čtverec referenční hodnoty měl zobrazit jako tečna referenčního povrchu.
- Při použití s cílem zjistit nejhlubší nebo nejvyšší bod je vhodné použít spíše profil hloubky plochy nebo hloubku než profil hloubky, jelikož tyto režimy automaticky identifikují nejhlubší nebo nejvyšší bod v dané oblasti.





## Hlubkový profil oblasti



Kontroluje řadu dílků profilu hloubky v oblasti stanovené třemi kurzory a identifikuje ten dílek profilu s nejvyšším nebo nejnižším bodem.

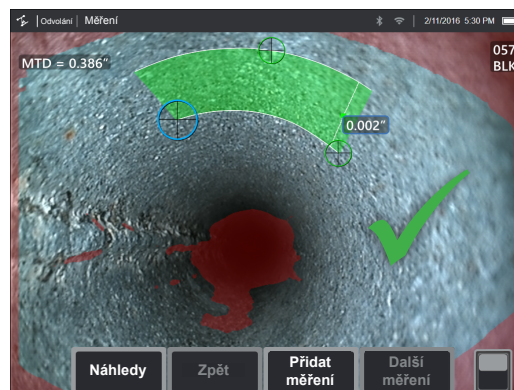
### Příklady použití:

- Koroze, eroze, vznik prohlubní
- Poškození vlivem nárazu FOD
- Maximální výška sváru včetně orbitálních svárů
- Maximální hloubka drážky od opotřebení

### Nejllepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

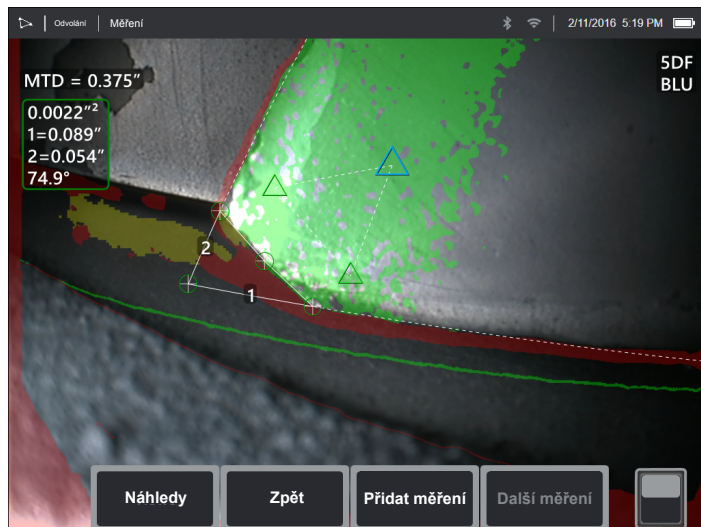
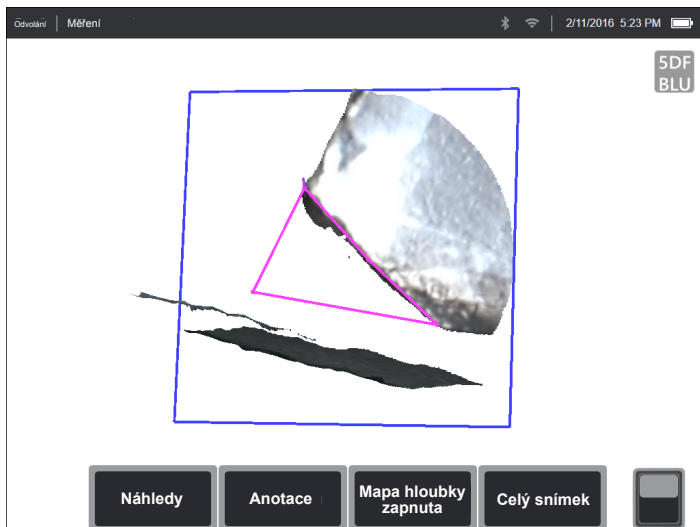
- Umístěte hrot měření co nejbližší k odečtu.
- Používejte s pomocí referenčních ploch, které jsou ploché nebo jsou zakřivené jen v jednom směru, jako je rovný průřez trubky. Nepoužívejte na površích se složitým zakřivením, jako je rameno trubky nebo základna lopatky turbíny na předním nebo zadním okraji.
- Když měříte na zakřiveném povrchu, umístěte kurzory tak, aby byly čáry referenčního profilu zakřivené. Pokud nemáte jistotu ohledně správné orientace, proveďte nácvik na zkušebním kusu stejného tvaru. Když jsou kurzory správně umístěny, měli byste obdržet výsledek blížící se nule a většina oblasti by se měla zobrazovat zeleně. Viz následující obrázky.

- Zelená povrchová maska je vidět při pohybu kurzorů a označuje body, které jsou velmi blízko k referenčním rovinám dílků hloubkového profilu. Pouze pokud máte malou zelenou linku poblíž obou linek referenčních profilů, můžete umístit linky nesprávně na zakřivené ploše. Viz následující obrázky.
- Linky referenčního profilu sledují zakřivení plochy a slouží ke stanovení referenčních rovin pro dílky profilu. Umístěte kurzory tak, aby byly linky referenčního profilu celé na referenčním povrchu.
- Pomocí množiny bodů 3D ověřte, zda referenční rovina pro výsledný dílek vyznačený modrým čtvercem je přesně zarovnána s referenční plochou na místě výsledného dílku.
- První dva kurzory označují první linku referenčního profilu. Třetí kurzor stanoví vzdálenost mezi druhou linkou referenčního profilu a první. Systém stanoví koncové body druhé linky referenčního profilu podle zakřivení povrchu podél první. Pokud máte problémy s umístěním druhé linky referenčního profilu tam, kde ji chcete mít, možná nemáte správně nastavené měření vzhledem k zakřivení povrchu.





## Měření roviny



Měřicí pomůcka používaná ve spojení s jinými typy měření umožňuje umístit kurzory do červených oblastí, kde nejsou žádná 3D data nebo kde šum v 3D datech může snižovat přesnost měření.

