

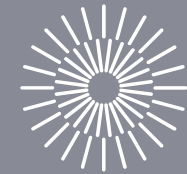
FAKULTA STROJNÍ TUL

Moderní metody rozpoznávání a zpracování obrazových informací 2024



Odborná konference pořádaná
projektovým týmem EDIH Northeast
na Technické univerzitě v Liberci

TUL



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Vlastimil Hotař, Ondřej Matúšek

Katedra sklářských strojů a robotiky Technické univerzity v Liberci, tel. 485 352 929, e-mail:
vlastimil.hotar@tul.cz

Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Obsah

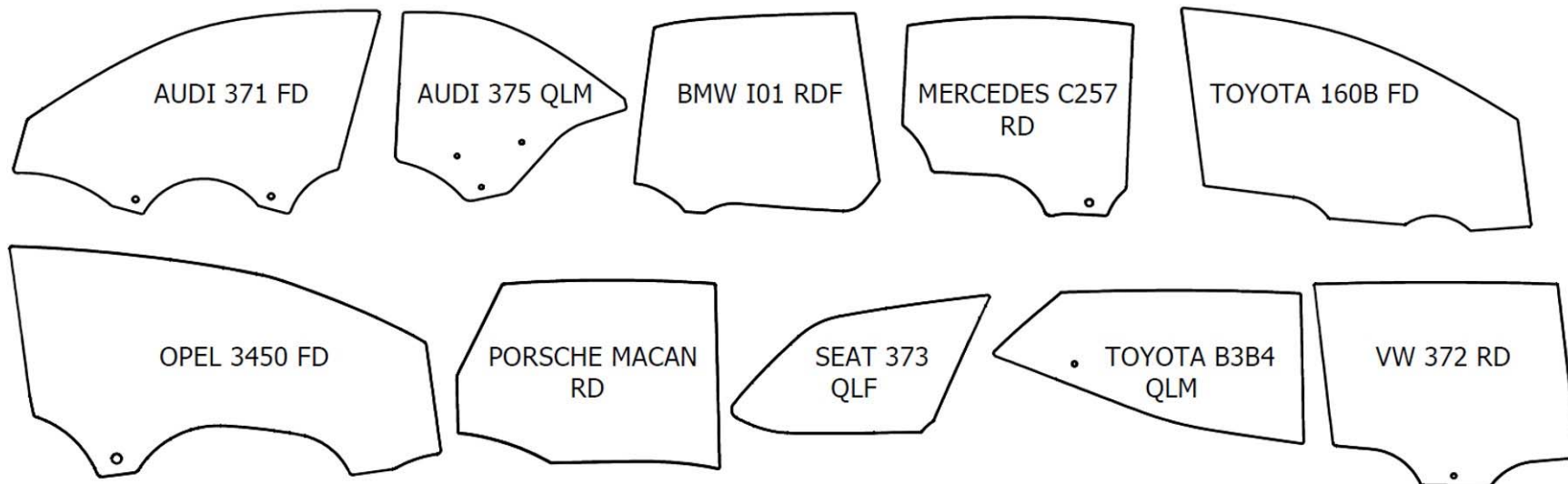
- Představení řešeného problému
- Konfokální senzory, principy, výhody a omezení
- Limitní parametry automobilových skel
- Testování
- Průmyslové řešení

Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Představení řešeného problému

Současný stav:

Kontrola tvaru automobilových skel, požadavek 100 % kontroly, relativně vysoká rychlost linky na výrobu bočních skel: **1 kus skla za 6 sekund.**

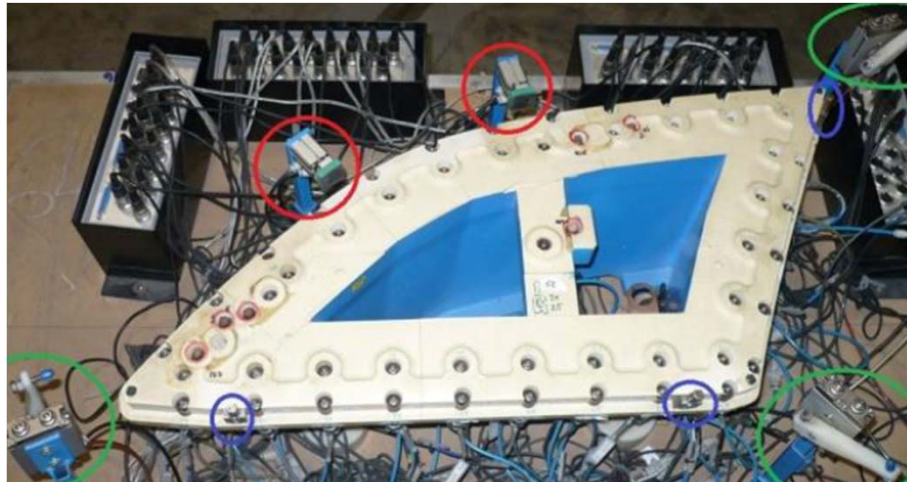


Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Představení řešeného problému

Současný stav:

Nyní kontaktní měření geometrie skla na maketách v takzvané car position.



