

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

**Návrh testovacího stroje pro ovládací prvek osobního
automobilu**

Console Switch Tester

Student: David Stejskal

Vedoucí diplomové práce : doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Stejskal**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh testovacího stroje pro ovládací prvek osobního automobilu
Console Switch Tester**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Popis ovládacího prvku s funkcemi.
3. Konstrukční návrh testovacího stroje.
4. Ověření funkčnosti stroje
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina.

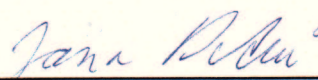
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing.et Ing.Mgr. Jana Petru, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5.2014

David Slyškal

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5.2014

David Stejskal
.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: David Stejskal

Adresa trvalého pobytu autora práce: Orlice 256, Letohrad, 561 51

Anotace

Předmětem této diplomové práce je konstrukční návrh a realizace testovacího stroje pro ovládací prvek osobního auta. Návrh je proveden v 3D programu Solid Works. Práce se zabývá konstrukčním návrhem testovacího stroje podle specifických požadavků. Je nastíněno řešení jednotlivých částí testů a dále se věnuje samotnému návrhu.

Klíčová slova: testovací stroj, konstrukční návrh, pohybové části, problematika testu, vláknový laser.

Annotation

The subject of this thesis is the design and implementation of test equipment for the control of a car. The proposal is made in the 3D program Solid Works. The work deals with the structural design of the test equipment according to specific requirements. It outlines various parts of the test solutions and is dedicated to the design itself.

Keywords: testing machine, engineering design, moving parts, test issues, fiber.

Obsah

Obsah	6
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	7
1 Úvod.....	8
2 Popis ovládacího prvku s funkcemi	9
2.1 Požadované kontroly a operace:.....	10
2.1.1 <i>Test přítomnosti a typu výrobku</i>	10
2.1.2 <i>Kontrola pinů v konektoru (matrice)</i>	10
2.1.3 <i>Měření závislosti F-S, spolu s kontrolou okamžiku sepnutí kontaktu</i>	11
2.1.4 <i>Kamerová kontrola symbolů</i>	12
2.1.5 <i>Manuální kontrola vzhledu podle referenčního vzorku</i>	13
2.1.6 <i>Laserové značení dobrých kusů</i>	13
2.1.7 <i>Vláknový laser</i>	14
3 Konstrukční návrh testovacího stroje	16
3.1 Zakládací pozice.....	17
3.2 Kontaktování	18
3.3 Referenční kus.....	18
3.4 Laserová komora	20
3.5 Tlumič chvění.....	21
3.6 Kuličkový šroub	22
3.6.1 <i>Uložení kuličkového šroubu</i>	22
3.6.2 <i>Volba kuličkového šroubu</i>	23
3.7 Lineární vozík	25
4 Popis stroje.....	26
4.1 Celkový popis stroje.....	26
4.2 Zakládací vozík	27
4.3 F-S manipulátor - testování tlačítek	29
4.4 Kamerová kontrola komponentů.....	31
4.5 Matrice konektoru	32
4.6 Referenční kus.....	33
4.7 Temná komora	34
4.8 Kryt laserové stanice	35
5 Ověření funkčnosti stroje.....	36
5.1 Měřicí obrazovka	37
5.2 Signalizace výsledků testu	38
5.3 Zobrazení výsledků testů.....	39
5.3.1 <i>Založení výrobku do zakládací pozice</i>	39
5.3.2 <i>Kamerová kontrola</i>	40
5.3.3 <i>Zobrazení F/S charakteristik</i>	40
5.3.4 <i>Označení dobrého kusu</i>	42
5.3.5 <i>NG kus</i>	42
6 Cenová kalkulace	44
7 Závěr	46
8 Zdroje.....	47

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

ZNAČKA	VÝKLAD	JEDNOTKA
DF	Rozdíl maximální a minimální síly	
DS	Rozdíl maximální a minimální dráhy	
ERR	Chyba bez specifické příčiny	
NG	Negativní výsledek	
OK	Positivní výsledek	
S	Dráha	[m]
F	Síla	[N]
G	Tíhového zrychlení na Zemi	[m/s ²]
3D	Trojrozměrné	
kN	Kilonewton - $10^3 \text{ N} = 1000 \text{ N}$, jednotka síly	[N]

1 Úvod

Hromadná výroba se neobejde bez montážních linek. Buď plně automatických provozů bez účasti obsluhy nebo jen částečně automatický provoz, kde se na pracovním procesu podílí lidská činnost. V prvním případě se jedná o procesy kde je např.: dokonalá čistota, vysoká přesnost, nebezpečné prostředí pro lidský život, nebo jiné důvody, proč je tento způsob vyžadován. V druhém případě se jedná o smíšený soubor úkonů, lidské práce společně se strojním zařízením.

Závěr mají oba předešlé způsoby výroby stejný. Vyrobené komponenty musí projít kontrolním úsekem. Zde je otestována 100% funkčnost dílů i další požadované podmínky dle specifikace komponentu (montážního celku), aby v navazujících operacích nedocházelo k problémům s funkcí nebo poškozením, vedoucí k následným ztrátám při dalších výrobních procesech.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem poloautomatického testovacího jednoúčelového stroje. Jeho funkcí je kontrola funkčnosti ovládacího prvku do osobního automobilu podle předem daného postupu testovacího cyklu.