### Příklady použití:

- S oblastí pro měření chybějících rohů
- S bodem k lince pro poškození hran lopatek
- S hloubkou pro špičku lopatky po mezery v krytu
- S délkou nebo bodem na čáru pro malé aspekty, nelze-li se přiblížit
- S profilem hloubky oblasti při měření v poli prohlubní na rovné ploše
- S profilem hloubky, když nemůžete umístit kurzory zcela na rovnou referenční plochu

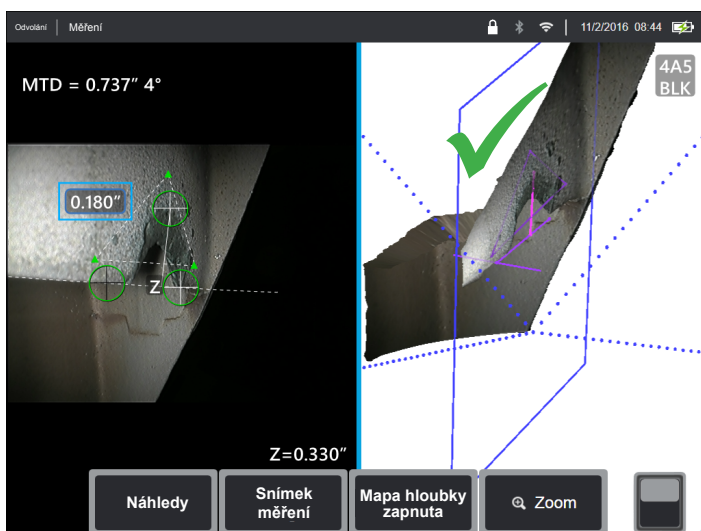
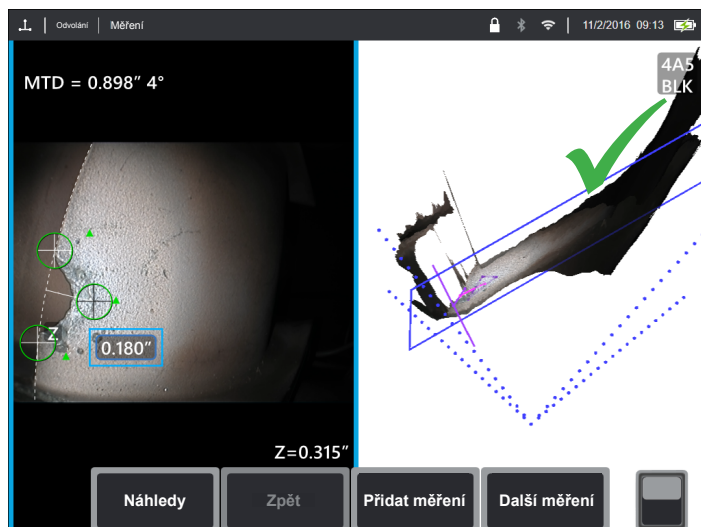
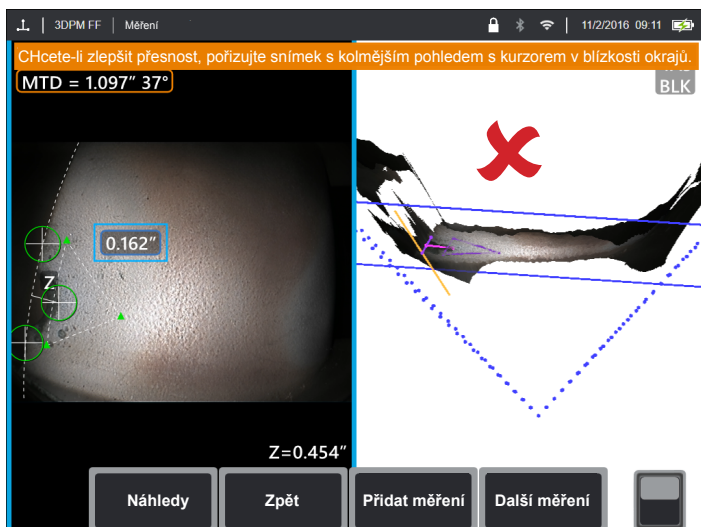
### Důsledek měření roviny na jiné typy měření:

- **Délka, Bod k lince, Více segmentů, a Plocha:** Všechny kurzory se projektují na rovinu měření a výsledek se vypočítá s pomocí projektovaných poloh na rovině.

- **Hloubka:** První tři kurzory volí jednotlivé body na povrchu jako u běžného měření hloubky. Pouze čtvrtý se projektuje na rovinu měření.
- **Profil hloubky:** Rovina měření se použije jako referenční rovina, takže kurzory profilu hloubky se mohou překrývat okraji nebo být v červených oblastech. Výsledkem je výška nebo hloubka z roviny měření. Používejte pouze s plochými referenčními povrchy.
- **Hloubkový profil oblasti:** Obě referenční linky se umístí na rovinu měření, což jim umožňuje procházet červenými oblastmi nebo povrchovými prohlubněmi bez dopadu na profily převzaté mezi referenčními linkami. Výsledkem je výška nebo hloubka z roviny měření. Používejte pouze s plochými referenčními povrchy.
- Na obrázku lze používat jen jednu rovinu měření.
- Pokud se objevuje rovina měření, všechna ostatní měření ji použijí bez ohledu na pořadí, v němž jste je umístiti.



## Varování EVA pro měření roviny



### Některé body ohledně Úhlu zobrazení okraje (EVA):

- Jde o úhel mezi rovinou měření a rovinou zobrazení okraje stanovený pomocí dvou souřadnic 3D na okraji a na původu zorného pole, kde se sbíhají čtyři tečkované 3D perspektivní linky v množině bodů Plného snímku. Chcete-li tento koncept lépe zobrazit, otevřete přední kryt knihy s pevnou vazbou a přidržte si okraj přebalu blízko oka. Přebal představuje rovinu zobrazení okraje, první stránka představuje rovinu měření, spojnice mezi nimi představuje okraj plochy a úhel mezi nimi představuje EVA.
- Posouváním kurzorů po rovném okraji nezměníte EVA, protože rovina zobrazení okraje se nezmění.
- EVA závisí na poloze okraje na snímku. Obrázek vlevo nahoře zobrazuje nesprávnou hodnotu EVA při měření v blízkosti levé strany obrázku s kolmým zobrazením uprostřed. Na pravém snímku je zobrazena mnohem lepší perspektiva na okraji dílu, což se odráží nízkou hodnotou EVA.
- Otočením hrotu pro boční pohled v pevné poloze (např. port boroskopu) nedojde k velké změně hodnoty EVA. Obvykle je nezbytné provést pohyb zobrazovaného předmětu nebo posunout hrot.
- Dle zobrazení v levém dolním obrázku nevyžaduje nízká hodnota EVA kolmé zobrazení dílu. V analogii s knihou můžete knihu naklonit a posouvat, i když zachováte úhel 90° mezi přebalem a první stranou.
- Pokud okraj, podle něhož provádíte měření, má malý poloměr oproti měřenému rozměru, lze dosáhnout přesných výsledků, i když se objeví varování na EVA, když se okraj blíží ke hrotu sondy. Neměřte s vysokými hodnotami EVA na okrajích směrem od hrotu.
- V oddíle „Vodící linky roviny měření“ najdete údaje o měření na zaoblených okrajích s vysokými hodnotami EVA.