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Představení řešeného problému

- Princip kontaktního měření na maketě vyžaduje vždy sadu vlastních maket.
- Makety jsou nákladné na:
 - výrobu,
 - údržbu,
 - skladování.
- Princip kontaktního měření má vliv na:
 - tvar autoskel (autoskla jsou čím dál tenčí a i malá síla je deformuje),
 - spolehlivost a stálost měření v čase.

Bezkontaktní měření by mělo být levnější, spolehlivější a flexibilnější.

Představení řešeného problému

Analýza technických možností bezkontaktní detekce:

- využití odrazu liniového koherentního paprsku ve viditelném elektromagnetickém záření od objektu a zpracování jeho projekce,
- využití ultrazvukových snímačů vzdálenosti,
- využití konfokálních snímačů.

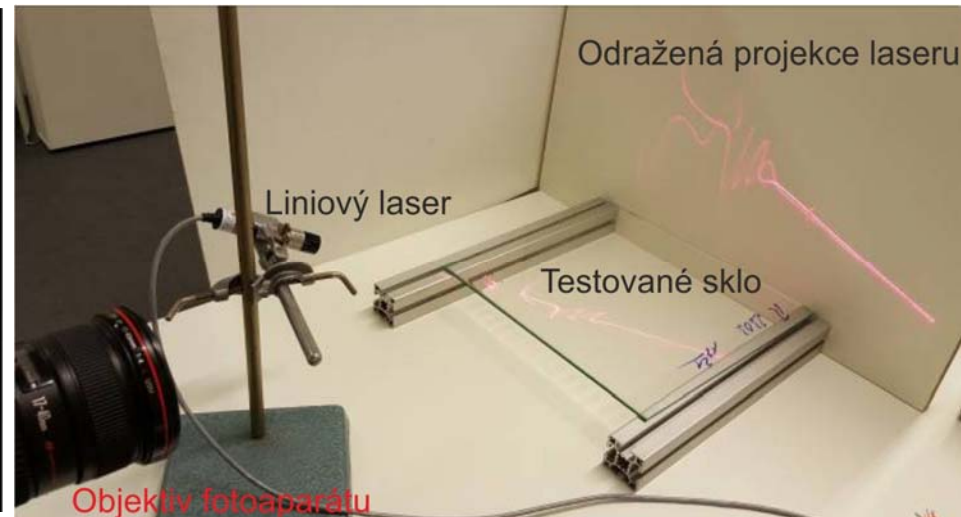
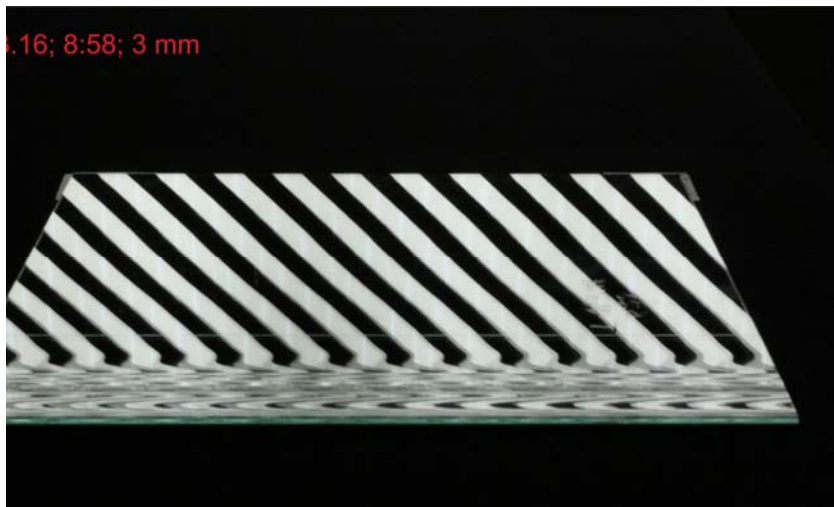
Dalšími možnostmi, které vyžadují zodpovězení řady otázek na úrovni základního výzkumu, jsou:

- využití odrazu záření nad vlnové délky 8 000 nm v IR oblasti,
- pohlcení UV záření/blízkého UV záření povrchem skla.

Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Představení řešeného problému

