

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

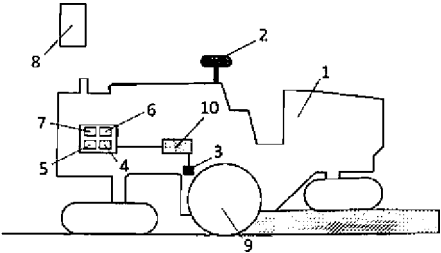
(21) Číslo přihlášky: 2022-62
(22) Přihlášeno: 09.02.2022
(40) Zveřejněno: 16.08.2023
(Věstník č. 33/2023)
(47) Uděleno: 20.02.2025
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 02.04.2025
(Věstník č. 14/2025)

(56) Relevantní dokumenty:
US 2014205400 A1; WO 2013005112 A2; EP 2495367 A1; US 8961065 B2.

(73) Majitel patentu:
Exact Control System a.s., Praha 6, Dejvice, CZ
(72) Původce:
Ing. Obr Vítězslav, Ph.D., Třebíč, Nové Dvory, CZ
Ing. Příkryl Marek, Ph.D., Praha 5, Velká Chuchle, CZ
(74) Zástupce:
Rott, Růžička & Guttman s.r.o., Vyskočilova
1566, 140 00 Praha 4, Michle

(54) Název vynálezu:
**Způsob frézování povrchu dopravní plochy
v alespoň dvou vrstvách**

(57) Anotace:
Způsob frézování povrchu dopravní plochy v alespoň dvou vrstvách, při kterém se frézuje první vrstva a současně se průběžně v každém okamžiku frézování první vrstvy měří prostorová poloha (X, Y, Z) silniční frézy (1) a příčný sklon frézovacího válce (9) a naměřená data se ukládají do databáze (5) na paměťovém médiu, které je připojeno k počítači (4) 3D navádění. Z uložených naměřených dat se vypočte digitální 3D model povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy v počítači pro výpočet 3D povrchu dopravní plochy vybraného ze skupiny zahrnující počítač (4) 3D navádění a server (8) připojený k počítači (4) 3D navádění a server (8) integrovaný v jednom přístroji s počítačem (4) 3D navádění. Následně se po odfrézování první vrstvy s využitím digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy a dříve obdrženého digitálního 3D modelu požadovaného konečného povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy frézuje alespoň druhá vrstva.



Způsob frézování povrchu dopravní plochy v alespoň dvou vrstvách

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu frézování povrchu dopravní plochy v alespoň dvou vrstvách.

Dosavadní stav techniky

10

Povrch dopravní komunikace je v průběhu svého životního cyklu vystavován řadě vlivů, které mění jeho strukturální a geometrické vlastnosti. Nejběžnějšími negativními projevy změny geometrie povrchu vozovky jsou vyjeté koleje, výtluky, poklesy, praskliny (dále jen „poruchy vozovky“). Z pohledu uživatele dopravní komunikace, dochází především k snížení plynulosti jízdy, k zvýšení otřesů celého dopravního prostředku, k snížení dynamické stability dopravního prostředku a k nedostatečnému odvodnění povrchu dopravní komunikace.

15

Oprava způsobem výměny vrchní poškozené vrstvy se provádí tak, že z poškozeného silničního povrchu, obsahujícího poruchy vozovky, je nejprve odstraněna svrchní vrstva materiálu o určité tloušťce, kdy silniční fréza postupně frézuje povrch dopravní plochy v podélných pásech, které mají šířku odpovídající šíři frézovacího válce, a které jsou rovnoběžné se směrem jízdy dopravních prostředků, přičemž tyto odfrézované pásy na sebe navazují s překrytem minimální šíře 5 až 10 cm. Tímto postupem je postupně odfrézovaná celá plocha dopravní komunikace. Na výsledný odfrézovaný povrch je pak položena nová asfaltová, betonová nebo jiná takzvaná konstrukční vrstva. Tloušťka nové konstrukční vrstvy by měla být v ideálním případě konstantní v celé ploše opravy. Různé tloušťky nové konstrukční vrstvy způsobují opětovný vznik nerovností z důvodů rozdílné stlačitelnosti různě tlustých vrstev. Proto je snahou operátorů silničních frézovacích strojů, aby vyrovnali veškeré nerovnosti frézováním a výsledný odfrézovaný povrch zajišťoval v podélném směru maximální plynulost jízdy a v příčném směru odvodnění vozovky a bezpečnou jízdu.

20

25

30

K dosažení požadované topografie povrchu konstrukční vrstvy dopravní komunikace po frézování nebo pokládce se využívají tři principiální postupy.

35

40

První princip je plně manuální ovládání nastavování hloubek a příčných sklonů frézování nebo mocnosti a příčných sklonů pokládky (dále jen „pracovní parametry“), kdy obsluha stavebního stroje manuálně nastavuje pracovní parametry, a tyto hodnoty se udržují, dokud se cílové hodnoty parametrů ručně nezmění. Změna pracovních parametrů probíhá na základě získaných informací nebo odhadu situace tak, aby se docílila požadovaná topografie výsledné dopravní plochy.

Nevýhodou tohoto způsobu frézování konstantní hloubkou v celé ploše dopravní plochy je, že pouze kopíruje nebo průměruje existující nerovnosti, vyrovná menší nerovnosti jako jsou například výtluky, ale nedokáže plně odstranit nerovnosti delší jak 2 metry. Dále nedokáže opravit nebo změnit existující příčné sklony, pouze je zkopíruje.