Když používáte rovinu měření s Bodem k lince, Plochou nebo Hloubkou pro měření poblíž okraje, může perspektiva zobrazení ovlivnit přesnost, zejména pokud má okraj značný poloměr. Aby uživatel mohl maximalizovat přesnost, systém zobrazí hodnotu Úhlu zobrazení okraje (EVA) vedle MTD a linku úhlu zobrazení okraje (linka EVA) v zobrazení množiny bodů. Ideální EVA 0° nastává, když je linka EVA kolmá k rovně měření. Chyba měření se obvykle zvyšuje s rostoucí hodnotou EVA, když měříte v blízkosti zaobleného okraje. Pokud EVA překračuje horní mez (25° pro Bod k lince, 35° pro Plochu a Hloubku) s kurzory umístěnými poblíž okraje, systém zobrazí výstražnou zprávu, bliká oranžový okraj kolem MTD a EVA a zobrazí se linka EVA se zobrazí oranžově. Chcete-li EVA snížit, zkontrolujte množinu bodů Plného snímku, v němž se na čtyřech tečkovaných 3D perspektivních linkách zobrazují rohy zorného pole, a zobrazí se, jak je nutno nastavit relativní polohy hrotu a předmětu, aby byla linka EVA kolmější k rovině měření zobrazené v podobě modrého obdélníku. Pořídte nový snímek s upravenými polohami a zopakujte měření.



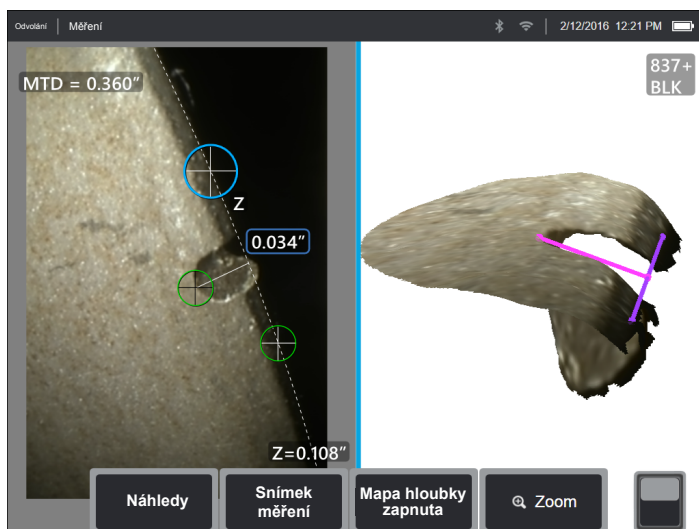
## Vodící linky roviny měření



Vodící linky se zobrazují v zobrazení množiny bodů při použití roviny měření s funkcí Délka, Bod k lince, Více segmentů nebo Plocha. Zobrazí se jako černé čáry, které jsou kolmé k rovině měření, a sahají od kurzoru na rovině měření k bodům na povrchu přímo nad nebo pod polohou kurzorů. Kružnice jsou tam, kde vodící čáry protínají povrch.

### Příklady použití:

- Poškození okraje na oblých lopatkách turbín nebo okraje ventilů
- Mezery od plochy lopatky turbíny po kryt
- Odhady poloměru okraje
- Šířka mezery
- Jakékoli rozměry na rovině mezi body, které nejsou na stejné rovině



Běžné měření po úhlopříčce

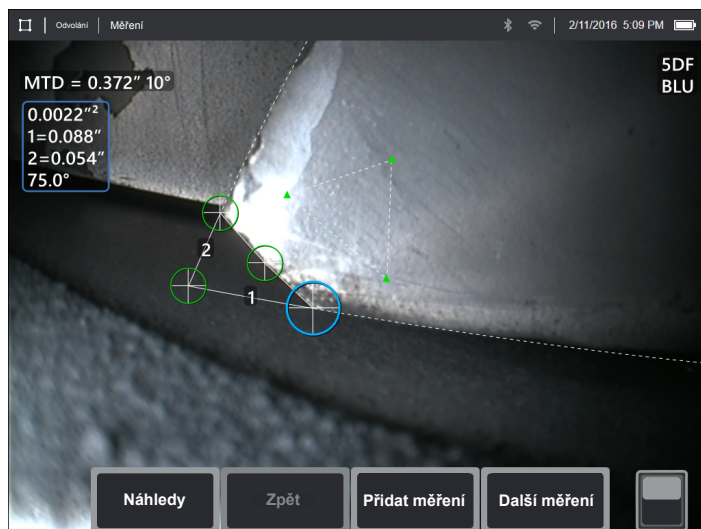
### Nejllepší postupy pro zlepšení přesnosti měření:

- Upravte polohy kurzoru na snímku 2D, dokud se na povrchu v požadovaných místech nezobrazí vodící čáry a povrchové kružnice.
- Použijte, když měříte na zaoblených okrajích a pokud požadujete měření na rovině podobné tomu, které získáte s pomocí optického komparátoru. Běžné měření Bodu k lince na odečtu zaobleného čelního okraje v levém dolním snímku probíhá po úhlopříčce, a tedy poskytuje vyšší výslednou hodnotu, než byste získali pomocí optického komparátoru. Tentýž odečet je naměřen na levém horním snímku s pomocí roviny měření s vodícími čarami pro odstranění úhlu.
- Nelze spolehlivě použít, pokud je EVA více než cca 10° a zaoblený okraj je mimo hrot sondy.
- Nelze použít, když se 3D data nerozpínají až k okraji povrchu.
- Je nutno použít k navedení polohy kurzoru na zaoblené okraje směřující k hrotu sondy, zejména když hodnota EVA překračuje cca 15°. Zaoblený okraj není na rovině měření, takže pokud není hodnota EVA nízká, kurzory nelze správně umístit s použitím jen 2D obrazu. To platí zejména u vyšších hodnot EVA, které generují varování, jak je uvedeno na obou snímcích výše.