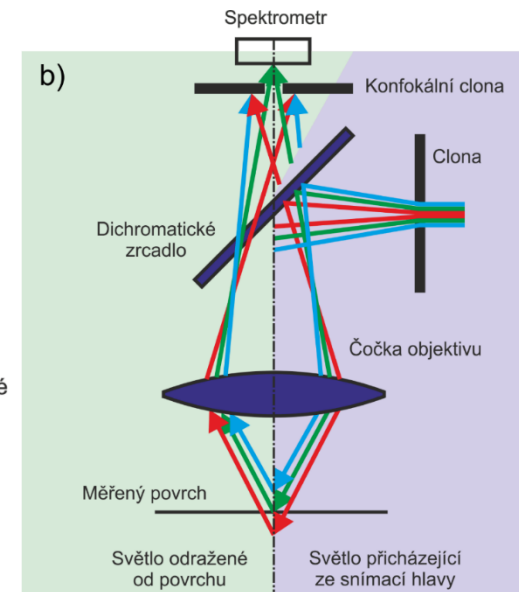
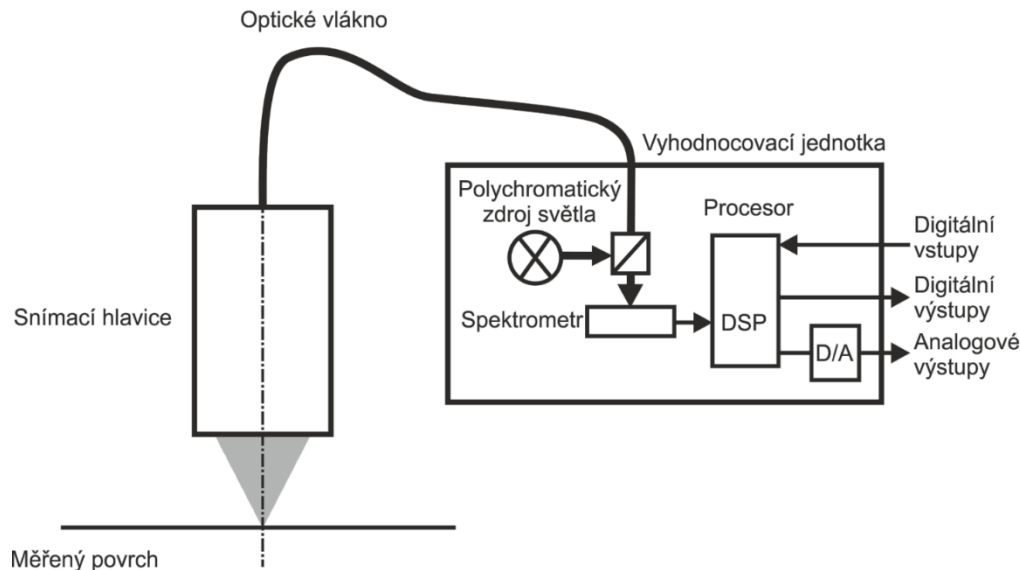
Využití odrazu liniového koherentního paprsku ve viditelném elektromagnetickém záření od objektu a zpracování jeho projekce,



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Konfokální senzory, principy, výhody a omezení

Mezi nejvýznamnější výrobce a dodavatele konfokálních snímačů patří firmy MARPOSS (STIL), PRECITEC OPTRONIK, FOCALSPEC a OMRON. Ostatní firmy využívají komponent uvedených výrobců a dodávají snímače pod vlastní značkou.



Konfokální senzory, principy, výhody a omezení

Výhody:

- vysoká přesnost uváděná v řádu nm, pro větší rozsahy se přesnost snižuje, reálně pod jednotky μm , což pro většinu aplikací postačuje;
- nepatrný konstantní měřicí bod, který umožňuje měření velmi malých ploch;
- vysoce přesné měření na lesklých površích (zrcadlech) a na skle;
- jednostranné měření tloušťky transparentních materiálů (v případě dostatečné transparence materiálu a znalosti minimálně indexu lomu materiál/vzduch, ideálně i Abbého čísla);
- relativně vysoká rychlost vzorkování (běžné snímače mají frekvenci snímání do 25 kHz, špičkově do 70 kHz).

Konfokální senzory, principy, výhody a omezení

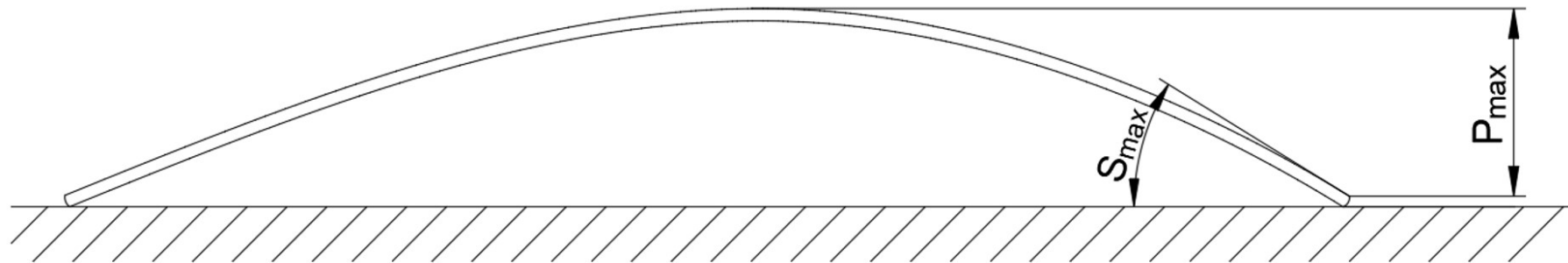
Omezení:

- maximální rozsah měření je v současné době do 100 mm (O3PS14000),
- nižší je laterální rozlišení, které je u uvedených větších rozsahů v desítkách mikrometrů,
- přesnost snímačů je závislá na dodržení správné pozice snímací hlavičky vůči měřenému povrchu, ideálně by měla být pozice v normále vůči povrchu, ale výrobci udávají možný maximální odklon, u větších rozsahů je to jen $\pm 5^\circ$ (rozsah měření 100 mm), u menších rozsahů i $\pm 45^\circ$ (rozsah měření 1 mm),
- velké rozměry a hmotnost snímacích hlavic (s větším rozsahem měření rozměry snímačů i jejich cena narůstají), pro rozsah měření 100 mm je hmotnost hlavičky 4,2 kg.