45

Druhý princip je automatické nebo poloautomatické zadávání, kdy se požadované pracovní parametry stavebního stroje vypočítávají nebo analogově nastavují na základě informací, které získává pracovní nástroj, například fréza nebo finišer, v místě práce v rámci stejného pracovního pojezdu z dotykových nebo bezdotykových měřicích zařízení připojených k pracovnímu nástroji. Nastavení pracovních parametrů se provádí současně s měřením. Jedná se například o zařízení multiplex společnosti Wirtgen známé z dokumentu EP 0547378 B1, nebo analogový dotykový systém využívající předem připravených vodících ocelových drátků (tzv. lankodráhy) k zajištění požadovaných hloubek, tlouštěk a sklonů, nebo se k zajištění rovinnosti využije umělá referenční

50

laserová rovina pomocí stacionárního rotačního laseru. Tyto metody jsou podrobně popsány v dokumentu EP 0964958 B1.

- 5 Nevýhodou tohoto způsobu frézování je, že opravuje dopravní komunikaci pouze na základě okamžitě dostupných informací z měření získaných v daný okamžik z nejbližšího okolí frézy. Neřeší celkovou topografii v celé délce a šířce opravovaného úseku dopravní komunikace, ke kterému jsou nezbytné 3D informace z celé oblasti opravy. Průměrovací metody, které například využívá přístroj multiplex společnosti Wirtgen, nedokáží opravit větší deformace, než je délka průměrování, jenž je většinou limitována délkou silniční frézy a prakticky nepřesahuje délku 10 metrů. Metoda využívající rotační laser je omezena dosahem, podmínkou přímé viditelnosti mezi vysílačem a přijímačem laserového signálu a přesností tohoto zařízení. Lankodráha vyžaduje časově náročnou přípravu a znemožňuje změnu plánovaného místa a směru broušení, která může být vyžadována například změnou dopravní situace v průběhu stavby.
- 15 Třetí princip, technicky nejvyspělejší, tzv. 3D frézování, známé též pod obecnějším názvem dálkové navádění stavebních strojů jako je silniční fréza nebo finišer (v angličtině se používá zkratka AMG – Automated Machine Guidance), je automatické nastavování hloubek a sklonů frézování nebo pokládky na základě předem připraveného 3D digitálního modelu terénu povrchu konstrukční vrstvy a určené prostorové polohy stavebního stroje. Takovéto 3D frézování může probíhat v celé šíři a délce dopravní komunikace, a to plně automaticky. Jedna z variant takového zařízení je známá z dokumentu US 008961065 B2 nebo komplexnější řešení z dokumentu US 10066346 B2.
- 20

Jsou známy dva základní způsoby 3D frézování.

- 25 První způsob 3D frézování používá absolutní navádění silniční frézy, kdy jsou pomocí totální stanice (například technologie společnosti Trimble/SITECH) nebo kombinace GNSS a laserového nivelačního přístroje (např. Topcon mmGPS) určeny absolutní souřadnice X, Y, Z frézy v souřadnicovém systému nezávislém na fríze (například v souřadnicovém systému UTM s elipsoidickými výškami), v kterém je naprojektován cílový design povrchu dopravní plochy po frézování. Na základě rozdílu výšek frézy, konkrétně pracovní části frézovacího válce, a výšky cílového designovaného povrchu po frézování v místě X, Y frézy, se nastaví absolutní výška frézovacího válce (např. Topcon mmGPS nebo Trimble/SITECH 3D milling).
- 30 Druhý způsob 3D frézování je tzv. diferenciální frézování, kdy se nejprve 3D zaměří povrch dopravní plochy před frézováním, naprojektuje se 3D design cílové plochy po frézování a z rozdílů výšek těchto ploch se vypočte rozdílový tzv. diferenciální model hloubek frézování. Během frézování se pak určuje pouze horizontální poloha frézy (X, Y), konkrétně frézovacího válce, a z diferenciálního modelu se určí příslušná hloubka frézování $F_t(X,Y)$ od povrchu neodfrézované plochy. Tato informace se předá kontrolnímu počítači silniční frézy, který provede potřebná nastavení hydrauliky frézy, aby se docílila požadovaná hloubka frézování od známého povrchu. Takový způsob je popsán např. v dokumentu US 8961065 B2.
- 35
- 40

Popsané známé 3D dálkové navádění pracovního stroje má následující nevýhody.

- 45 Vyžaduje před opravou nejdříve povrch neodfrézované dopravní komunikace přesně 3D zaměřit, což je časově, logisticky a finančně náročné.
- Využívá bezkontaktní měřicí přístroje především 2D nebo 3D laserové skenery k získání dat povrchu dopravní komunikace před opravou, které jsou zaprvé velmi drahé a zadruhé jejich přesnost je ovlivněna fyzikálními veličinami jako je tlak, teplota nebo vlhkost atmosféry.
- 50 Měření většinou probíhá za provozu, což způsobuje omezení silničního provozu a z 3D měření povrchu X, Y, Z se musí odfiltrovat všechna 3D data, která nereprezentují povrch dopravní

komunikace, zejména dopravní prostředky, dopravní kužely, listí, hlínu, sníh, což zvyšuje časové a finanční nároky na realizaci opravy.

5 Pro zachycení všech nerovností je nutné měřit povrch ve vysoké hustotě stovek až tisíců bodů na metr čtvereční, což zvyšuje nároky na práci s daty, jako je jejich přesun a úpravy.

Vyžaduje časově a finančně náročné zpracování 3D měřených bodů do podoby 3D digitálních modelů povrchu dopravní komunikace před frézováním a 3D digitálních designovaných modelů dopravní komunikace po odfrézování. Takové zpracování trvá dny až měsíce a vyžaduje
10 odborníky v oblasti 3D zpracování dat.