## Příklady měření roviny

### Rozměry chybějících rohů lopatky turbíny:

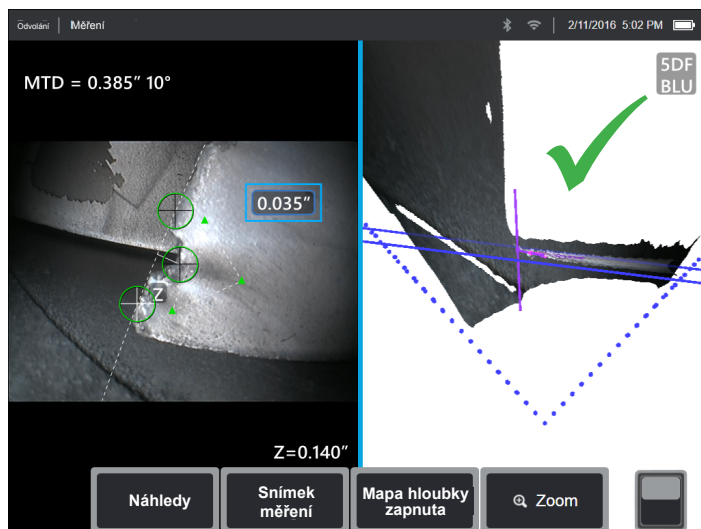
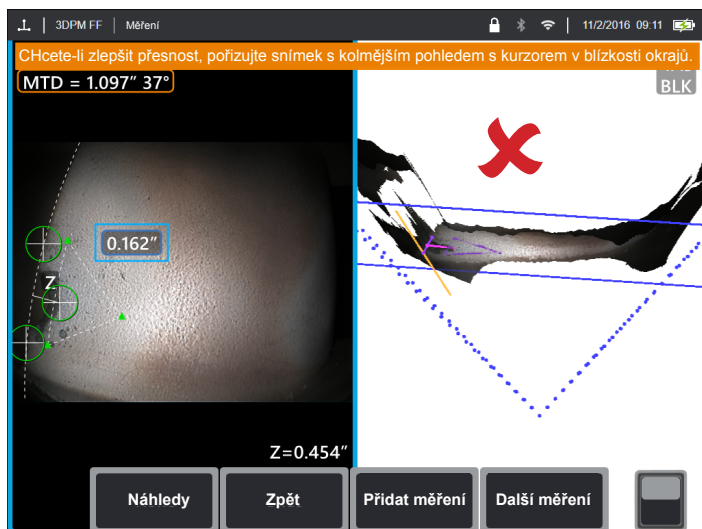
- Použijte měření roviny s plochou.
- Umístěte hrot sondy podle doporučení v oddíle varování EVA pro měření roviny.
- Umístěte rovinu měření na čelní stranu lopatky v blízkosti chybějícího rohu.
- Umístěte měření plochy s jedním kurzorem na každém zbývajícím rohu, jeden kurzor v prostoru, kde býval roh, a tolik, kolik potřebujete, abyste sledovali prasklý okraj.
- Stisknete-li „Done (Hotovo)“, upravte pak kurzory tak, aby prodloužené čáry byly v rovině s okrají lopatky v blízkosti oblasti chybějícího rohu.
- Chybějící oblast, rozměry chybějícího okraje a úhel rohu jsou všechny zajištěny, takže není nutné provádět další měření.



### Odečet hrany lopatky turbíny:

- Použijte měření roviny s Bodem k lince, když chybějí 3D data podél okraje lopatky nebo v případě šumu.
- Umístěte hrot sondy podle doporučení v oddíle varování EVA pro měření roviny.
- Umístěte rovinu měření na čelní stranu lopatky v blízkosti odečtu.

- Přidejte měření Bodu k lince s oběma prvními dvěma kurzory na okraji lopatky a třetím na vnitřním okraji odečtu.
- Úhel zobrazení okraje (EVA) se zobrazuje vedle MTD. Čím nižší je hodnota EVA, tím vyšší je přesnost, zejména při měření na zaobleném čelním okraji. Při kritickém rozhodování se pokuste dosáhnout hodnoty EVA do 15°.

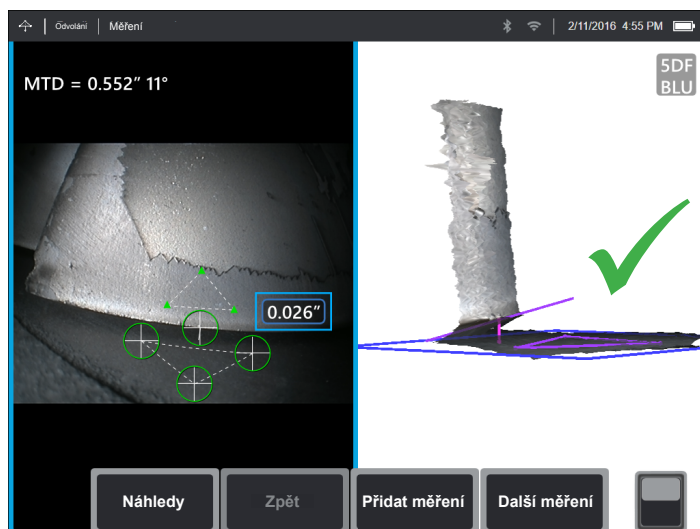
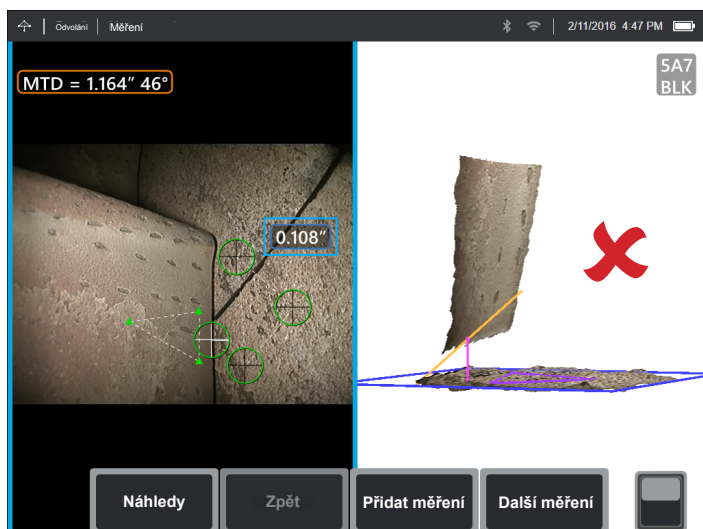