Limitní parametry automobilových skel

Základní souhrn parametrů automobilových skel byl sestaven na základě analýzy dostupných CAD modelů, bylo zevrubně analyzováno:

- 10 bočních skel (typu FD, RD, QLF),
- 4 čelní skla (FORD V408, TOYOTA 133, VW 464, MERCEDES X243).



Výchozí poloha objektu pro měření byla uvažována ve stavu skla umístěného na základně, v podobě horizontální rovinné plochy, výdutí vzhůru.

Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Limitní parametry automobilových skel

Boční skla:

- maximální průhyb skla na úrovni 34 mm, přičemž běžná hodnota je pod 30 mm,
- maximální sklon u bočních skel je až 15°, nicméně běžně je méně než 13°.

Čelní skla:

- maximální průhyb skla naměřen v rozsahu 60 až 100 mm,
- maximální odklon dosahoval cca 8 až 18°.

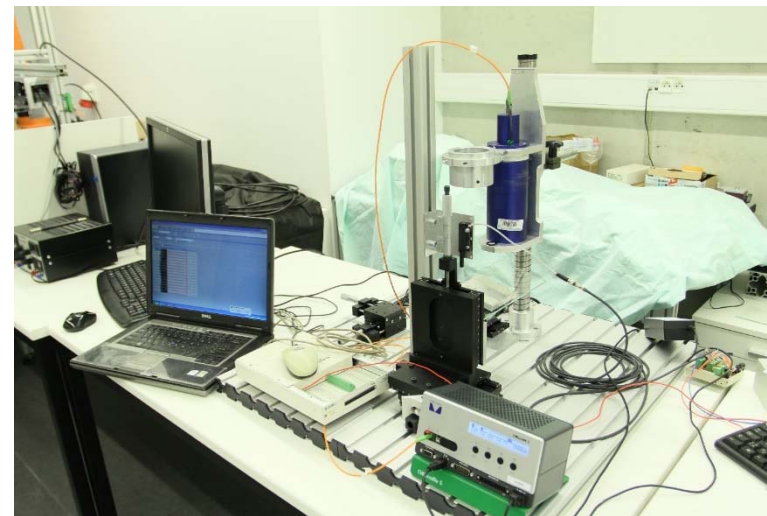
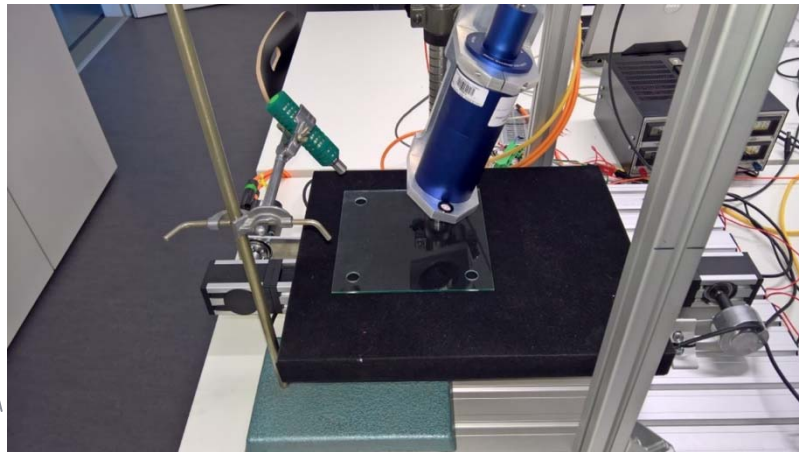
Uvedené hodnoty slouží pouze k rámcové představě o úrovních běžně dosahovaných parametrů bočních a čelních skel.

Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Testování

Strategické partnerství s firmou **FOR G (společný projekt TAČR)** a s výrobcem konfokálních snímačů STIL (nyní Marposs).