V procesu zpracování se musí definovat plocha, která bude předmětem úpravy silniční frézou, zejména definovat okraje povrchu dopravní komunikace, silniční ostrůvky, a lomové linie příčných sklonů, zejména koruna silnice.
15

Společnou nevýhodou všech známých metod je to, že neřeší optimalizaci zátěže na životní prostředí způsobem frézování ve dvou vrstvách, kdy se nastavením hloubek broušení první
20 obrusné vrstvy a optimalizací objemu broušení druhé ložní vrstvy docílí separace materiálů různé kvality pro jiné následující využití například recyklaci

Cílem řešení podle vynálezu je navrhnout takové řešení, které by nevýhody stavu techniky eliminovalo.

25 Podstata vynálezu

Uvedeného cíle se dosahuje způsobem frézování povrchu dopravní plochy v alespoň dvou vrstvách, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se frézuje první vrstva a současně se
30 průběžně v každém okamžiku frézování první vrstvy měří prostorová poloha (X, Y, Z) silniční frézy a příčný sklon frézovacího válce a naměřená data se ukládají do databáze na paměťovém médiu, které je připojeno k počítači 3D navádění.

Z uložených naměřených dat, reprezentujících prostorové polohy (X, Y, Z) silniční frézy a příčné sklony frézovacího válce se vypočte digitální 3D model povrchu dopravní plochy po odfrézování
35 první vrstvy v počítači pro výpočet 3D povrchu dopravní plochy vybraného ze skupiny zahrnující počítač 3D navádění a server připojený k počítači 3D navádění a server integrovaný v jednom přístroji s počítačem 3D navádění.

Následně se po odfrézování první vrstvy s využitím digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy a dříve obdrženého digitálního 3D modelu požadovaného
40 konečného povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy frézuje alespoň druhá vrstva.

Podle výhodného provedení se pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy a příčných sklonech
45 frézovacího válce, použije také informace o relativních polohových změnách frézy z inerciálního navigačního systému, umístěného na fréze.

Podle dalšího výhodného provedení se pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy a
50 příčných sklonech frézovacího válce, použije také informace o relativním podélném výškovém profilu původní degradované neodfrézované plochy dopravní komunikace nebo informace o relativním podélném výškovém profilu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy materiálu, která je kontinuálně měřena při frézování, například zařízením Wirtgen multiplex system.

55

Relativním podélným výškovým profilem se rozumí výškový profil povrchu dopravní plochy měřený ve směru frézování silniční frézy, který je vztažený k obecné skloněné srovnávací rovině nebo přímce, která nemusí být přesně horizontální, a která nemá údaj o své nadmořské výšce nebo výšce vztažené k souřadnicovému systému nezávislému na fréze.

5

Podle ještě dalšího výhodného provedení se pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy a příčných sklonech frézovacího válce, použije také informace o rychlosti jízdy a natočení pásových posuvníků nebo kol frézy, které jsou předávány prostřednictvím komunikačního rozhraní z kontrolního počítače frézy do počítače 3D navádění nebo jsou získány z externích senzorů, jako je například odometr, které jsou připojeny k počítači 3D navádění.

10

Je výhodné, když se před frézováním druhé vrstvy vypočtený digitální 3D model povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy odešle do serveru a v serveru se z vypočteného digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy a z doplňujících konstrukčních informací vypočte digitální 3D model požadovaného konečného povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy.

15

U shora popsaného způsobu se s výhodou následně v serveru z digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy a z digitálního 3D modelu požadovaného konečného povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy vypočte digitální diferenciální model hloubek frézování, který definuje hloubku frézování $F_t(X,Y)$ pro každou souřadnici X, Y. Digitální diferenciální model hloubek frézování se ze serveru odešle a uloží v databázi na paměťovém médiu, které je připojeno k počítači 3D navádění. Poté se frézuje druhá vrstva dopravní plochy, přičemž při frézování druhé vrstvy zaznamenává počítač 3D navádění horizontální souřadnice (X,Y) frézy a z digitálního diferenciálního modelu hloubek frézování určuje příslušnou hloubku frézování $F_t(X,Y)$, přičemž hloubka $F_t(X,Y)$ se pomocí komunikačního rozhraní zasílá do kontrolního počítače frézy. Kontrolní počítač frézy ovládá frézu tak, aby byla frézována hloubka $F_t(X,Y)$.

20

25

30

U shora popsaného způsobu lze s výhodou data uložená do databáze na paměťovém médiu, které je připojeno k počítači 3D navádění využít pro účely různých analýz, zejména pro účely dokumentace provedených prací jednotlivých vrstev dopravní komunikace, pro účely objektivního hodnocení kvality provedených prací, pro účely plánování následujících fází opravy nebo budoucí nové opravy dopravní komunikace, kdy prostorové rozložení konstrukčních vrstev složí například k návrhu hloubek a sklonů broušení silniční frézou nebo k návrhu mocnosti a sklonů pokládání nové konstrukční vrstvy silničním finišerem.

35

Podle výhodného provedení jsou server a počítač 3D navádění integrovány v jednom přístroji.

40

Podle dalšího výhodného provedení jsou kontrolní počítač frézy a počítač 3D navádění integrovány v jednom přístroji.