## Příklady měření roviny

### Vzdálenost od hrotu lopatky turbíny ke krytu:

- Použijte měření roviny s hloubkou, když 3D data na okraji lopatky chybí, v případě šumu nebo pokud jsou stahovány dolů a dozadu ke krytu, jak je uvedeno na obrázku vpravo dole.
- Hrot sondy umístěte nízko ke krytu, abyste viděli zadní stranu pod lopatkou. Levý obrázek dole je pořízen z příliš velké vzdálenosti nad krytem, což udává hodnota EVA 46°.

- Umístěte rovinu měření na čelní stranu lopatky v blízkosti požadovaného bodu měření. Příliš velká vzdálenost mezi kurzory u okraje lopatky může zvýšit chybu z důvodu zakřivení lopatky.
- První tři kurzory hloubky umístěte na kryt.
- Čtvrtý kurzor hloubky umístěte na okraj lopatky v zobrazení 2D. Tento kurzor se vysílá na rovinu měření, může se tedy jevit mírně mimo okraj v množině bodů, jelikož 3D data na okraji chybí nebo z důvodu šumu.

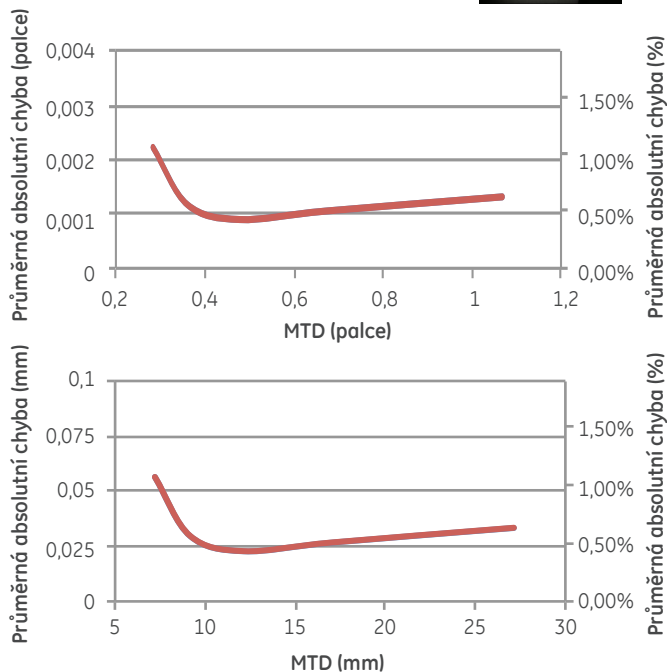




# DATA PŘESNOSTI MĚŘENÍ

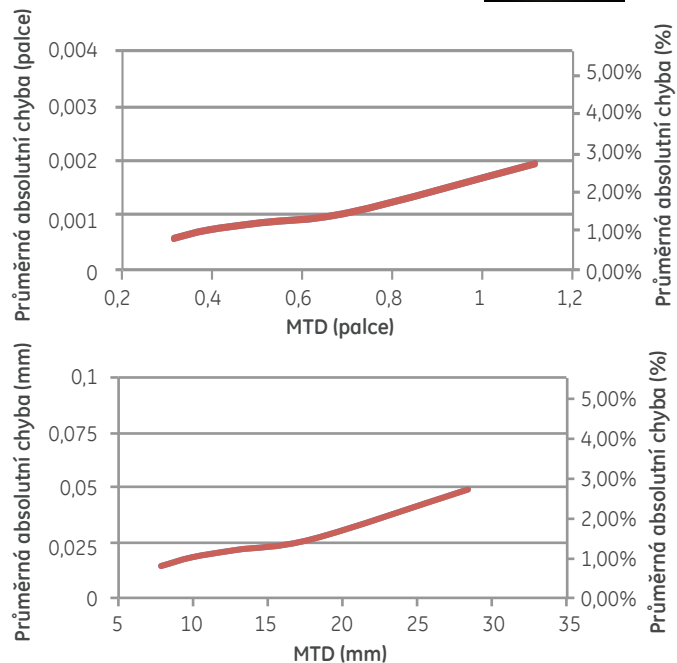
Křivky přesnosti měření na stranách 18-19 byly vytvořeny pomocí výsledků testu třetí strany s využitím 3DPM na zařízení Mentor Visual IQ za řízených podmínek se zkušebním blokem s matným povrchem. Je nutno je vykládat jako schopnost systému za ideálních podmínek. Skutečné výsledky se mohou lišit podle použití, stavu povrchu, stavu vybavení a zkušeností uživatele.