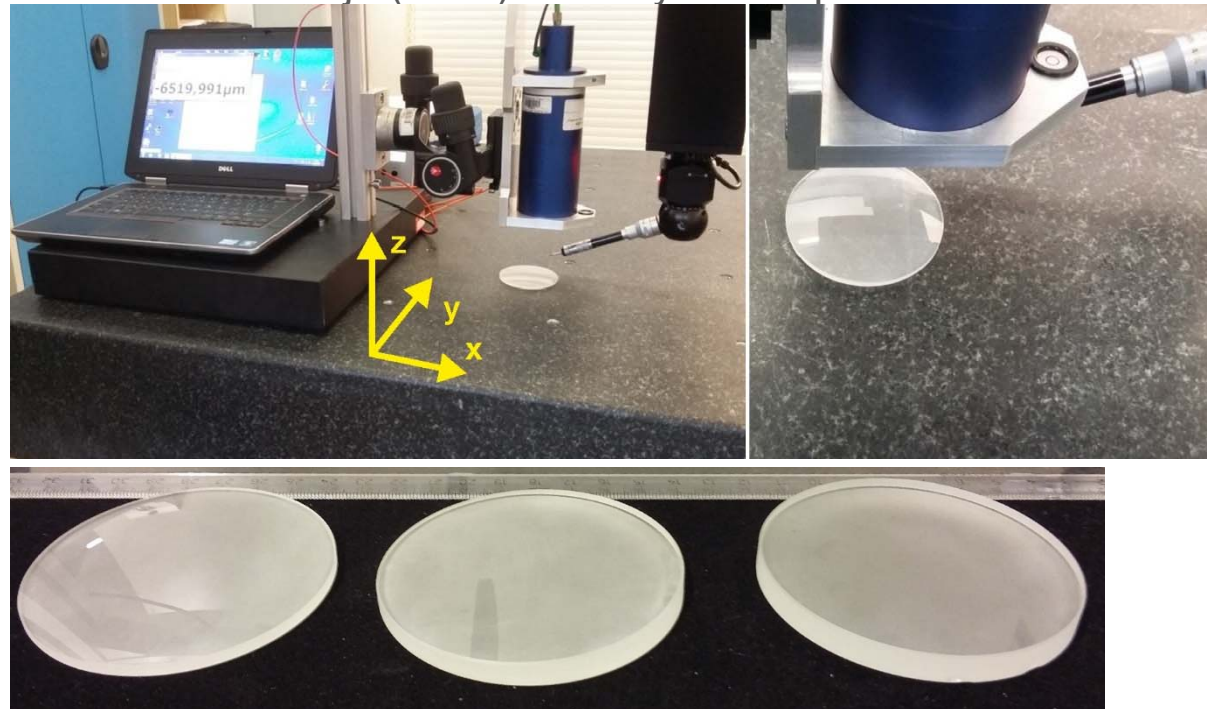
Pro zmapování aplikačních možností konfokálních snímačů v průmyslové praxi byla provedena sada základních testů zaměřených na ověření parametrů konfokálních snímačů při průmyslovém použití.



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

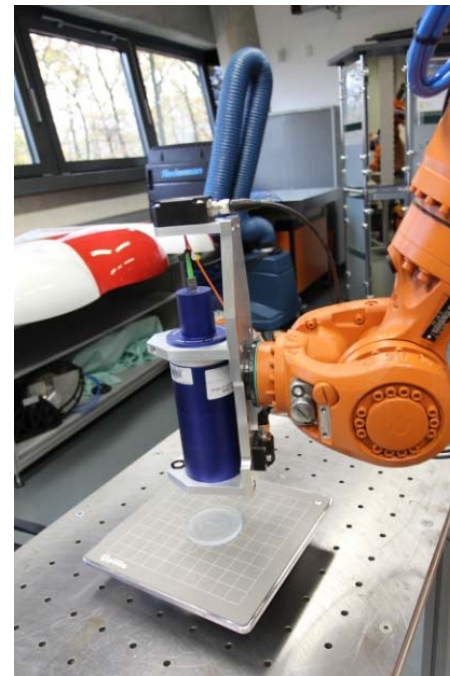
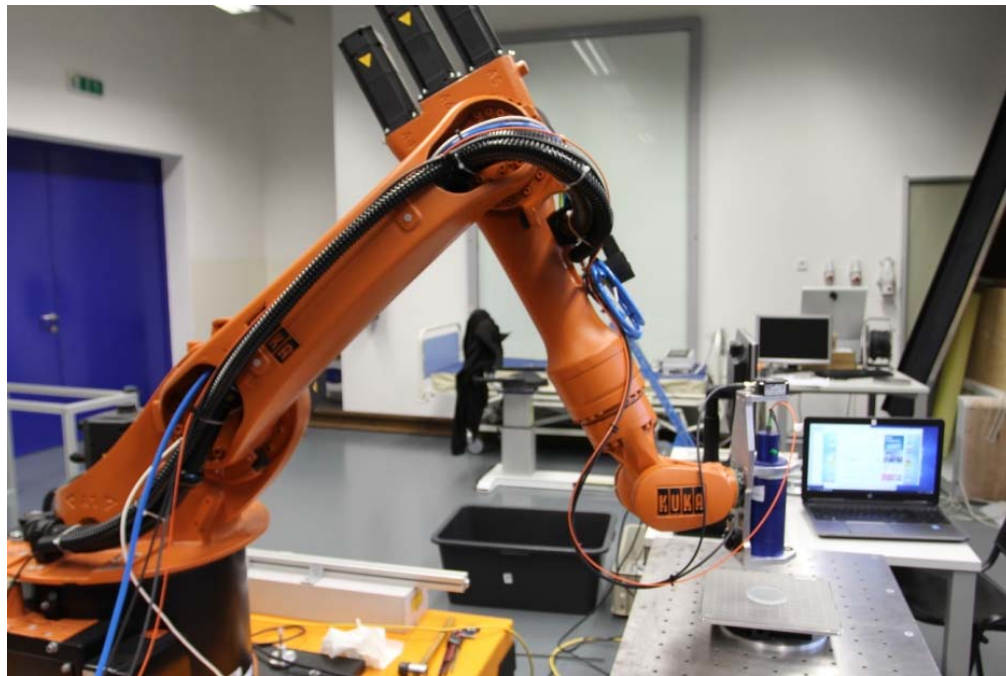
Testování

Praktické ověření deklarovaných přesností konfokálních snímačů bylo provedeno pomocí 3D souřadnicového měřicího stroje (SMS) od firmy DEA SpA.