45

Výhodou způsobu podle vynálezu je, že před 3D frézováním není třeba provádět 3D zaměření původní degradované neodfrézované plochy dopravní komunikace. 3D zaměření probíhá nepřímou silniční frézou zároveň s frézováním první vrstvy, kdy je separován materiál první vrstvy jiné kvality a povrch je částečně vyhlazen. Z dat, kontinuálně snimaných při frézování první vrstvy se vytvoří 3D model povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy, který je použit k návrhu 3D modelu požadovaného cílového povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy. Frézováním druhé vrstvy se docílí optimální podélné rovinatosti a příčných sklonů, zároveň je řízen objem frézovaného materiálu druhé vrstvy. Tímto postupem je docíleno separace materiálů různé kvality pro účely různého následujícího využití a zároveň je docíleno optimální podélné rovinatosti a příčných sklonů bez nutnosti provedení 3D zaměření neodfrézovaného povrchu dopravní plochy před opravou. Další výhodou je to, že tento postup umožňuje vysoký stupeň automatizace zpracování 3D modelů, protože řada úkonů při zpracování 3D modelů, které

50

55

podle stavu techniky vyžadují zásah specialisty pro 3D zpracování modelů (například definice koruny dopravní komunikace) lze odvodit z poloh frézovacích pásů realizovaných při frézování první vrstvy.

- 5 Řízenou separací materiálů první a druhé vrstvy dopravní komunikace způsobem, kdy se stanoví hloubky frézování první vrstvy a 3D řízením hloubek a sklonů frézování druhé vrstvy se docílí vyšší efektivity recyklace odfrézovaného materiálu, než je tomu u známých metod frézování a tím se omezuje stavební odpad při recyklaci vozovky a šetří zdroje přírodního kameniva z lomů nebo štěrkoven. Mezi další výhody patří celkové snížení nákladů na provedenou 3D opravu degradované vozovky, snížení množství materiálu ukládaného na skládky, ochrana životního prostředí menšími zásahy do krajiny, snížení objemu přepravovaného materiálu, snížení celkové energetické náročnosti opravy.

15 Objasnění výkresů

Vynález bude blíže popsán na příkladech konkrétního provedení způsobu podle vynálezu, zobrazených na přiložených vyobrazeních, na kterých jednotlivé obrázky představují:

- 20 obr. 1 – schematicky znázorněný příklad zařízení k provádění způsobu podle vynálezu;

obráz. 2 – řez dopravní komunikací s vyznačením degradované neodfrézované plochy, povrchu po odfrézování první vrstvy materiálu a požadovaného cílového povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy.

25

Příklady uskutečnění vynálezu

- 30 Způsobu podle vynálezu lze provádět například na zařízení zobrazeném na obr. 1, který zobrazuje silniční frézu 1 s pevným rámem a frézovacím válcem 9. Tělo frézy 1 a frézovací válec 9 jsou pevně svázány s rámem frézy 1. Hloubky, respektive sklon frézování se realizují výškovou změnou a náklonem celého rámu pomocí hydraulicky výsuvných pásových nebo jiných kol.

- 35 Silniční fréza 1 je opatřena snímačem 2 polohy a snímačem 3 sklonu. Snímačem 2 polohy je v zobrazeném příkladu provedení dvojice přijímačů GNSS. První přijímač GNSS_L je umístěn přibližně nad levým okrajem frézovacího válce 9 a druhý přijímač GNSS_R je umístěn přibližně nad pravým okrajem silniční frézy 1. Pro snímání polohy je možné použít i jiné známé systémy, například totální stanice, které zaměřuje odrazný hranol nebo jiný cíl umístěný na fréze 1 nebo kombinaci přijímače GNSS pro určení horizontální polohy X, Y a laserového nivelačního přístroje, který měří výšky cíle na silniční fréze pro určení vertikální polohy Z. Snímačem 3 sklonu je sklonový senzor, který je standardní výbavou silniční frézy 1, nebo může být použit externí sklonový senzor umístěný na těle nebo rámu silniční frézy 1.

- 45 Silniční fréza 1 je dále opatřena ovládací jednotkou 7 se zobrazovacím zařízením 6.

Snímač 2 polohy je připojen k počítači 4 3D navádění, snímač 3 sklonu, který je standardní součástí frézy, je připojen ke kontrolnímu počítači 10 frézy a kontrolní počítač 10 frézy je připojen k počítači 4 3D navádění.

50

K počítači 4 3D navádění je připojeno paměťové médium s databází 5 pro uložení všech dat, zejména dat polohy a sklonu, digitální 3D model povrchu 12 dopravní plochy po odfrézování první vrstvy, a digitální diferenciální model hloubek frézování. V popisovaném příkladu provedení jsou ovládací jednotka 7, zobrazovací zařízení 6, počítač 4 3D navádění a paměťové médium s databází 5 tvořeny jedním společným outdoorovým počítačem Panasonic Toughpad

55

FZ-G1 s procesorem Intel i5- 4310U 2.00GHZ, s operační pamětí 8GB, databází 5 uloženou na SSD disku o kapacitě 128GB. Zobrazovací a ovládací jednotkou je dotykový display typu Touchscreen s uhlopříčkou 10,1".

- 5 Data uložená do databáze 5 na paměťovém médiu, které je připojeno k počítači 4 3D navádění lze využít pro účely různých analýz, například pro účely dokumentace provedených prací jednotlivých vrstev dopravní komunikace, pro účely objektivního hodnocení kvality provedených prací, pro účely plánování následujících fází opravy nebo budoucí nové opravy dopravní komunikace, kdy prostorové rozložení konstrukčních vrstev složí například k návrhu hloubek a sklonů broušení silniční frézou nebo k návrhu mocnosti a sklonů pokládání nové konstrukční vrstvy silničním finišerem.