**Chyba délky vs. MTD**  
Průměr v úhlu sledování 0° až 50°  
5,33 mm Dlouhá funkce



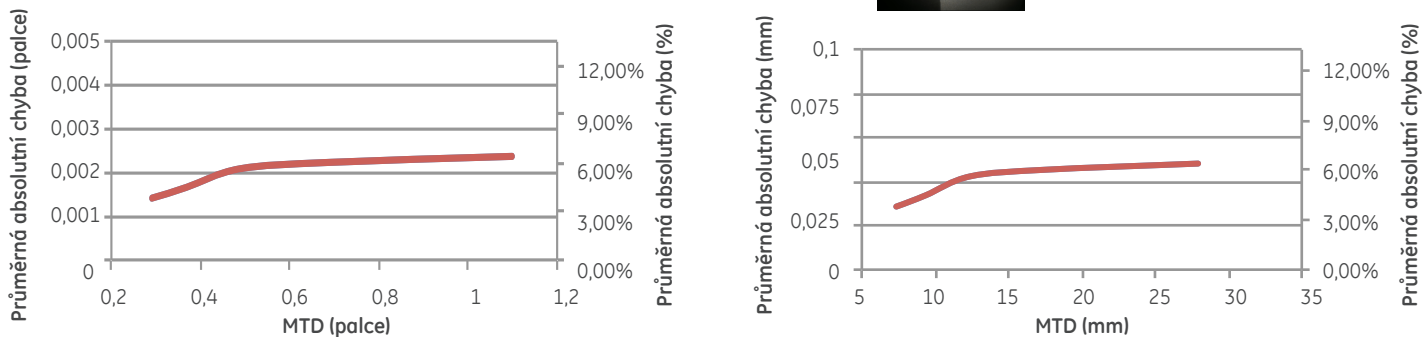
Graf přesnosti pro měření délky praskliny.

**Chyba čáry Pt vs. MTD**  
Průměr v úhlu sledování 0° až 50°  
1,803 mm funkce Edge Ding



Graf přesnosti pro měření bodu k čáře funkce edge ding.

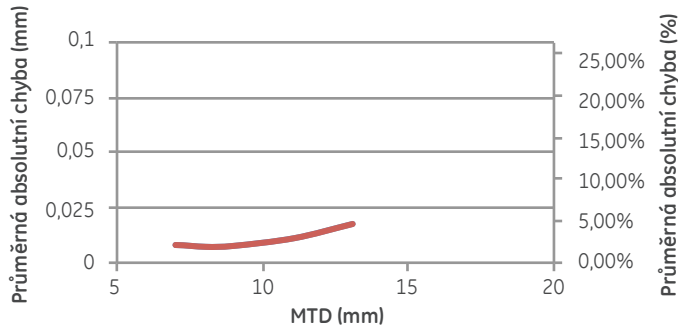
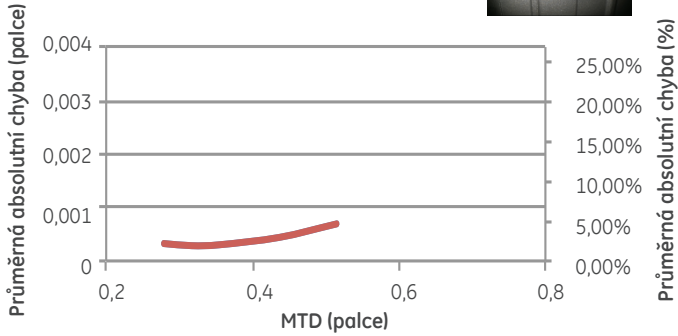
**Chyba čáry Pt vs. MTD**  
Průměr v úhlu sledování 0° až 50°  
0,94 mm funkce chybějícího rohu



Graf přesnosti pro měření bodu k čáře funkce chybějícího rohu.

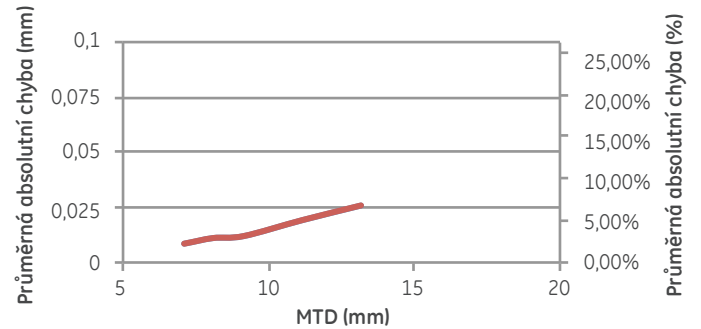
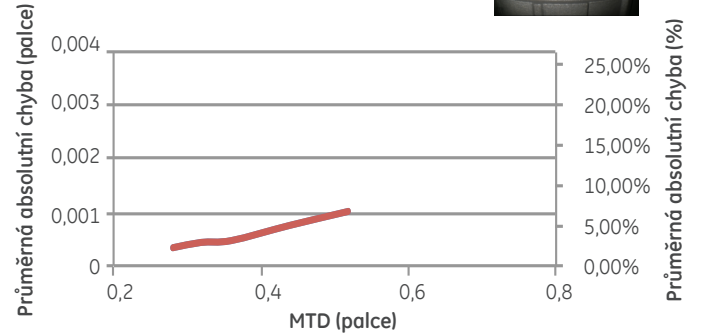
Poznámka: Roviny měření se v tomto testu nepoužily, ale pravděpodobně by zlepšily výsledky některých aspektů.

**Chyba hloubky vs. MTD**  
Průměr v úhlu sledování 0° až 50°  
0,381 mm funkce hloubky



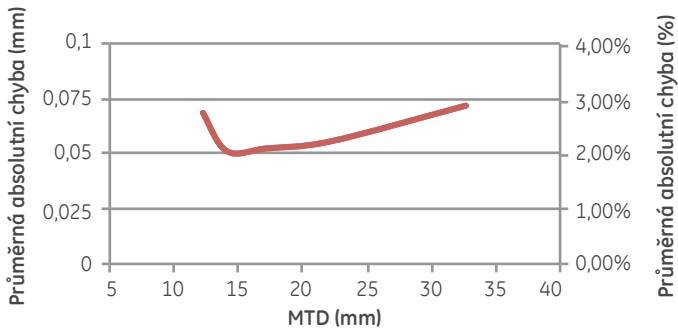
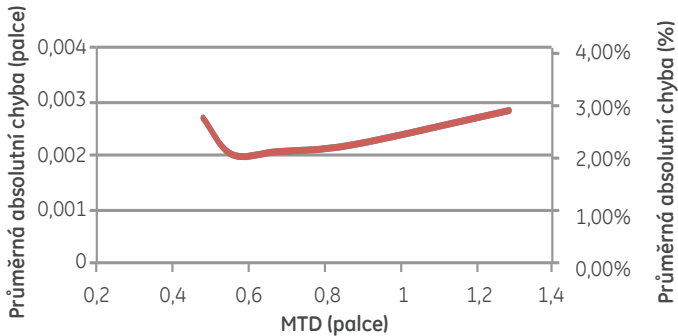
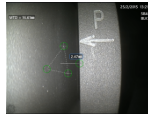
Graf přesnosti pro měření hloubky prohlubně nebo praskliny.