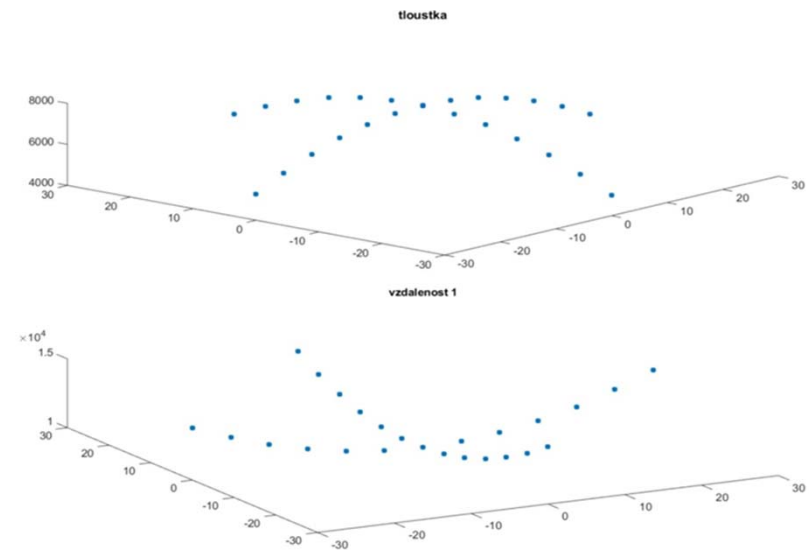
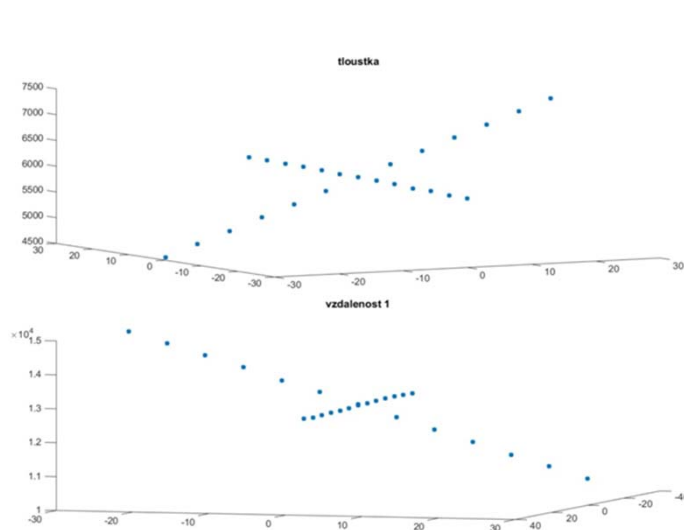
Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Testování



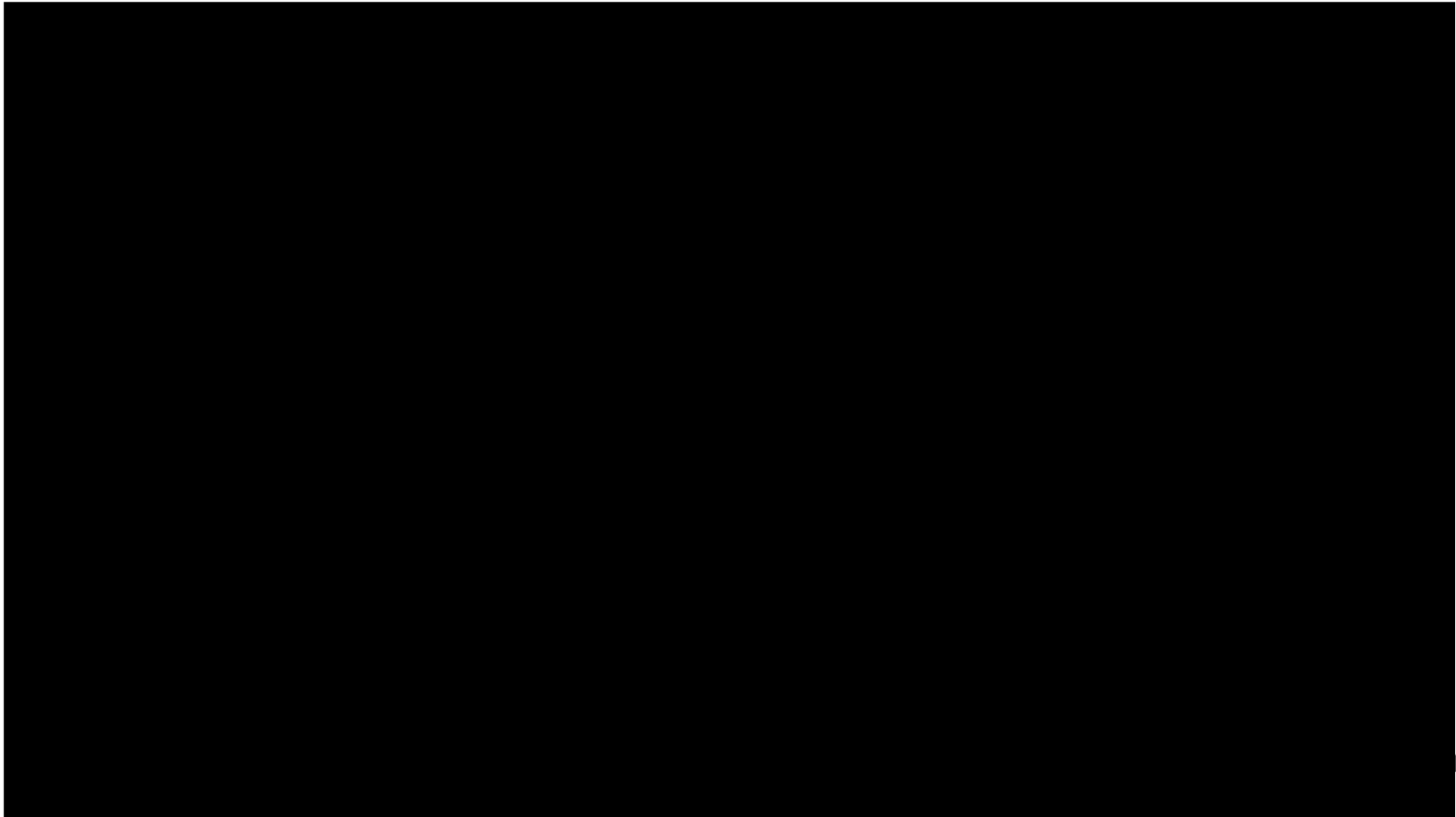
Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Testování