- K počítači 4 3D navádění je dále připojen server 8. V popisovaném příkladu provedení je server 8 tvořen počítačem s procesorem AMD Ryzen 7 5700G 4.6 GHz, grafickou kartou AMD Radeon Graphics, operační pamětí RAM 32GB DDR4 a pevným paměťovým diskem SSD 2000 GB. Server 8 se používá pro návrh digitálního 3D modelu požadovaného cílového povrchu 13 dopravní plochy po frézovací části opravy a výpočtu digitálního diferenciálního modelu hloubek frézování, který pro každou souřadnici X, Y dopravní plochy 12 po odfrézování první vrstvy v absolutním souřadnicovém systému nezávislém na fréze 1 (například v souřadnicovém systému UTM) definuje hloubku frézování Ft (X,Y) od povrchu této plochy.

- Počítač 4 3D navádění a databáze 5 na paměťovém médiu, popřípadě i zobrazovací zařízení 6 a ovládací jednotka 7 mohou být s výhodou tvořeny jedním fyzickým prvkem, například průmyslovým počítačem nebo tabletem.

- Na obr. 2 je znázorněn řez dopravní komunikací s vyznačením původní degradované neodfrézované plochy 11 před opravou, dále povrchu 12 po odfrézování první vrstvy materiálu a zároveň je vyznačen i požadovaný cílový povrch 13 dopravní plochy po frézovací části opravy.

- Frézování povrchu dopravní plochy popisovaným příkladem způsobu podle vynálezu probíhá ve dvou vrstvách.

- Při frézování první vrstvy se průběžně snímá prostorová poloha X, Y, Z antén přijímačů GNSS (XYZ_{GNSS-L} , XYZ_{GNSS-R}) v absolutním souřadnicovém systému nezávislém na silniční fréze 1 (například v souřadnicovém systému UTM s elipsoidickými výškami).

Současně se snímačem 3 sklonu průběžně snímá příčný sklon silniční frézy 1 a tím i frézovacího válce 9.

- Snímání polohy a sklonu probíhá průběžně pro každé místo a okamžik frézování u všech frézovacích pojezdů, dokud není odfrézovaná celá požadovaná plocha, např. jednoproudá silnice v obou jízdních směrech.

- Dále se získají, pokud jsou známy, doplňující konstrukční informace, které upřesňují výslednou podobu návrhu digitálního 3D modelu požadovaného cílového povrchu 13 dopravní plochy po frézovací části opravy. Například informace o tom, které frézovací pásy budou při frézování druhé vrstvy frézovány s proměnnou hloubkou a sklonem frézování tak, aby bylo dosaženo požadovaných podélných rovinatosti a příčných sklonů, které trajektorie jsou zároveň hranicí digitálních modelů a které trajektorie tvoří korunu dopravní komunikace a další lomové linie, kde bude v novém návrhu změna sklonu v příčném směru. Dále informace o maximálních, minimálních a optimálních hloubkách frézování, o maximálních, minimálních a optimálních sklonech a o povolené hloubce frézování u návazných objektů (jako jsou například obrubníky, kanalizační vpusti a odvodňovací skruže) a jejich poloze X, Y. Případně informace o podélné rovinatosti například formou požadavků na dosažení hodnoty IRI (international roughness index) a o požadovaném množství odbroušeného materiálu.

Tyto doplňující konstrukční informace mohou být zadány obsluhou silniční frézy 1 pomocí zobrazovacího zařízení 6 a ovládací jednotky 7 a uloženy do databáze 5 na paměťovém médiu.

- 5 Na základě získaných dat o prostorové poloze XYZ_{GNSS-L} , XYZ_{GNSS-R} a příčném sklonu silniční frézy 1 se vypočte digitální 3D modelu povrchu 12 dopravní plochy po odfrézování první vrstvy, a to například následujícím způsobem.

- 10 Z měřených prostorových poloh antén přijímačů GNSS (XYZ_{GNSS-L} , XYZ_{GNSS-R}) a ze získaných předem změřených příčných, podélných a výškových posunů antén GNSS od levé a pravé strany pracovní části frézovacího válce 9 a získaných nebo vypočtených, příčných a podélných náklonů frézy 1 (roll, pitch) se vypočtou přibližné souřadnice XYZ_L a XYZ_R levé a pravé strany pracovní části frézovacího válce 9 v globálním souřadnicovém systému nezávislém na fríze 1 (například v souřadnicovém systému UTM s elipsoidickými výškami). Výsledkem jsou sady diskretních bodů, které reprezentují přibližné trajektorie levé a pravé pracovní části frézovacího válce 9 XYZ_L a XYZ_R .

- 20 Podle typu frézy a zvoleného způsobu frézování se zvolí vhodná aproximační metoda, kterou se aproximují jednotlivé trajektorie XYZ_L , XYZ_R . Například se využije Kalmanova filtrace nebo aproximace aproximační spline funkcí. Výsledné spojitě křivky se jednotlivě diskretizují se vzorkovací frekvencí například 5 centimetrů. Tak se získají sady diskretních bodů reprezentující aproximované trajektorie levé a pravé pracovní části frézovacího válce 9 XYZ_L' a XYZ_R' .

- 25 Sousedící aproximované trajektorie z překrývajících se pásů sousedících frézovacích pojezdů se zprůměrují tak, že body aproximovaných trajektorií realizované dřívějším pojezdem se nejdříve výpočtem posunou do polohy trajektorie realizované pozdějším frézovacím pojezdem na základě známého příčného sklonu frézování v každém staničení jednotlivých pojezdů a následně se body obou trajektorií zprůměrují váženým průměrem. Váhy se volí dle známých, vypočtených nebo odhadovaných přesností polohy diskretních bodů aproximovaných trajektorií, které se v tomto kroku průměrují. Výsledné spojitě křivky jednotlivě opět diskretizují s vzorkovací frekvencí například 5 centimetrů. Tak se získají sady diskretních bodů reprezentující zprůměrované trajektorie levé a pravé pracovní části frézovacího válce 9 XYZ_L'' a XYZ_R'' .