**Chyba hloubky profilu vs. MTD**  
Průměr v úhlu sledování 0° až 50°  
0,381 mm funkce hloubky



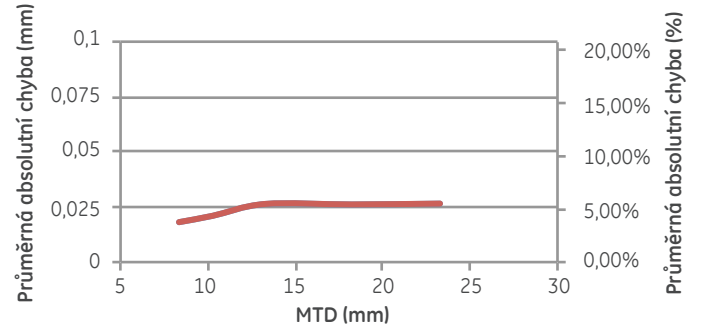
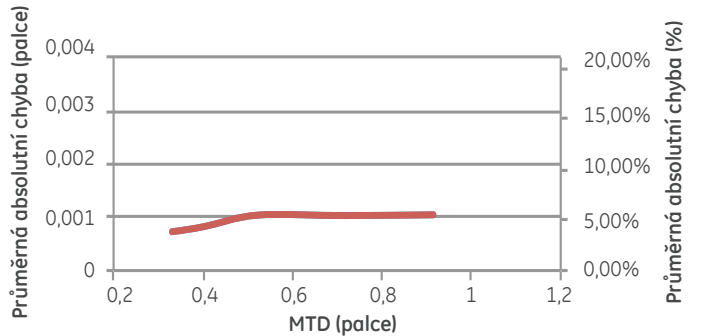
Graf přesnosti pro měření profilu hloubky prohlubně nebo praskliny.

**Chyba hloubky vs. MTD**  
Průměr přes všechny úhly sledování  
2,464 mm funkce hrot až kryt



Graf přesnosti pro měření vzdálenosti od hrotu po kryt.

**Chyba hloubky profilu vs. MTD**  
Průměr v úhlu sledování 0° až 50°  
0,483 mm funkce výšky sváru



Graf přesnosti pro měření profilu hloubky výšky sváru.

# SPECIFIKACE

Optické parametry hrotu měření a čísla dílů pro Mentor Visual IQ

## Hroty Mentor Visual IQ 4,0 mm

Hroty pro 3D stereo měření a hroty pro stereo měření

Č. dílu	Barva	FOV (st)	DOF mm	(palce)
TM405555FG	Černá	55/55-FWD	5-inf	(.20-inf)
TM405555SG	Modrá	55/55-SIDE	4-inf	(.16-inf)

## Hroty Mentor Visual IQ 6,1mm

Hroty pro 3D fázové měření

XL4TM61105FG (verze dopředu)	Černá	105	8-250	(.31-9.84)
XL4TM61105SG (verze do stran)	Modrá	105	7-250	(.27-9.84)
XL4TM61105FN-8651	Oranžová	105	3-120	(.12-4.72)

Hroty pro 3D stereo měření a hroty pro stereo měření

XLG3TM616060FG	Černá	60/60-FWD	4-80	(.16-3.15)
XLG3TM615050SG	Modrá	50/50-SIDE	2-50	(0.8-1.97)

## Hroty Mentor Visual IQ 8,4mm

Hroty pro 3D stereo měření a hroty pro stereo měření

XLG3TM846060FG	Černá	60/60-FWD	4-50	(.16-1.97)
XLG3TM846060SG	Modrá	60/60-SIDE	4-50	(.16-1.97)

## Čísla dílů měřicího softwaru

3D stereo měření MVIQ-3DPM

3D fázové měření MVIQ-3DST

Stereo měření MVIQ-ST

Měření projektované roviny MVIQ-PPM

Profil hloubky plochy MVIQ-ADP

# Slovník

**Perspektivní linie 3D** - Tečkované modré linky zobrazují čtyři rohy zorného pole hrotu v množině bodů na celém snímku, aby uživatel lépe chápal a zlepšil orientaci hrotu vůči povrchu. Může se zobrazit nebo skrýt pomocí nabídky nastavení.

**3D fázové měření** - Technologie měření, která projektuje linkové vzorce na předmět pomocí soustavy diod. Měření se vypočítává pomocí koncepce rozboru fázového posunu ve spojení s vlastní technologií zpracování.

**Množina bodů 3D** - 3D grafické znázornění kontrolovaného povrchu s linkami a kružnicemi, které zobrazují měření prováděná na daném povrchu. Množinu bodů 3D lze otáčet a sledovat z různých úhlů a perspektiv. Umožňuje kontrolorovi ověřit nastavení měření a bodů umístění kurzoru.

**Průvodce řadou 3DPM** - Vizualní návod zobrazený při sledování živého videa s nasazeným hrotem 3DPM pro informace o schopnosti systému dosáhnout dostatečného jasu díky diodám hrotu s cílem zajistit vysoce kvalitní snímky. Zvyšující se počet dílků při přibližování se k cíli znamená vyšší kvalitu 3D dat a přesnost měření.

**3D stereo měření** - Používá stejné optické principy jako stereo měření a kombinuje je se schopností vytvářet, ovládat a analyzovat znázornění 3D množiny bodů dat měření.

**Aktivní kurzor** - Kurzor, kterým aktuálně pohybujete, vyznačený modrým kroužkem.

**Informační sdělení** - „Pro dosažení nejlepších výsledků by měly být referenční kurzory na stejné rovině“ - Při měření profilu hloubky znamená, že referenční kurzory nejsou na stejné rovině.

**Informační sdělení** - „Posuňte se blíže k cíli nebo posuňte kurzory, abyste získali nejlepší výsledky“ - Znamená, že měření je příliš malé a nespolehlivé při měření aktuální vzdálenosti hrotu od cíle. Lze opravit tak, že posunete hrot blíže k odečtu nebo zvolíte větší plochu měření.