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Testování



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Průmyslové řešení

Patentované bezkontaktní měřicí zařízení pro boční skla (UV 33972, Patent č. 308522), které bylo vyvinuto v kooperaci Technické univerzity v Liberci a firmy FOR G.

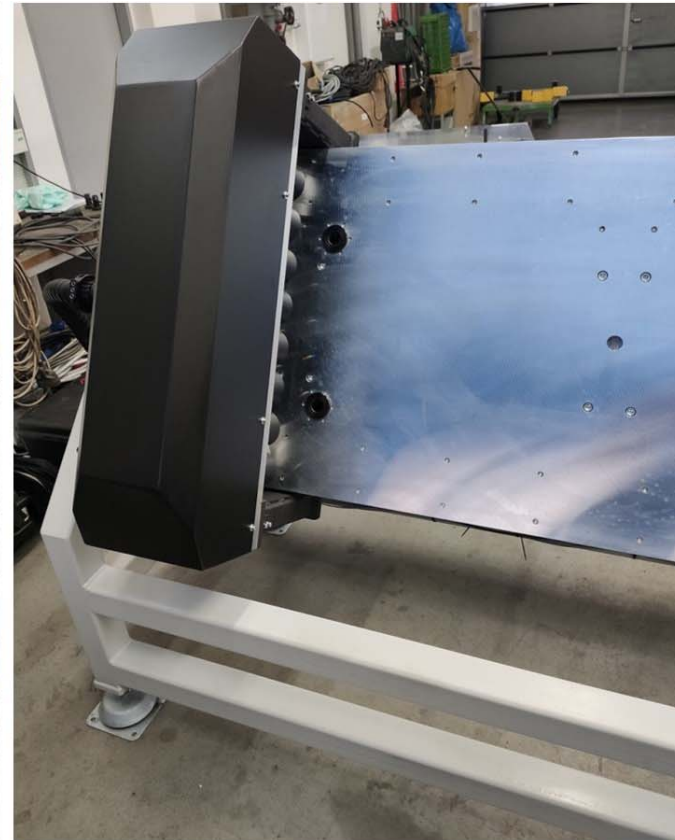
Navržené zařízení umožňuje měřit boční skla v „car position“, bez požadavku na aplikaci tvarově složité a cenově nákladné jednoúčelové makety.

Umístěné sklo je proměřeno sadou konfokálních snímačů ve 24 liniích v rozteči 30 mm při rychlosti pohybu portálu v rozsahu cca 400 až 700 mm/s, čemuž odpovídá doba vlastního měření na úrovni cca 2 až 4 sekund.

Použity jsou speciálně za tímto účelem vyvinuté konfokální snímače STIL s pracovním rozsahem 35 mm, které jsou pevně fixované v pojízdném portálu. Zpracování signálů snímačů je zajištěno 24kanálovou vyhodnocovací jednotkou.

Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

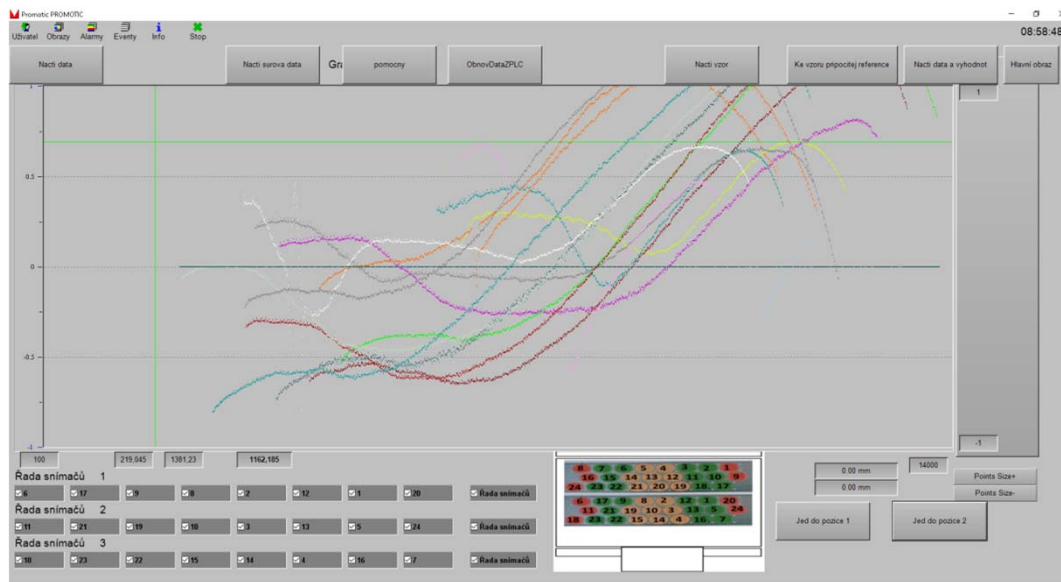
Průmyslové řešení



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Průmyslové řešení

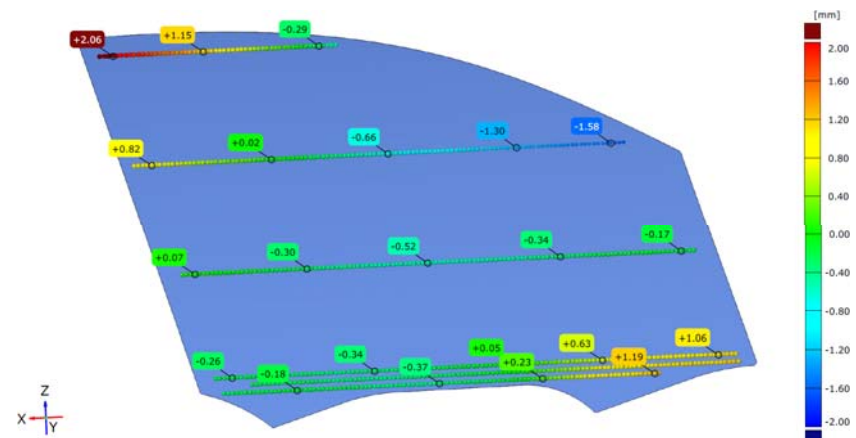
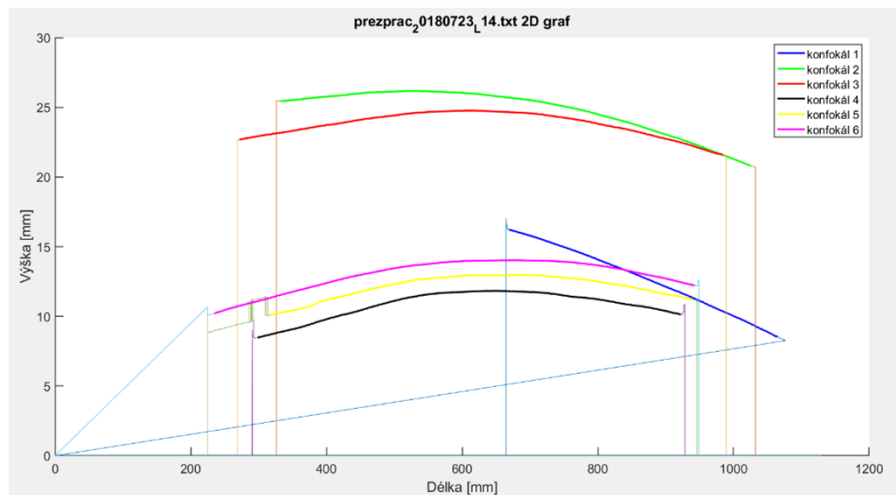
Z 24 linií vzniká pseudo-obraz bočního skla, který je využit pro porovnání s CAD modelem nebo parametry etalonu.



Použití bodových konfokálních snímačů pro získání 3D informací o tvaru autoskel v průmyslovém nasazení

Průmyslové řešení

Z 24 linií vzniká pseudo-obraz bočního skla, který je využit pro porovnání s CAD modelem nebo parametry etalonu.



Závěr

Realizovaný výzkum potvrdil vysoký potenciál konfokálních snímačů k získání dat vhodných pro hodnocení jakosti tvaru transparentních materiálů.

Vysoký aplikační potenciál příslušného principu pro měření automobilových skel.

Byla doložena analýza jejich limitních parametrů, ze které vyplývají rámcové požadavky na koncepci měřicího zařízení a především parametry snímačů.

Systematické experimentální studium, které poskytlo dostatek informací k formulaci požadavků na technické parametry, vedlo ke stanovení okrajových podmínek měření a k určení a ověření omezujících podmínek zvolené koncepce měřicího zařízení.

Závěrem je doložen praktický příklad bezkontaktního měřicího zařízení pro boční automobilová skla.



Děkuji za pozornost!

Vlastimil Hotař, Ondřej Matúšek
Katedra sklářských strojů a robotiky Technické univerzity v Liberci

+420 485 352 929
vlastimil.hotar@tul.cz