- 35 Výsledné zprůměrované XYZ_L'' a XYZ_R'' a aproximované trajektorie XYZ_L' a XYZ_R' , které nebyly průměrovány (například trajektorie na vnějších okrajích silnice), konkrétně diskretní body těchto dvou typů trajektorií, se přepočítají posunem do jednoho společného místa, například koruny dopravní komunikace na základě známého příčného sklonu a známé šířky frézovacího válce nebo známé vzdálenosti mezi jednotlivými trajektoriemi z vypočítaných aproximovaných trajektorií, kde se společně aproximují vhodným algoritmem například se využije Kalmanova filtrace nebo aproximace aproximační spline funkcí. Výsledná spojitá křivka se opět diskretizuje s vzorkovací frekvencí například 5 centimetrů. Diskretní body této výsledné společné aproximované křivky se výpočtem postupně posunou zpět do míst původních trajektorií na základě známých příčných sklonů v každém staničení trajektorií a šířky frézovacího válce nebo známé vzdálenosti mezi jednotlivými trajektoriemi z vypočítaných aproximovaných trajektorií. Tak se získají sady diskretních bodů reprezentující zpřesněné trajektorie levé a pravé pracovní části frézovacího válce 9 XYZ_L''' a XYZ_R''' ve všech frézovacích pásích.

- 50 Zpřesněné souřadnice bodů trajektorií levých a pravých pracovních stran frézovacího válce XYZ_L''' a XYZ_R''' se použijí pro vytvoření digitálního 3D modelu povrchu 12 po odfrézování první vrstvy materiálu.

- 55 Pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy 12 se vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy a příčných sklonech frézovacího válce, mohou použít také informace o relativních polohových změnách frézy z inerciálního navigačního

5 systému, umístěného na fréze. Inerciálního navigačního systému je navigační zařízení, které využívá počítač, pohybové senzory (akcelerometry) a rotační senzory (gyroskopy) k nepřetržitému výpočtu polohy, orientace a rychlosti (směru a rychlosti pohybu) pohybujícího se objektu bez potřeby vnějších referencí. Informace z inerciálního navigačního systému se
 5 konkrétně například použijí pro stanovení parametrů aproximační funkce pro vyhlazení horizontální a vertikální složky trajektorií levé a pravé pracovní části frézovacího válce $\underline{9}$ XYZ_L a XYZ_R , nebo obecně pro zpřesnění určení prostorové polohy (X, Y, Z) frézy $\underline{1}$.

10 Pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy $\underline{12}$ se vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy a příčných sklonech frézovacího válce, mohou použít také informace o relativním podélném výškovém profilu původní degradované neodfrézované plochy dopravní komunikace nebo informace o relativním podélném výškovém profilu povrchu $\underline{12}$ dopravní plochy po odfrézování první vrstvy materiálu, které jsou kontinuálně měřeny při frézování například zařízením Wirtgen multiplex system a hodnoty jsou předávány
 15 prostřednictvím komunikačního rozhraní z kontrolního počítače $\underline{10}$ frézy do počítače $\underline{4}$ 3D navádění. Informace o relativním podélném výškovém profilu se konkrétně například použijí pro stanovení parametrů aproximační funkce pro vyhlazení vertikální složky trajektorií levé a pravé pracovní části frézovacího válce $\underline{9}$ XYZ_L a XYZ_R .

20 Pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy $\underline{12}$ se vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy a příčných sklonech frézovacího válce, mohou použít také informace o rychlosti jízdy a natočení pásových posuvníků nebo kol frézy, které jsou předávány prostřednictvím komunikačního rozhraní z kontrolního počítače frézy do počítače 3D navádění nebo jsou získány z externích senzorů, jako je například odometr, které
 25 jsou připojeny k počítači $\underline{4}$ 3D navádění. Informace o rychlosti jízdy a natočení pásových posuvníků nebo kol frézy se konkrétně například použijí pro stanovení parametrů aproximační funkce pro vyhlazení horizontální složky trajektorií levé a pravé pracovní části frézovacího válce $\underline{9}$ XYZ_L a XYZ_R .

30 Při všech aproximacích a váženém průměrování se pro nastavení vah využívají známé, vypočtené nebo odhadované přesnosti polohy jednotlivých bodů.

Celý postup výpočtu zpřesněných diskrétních bodů XYZ_L''' XYZ_R''' z původních snímaných prostorových poloh X, Y, Z antén přijímačů GNSS (XYZ_{GNSS-L} , XYZ_{GNSS-R}) lze realizovat
 35 komplexním výpočtem ve tří dimenzionálním prostoru nebo lze výpočet rozdělit na samostatné řešení ve dvou dimenzích reprezentující horizontální složku a v jedné dimenzi reprezentující vertikální složku.

40 Vypočtený digitální 3D model povrchu $\underline{12}$ po odfrézování první vrstvy se společně s doplňujícími konstrukčními informacemi odešle na server $\underline{8}$, kde se vypočítá návrh 3D modelu požadovaného cílového povrchu $\underline{13}$ dopravní plochy po frézovací části opravy. K výpočtu tohoto 3D modelu lze použít například software Autocad Civil nebo Bentley OpenRoads.