**CSV** - Hodnota oddělená čárkou, slouží k exportování dat množiny bodů. Lze otevřít v sadě CAD.

**Asistent hloubky** - Funkce, pomocí níž systém vyhledává data povrchu v blízkosti prvních tří kurzorů měření hloubky a automaticky umístí čtvrtý kurzor na nejhlubší bod, nejvyšší bod nebo na bod na hrotu lopatky, čímž uživateli ušetří čas při ručním vyhledávání těchto bodů.

**Hloubka mapy** - Režim zobrazení množiny bodů 3D, v němž má buď vzdálenost hrotu a cíle (celý snímek) nebo kolmá vzdálenost od referenční roviny měření (snímek měření) barevné kódování, aby se zajistilo lepší pochopení míry šumu 3D dat a obrysů povrchu.

**Zobrazení hloubky profilu** - Alternativní 2D zobrazení profilu hloubky na zvolené lince profilu délky.

**Úhel zobrazení okraje (EVA)** - Zobrazuje se vedle MTD a pomáhá uživateli posoudit vhodnost perspektivy sledování při provádění měření Bodu k lince, Hloubky nebo Plochy v blízkosti okraje povrchu s použitím roviny měření.

**Linka úhlu zobrazení okraje (linka EVA)** - Linka zobrazená v množině bodů a udávající, kde se určuje EVA. Ideální EVA je 0°, když je linka EVA kolmá k rovně měření.

**FOD** - Poškození cizím předmětem.

**Celý snímek množiny bodů** - Zobrazuje všechna měření a data povrchu. Mapa hloubky udává vzdálenost od hrotu měření k povrchu.

**Vodící linky** - Linky zobrazené v zobrazeních množiny bodů při používání roviny měření s funkcemi Délka, Bod k lince, Multi Segment nebo Plocha, aby uživatel mohl lépe umístit kurzory do roviny s body povrchu mimo rovinu.

**InspectionWorks Connect** - Nástroj pro vzdálenou spolupráci umožňující živé přenášení videa prohlídky, obousměrný chat a značení. Lze aktivovat přímo na přístroji Mentor iQ.

**Nečinný kurzor** - Kurzory, které nejsou aktuálně zvolené, vyznačené zeleným kroužkem.

**Inspection Manager** - PC nástroj pro opakované měření pro snímky vizuální kontroly.

**Snímek měření množiny bodů** - Zobrazuje pouze aktivní měření a data povrchu v blízkosti. Mapa hloubky značí kolmou vzdálenost bodů povrchu od referenční hodnoty měření.

**Chybějící roh** - Roh lopatky turbíny, který se ulomil, obvykle vlivem cizího předmětu procházejícího turbínou.

**MTD** - Maximální vzdálenost cíle. Udává vzdálenost nejvzdálenějšího bodu kurzoru při daném měření od hrotu sondy.

**Šum v množině bodů** - Artefakty v 3D datech, které nehovoří o skutečné geometrii povrchu. Šum se obvykle sníží posouváním hrotu blíž k cílovému povrchu nebo změnou úhlu přiblížení, čímž se sníží odrazy.

**Oranžový obrys výsledků měření a hodnota MTD** - Udává, že měření je příliš malé a nespolehlivé pro aktuální vzdálenost od hrotu k cíli. Lze opravit tak, že posunete hrot blíže k měření nebo zvolíte větší plochu měření.

**Dílký profilu** - Dráhy podél povrchu mezi linkami referenčního profilu v měření profilu hloubky oblasti, které mapují kolmou vzdálenost mezi body povrchu a referenčním povrchem.

**Měření projektované roviny** - Použití roviny měření ve spojení s jiným druhem měření pro matematickou projekci roviny povrchu přes celý snímek a měření na této rovině.

**Červeně vyplněné kurzory na profilu hloubky** - Znamená, že kurzor není na rovném povrchu nebo na stejné rovině. Kurzor je nutno přesunout, aby bylo měření přesné.

**Červená maska na snímku** - Znamená, že data povrchu v této oblasti nejsou dostupná k měření. Posunutím blíže nebo úpravou orientace zobrazení můžete zmenšit oblast červené masky.

**Referenční linka** - Při měření bodu k lince první dva kurzory umístěné na neměnných bodech povrchu definují rovnou referenční linku v prostoru 3D, od níž se měří vzdálenost k bodu třetího kurzoru.

**Referenční rovina** - Rovina vymezená třemi nebo více body na referenčním povrchu, od níž se vypočítává kolmá vzdálenost k ostatním bodům povrchu. Modrý čtverec vyznačuje polohu referenční roviny v zobrazení 3D množiny bodů snímku měření.

**Poznámka:** Referenční rovina se vypočítává jako plochá, i když povrch, na němž rovina spočívá, plochý není. Jde o možný zdroj chyb.



**Linka referenčního profilu** – Linky profilu hloubky oblasti stanovené kurzory měření, které následují obrysy povrchu a slouží ke stanovení oblasti a referenčních rovin pro dílky profilu.

**Referenční povrch** – Neměnný povrch dílu, který slouží jako reference pro různá měření.

**Výsledný dílek** – Dílek profilu hloubky oblasti, který zahrnuje nejvyšší nebo nejnižší bod a zobrazuje se na snímku a v množině bodů.

**Maska povrchu** – Zobrazuje body povrchu velmi blízko k referenční rovině měření zeleně, aby uživatel mohl zjistit přesné referenční roviny s funkcemi Měření roviny a Hloubky, Profil hloubky a Profil hloubky oblasti.

**Žlutá maska na snímku** – Při 3D fázovém měření znamená, že data povrchu mohou mít nízkou kvalitu pro měření. Může existovat potenciál pro nižší přesnost, zejména u měření hloubky nebo pro malá měření. Oblasti žluté masky často vyvolávají odrazy povrchu na povrch. Změnou orientace sondy dojde k odsunutí těchto odrazů mimo hrot sondy alepší se kvalita dat a sníží se nebo odstraní oblasti se žlutou maskou.





**Kontrolní technologie GE**

721 Visions Drive  
Skaneateles, NY 13152  
315-554-2000  
[www.gemeasurement.com](http://www.gemeasurement.com)

\*Znamená obchodní známku společnosti General Electric Company. Všechny ostatní známky jsou majetkem příslušných vlastníků.

© 2016 General Electric Company. Všechna práva vyhrazena.

GEA31907A

02/2016