45 Na základě digitálního 3D modelu povrchu $\underline{12}$ po odfrézování první vrstvy a návrhu 3D modelu požadovaného cílového povrchu $\underline{12}$ dopravní plochy po frézovací části opravy se na serveru $\underline{8}$ vypočte digitální diferenciální model hloubek, který definuje pro každou souřadnici X, Y hloubku frézování $F_t(X,Y)$.

50 Digitální diferenciální model hloubek frézování se ze serveru $\underline{8}$ pošle zpět do počítače $\underline{4}$ 3D navádění a uloží se v databázi $\underline{5}$ na paměťovém médiu.

Při frézování druhé vrstvy získává počítač $\underline{4}$ 3D navádění informace o horizontální poloze X, Y levé a pravé antény GNSS a na základě informace o příčných, podélných a výškových posunech antén GNSS od levé a pravé strany pracovní části frézovacího válce $\underline{9}$ a získaných nebo
 55 vypočtených, příčných a podélných náklonů frézy $\underline{1}$ (roll, pitch) se výpočtem přibližné souřadnice

XYZ_L a XYZ_R levé a pravé strany pracovní části frézovacího válce 9 v globálním souřadnicovém systému nezávislém na fréze 1, a z digitálního diferenciálního modelu se určí hloubky frézování $F_t(X,Y)$ pro levou a pravou pracovní část frézovacího válce 9.

- 5 Hloubky $F_t(X,Y)$ jsou kontinuálně zasílány pomocí komunikačního rozhraní z počítač 4 3D navádění do kontrolního počítače 10 frézy,

Kontrolní počítač 10 frézy ovládá hydrauliku frézy 1 tak, aby byla frézována hloubka $F_t(X,Y)$.

- 10 Podle jiného provedení způsobu podle vynálezu je 3D model požadovaného cílového povrchu 13 dopravní plochy po frézovací části opravy použit pro absolutní navádění silniční frézy 1, například s využitím technologie Topcon mmGPS.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob frézování povrchu dopravní plochy v alespoň dvou vrstvách, **vyznačující se tím**, že

se frézuje první vrstva a současně se průběžně v každém okamžiku frézování první vrstvy měří
5 prostorová poloha (X, Y, Z) silniční frézy a příčný sklon frézovacího válce a naměřená data se ukládají do databáze na paměťovém médiu, které je připojeno k počítači 3D navádění,

z uložených naměřených dat, reprezentujících prostorové polohy (X, Y, Z) silniční frézy a příčné
sklony frézovacího válce se vypočte digitální 3D model povrchu dopravní plochy po odfrézování
první vrstvy v počítači pro výpočet 3D povrchu dopravní plochy vybraného ze skupiny zahrnující
10 počítač 3D navádění a server připojený k počítači 3D navádění a server integrovaný v jednom
přístroji s počítačem 3D navádění,

následně se po odfrézování první vrstvy s využitím digitálního 3D modelu povrchu dopravní
plochy po odfrézování první vrstvy a dříve obdrženého digitálního 3D modelu požadovaného
konečného povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy frézuje alespoň druhá vrstva.

15 2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu
dopravní plochy po odfrézování první vrstvy se vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy
a příčných sklonech frézovacího válce, použije také informace o relativních polohových změnách
frézy z inerciálního navigačního systému, umístěného na fréze.

20 3. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu
dopravní plochy po odfrézování první vrstvy se vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy
a příčných sklonech frézovacího válce, použije také informace o relativním podélném výškovém
profilu původní degradované neodfrézované plochy dopravní komunikace nebo informace o
relativním podélném výškovém profilu povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy
materiálu, která je kontinuálně měřena při frézování.

25 4. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pro výpočet digitálního 3D modelu povrchu
dopravní plochy po odfrézování první vrstvy se vedle informací o prostorové poloze (X, Y, Z) frézy
a příčných sklonech frézovacího válce, použije také informace o rychlosti jízdy a natočení pásových
posuvníků nebo kol frézy, které jsou předávány prostřednictvím komunikačního rozhraní
z kontrolního počítače frézy do počítače 3D navádění nebo jsou získány z externích senzorů, jako
30 je zejména odometr, které jsou připojeny k počítači 3D navádění.

5. Způsob podle kteréhokoliv z nároků 1, 2, 3, nebo 4, **vyznačující se tím**, že před frézováním
druhé vrstvy se vypočtený digitální 3D model povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy
odešle do serveru a v serveru se z vypočteného digitálního 3D modelu povrchu dopravní plochy po
odfrézování první vrstvy a z doplňujících konstrukčních informací vypočte digitální 3D model
35 požadovaného konečného povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy.

6. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že následně se v serveru z digitálního 3D modelu
povrchu dopravní plochy po odfrézování první vrstvy a z digitálního 3D modelu požadovaného
konečného povrchu dopravní plochy po frézovací části opravy vypočte digitální diferenciální
model hloubek frézování, který definuje hloubku frézování $F_t(X,Y)$ pro každou souřadnici X, Y,
40 digitální diferenciální model hloubek frézování se ze serveru odešle a uloží v databázi na
paměťovém médiu, které je připojeno k počítači 3D navádění,

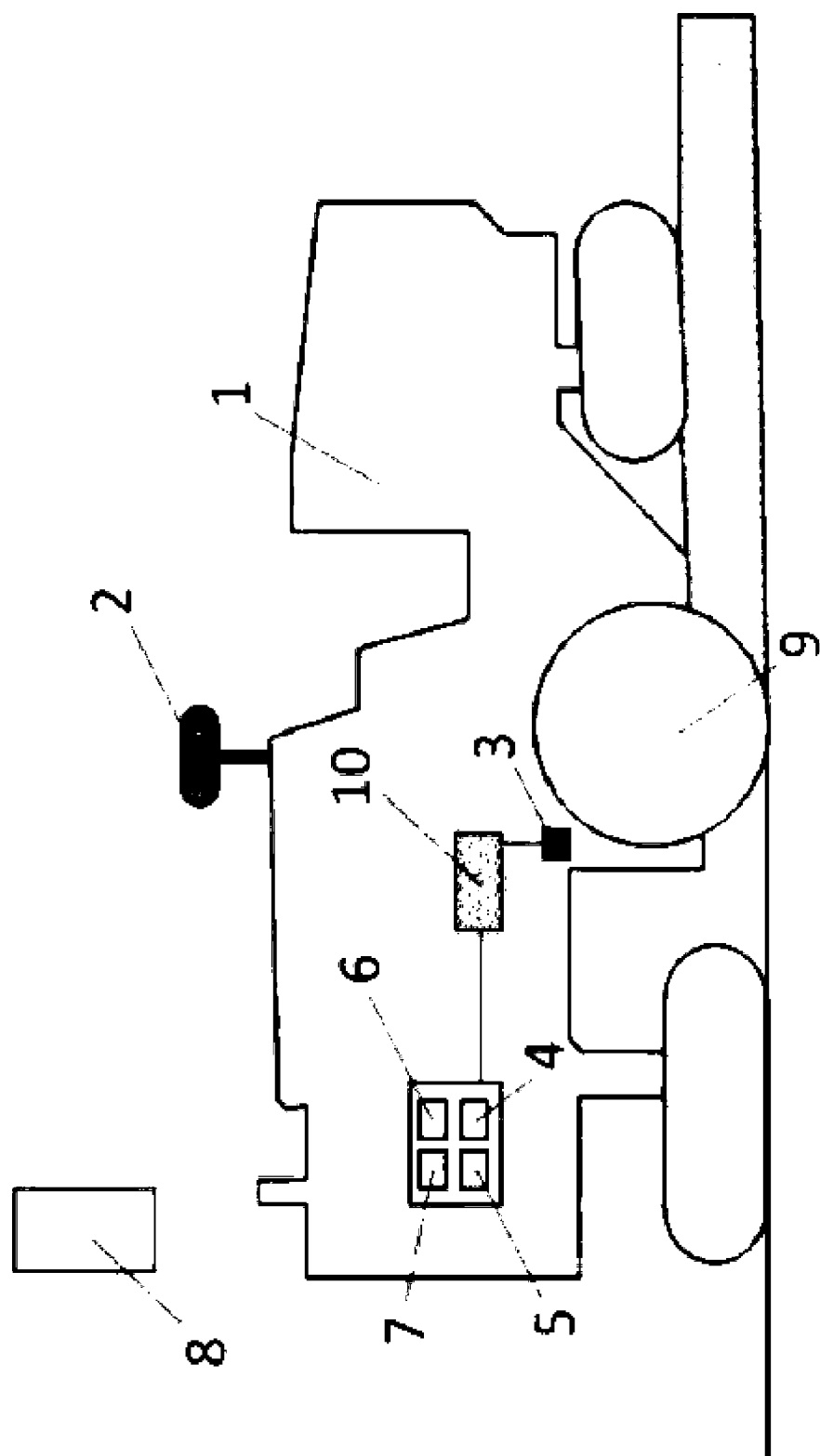
poté se frézuje druhá vrstva dopravní plochy, přičemž při frézování druhé vrstvy zaznamenává
počítač 3D navádění horizontální souřadnice (X,Y) frézy a z digitálního diferenciálního modelu
hloubek frézování určuje příslušnou hloubku frézování $F_t(X,Y)$,
45 přičemž hloubka $F_t(X,Y)$ se pomocí komunikačního rozhraní zasílá do kontrolního počítače frézy,
a kontrolní počítač frézy ovládá frézu tak, aby byla frézována hloubka $F_t(X,Y)$.

- 5 7. Způsob podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že data uložená do databáze na paměťovém médiu, které je připojeno k počítači 3D navádění lze využít pro účely různých analýz, zejména pro účely dokumentace provedených prací jednotlivých vrstev dopravní komunikace, pro účely objektivního hodnocení kvality provedených prací, pro účely plánování následujících fází opravy nebo budoucí nové opravy dopravní komunikace, kdy prostorové rozložení konstrukčních vrstev slouží zejména k návrhu hloubek a sklonů broušení silniční frézou nebo k návrhu mocnosti a sklonů pokládání nové konstrukční vrstvy silničním finišerem.
8. Způsob podle kteréhokoliv z nároků 2, 3, 4, 5, 6, 7, **vyznačující se tím**, že server a počítač 3D navádění jsou integrovány v jednom přístroji.
- 10 9. Způsob podle kteréhokoliv z nároků 1, 2, 3, 4, 5, 6, **vyznačující se tím**, že kontrolní počítač frézy a počítač 3D navádění jsou integrovány v jednom přístroji.

2 výkresy

Seznam vztahových značek:

- 1 silniční fréza
- 2 snímač polohy silniční frézy
- 3 snímač sklonu silniční frézy
- 4 počítač 3D navádění
- 5 databáze
- 6 zobrazovací zařízení
- 7 ovládací jednotka
- 8 server
- 9 frézovací válec
- 10 kontrolní počítač frézy
- 11 původní degradovaná neodfrézovaná plocha dopravní komunikace
- 12 povrch po odfrézování první vrstvy materiálu
- 13 požadovaný cílový povrch dopravní plochy po frézovací části opravy



Obr. 1



Obr. 2