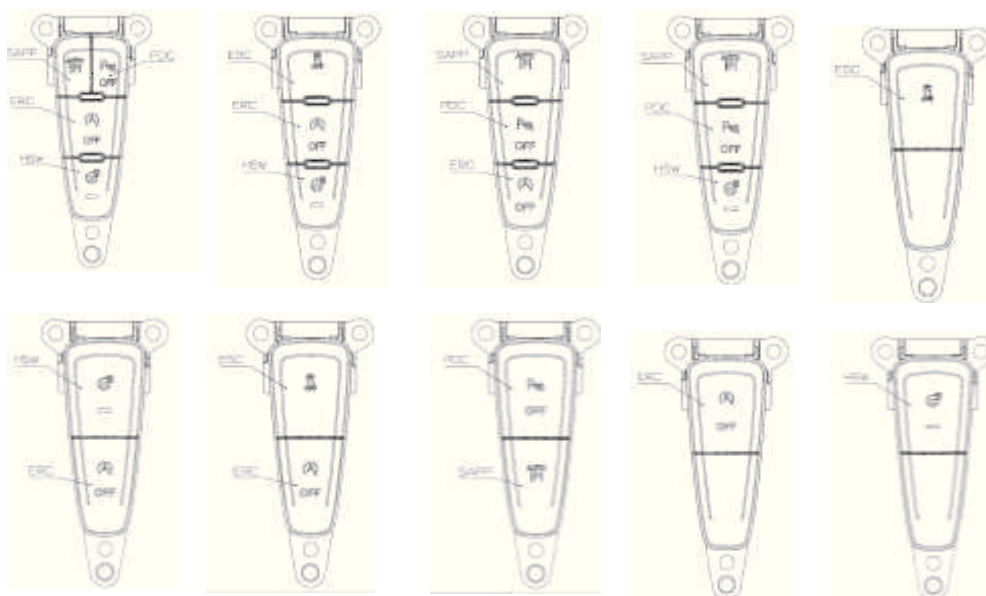
Nejprve se práce věnuje způsobu provádění požadovaných kontrol a jejich úskalí, poté přijde na řadu samotné navržení mechanismu stroje s konstrukčním řešením a realizací v 3D programu Solid Works. Následuje popis částí stroje. Závěr je věnován ověření funkčnosti stroje s technicko-ekonomickým zhodnocením projektu.

2 Popis ovládacího prvku s funkcemi.

Komponent je celkem komplikovaný spínač, slouží jako ovládací prvek osobního automobilu. Jeho funkcí je spouštění jízdních asistentů. Podle druhu výbavy automobilu se bude počet tlačítek lišit 1.- 4. spínací kontakty s proměnlivými symboly, tím vznikne 10. variant. Základní tělo komponentu i připojovací konektor je pro všechny varianty stejný.



Obr. 1 Náhled ovládacího prvku [8]



Obr. 2 Přehled variant [8]

Testovací stroj musí být uzpůsoben pro všechny varianty bez nutnosti přestavby (s výjimkou výměny referenčního kusu pro vizuální kontrolu).

2.1 Požadované kontroly a operace:

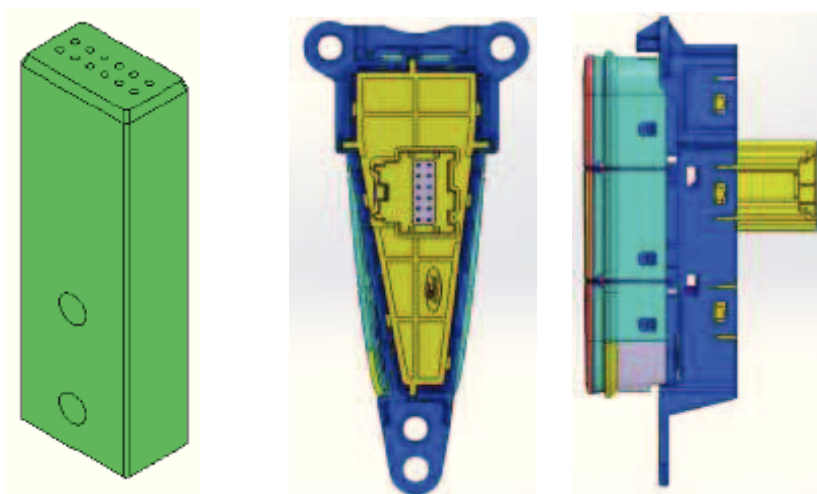
- a) Test přítomnosti a typu výrobku
- b) Kontrola pinů v konektoru (matrice)
- c) Měření závislosti F-S, spolu s kontrolou okamžiku sepnutí kontaktu
- d) Kamerová kontrola symbolů (detekce funkce podsvícení a tvaru symbolu)
- e) Manuální kontrola vzhledu podle referenčního vzorku (přímý pohled na kusy)
- f) Laserové značení dobrých kusů – zespodu dle vyznačených ploch.

2.1.1 Test přítomnosti a typu výrobku

V základací pozici se otestuje, zdali je kus správně založen, když tomu tak není, nebo kus úplně chybí stroj následně v této pozici neprovádí žádné další kontroly.

2.1.2 Kontrola pinů v konektoru (matrice)

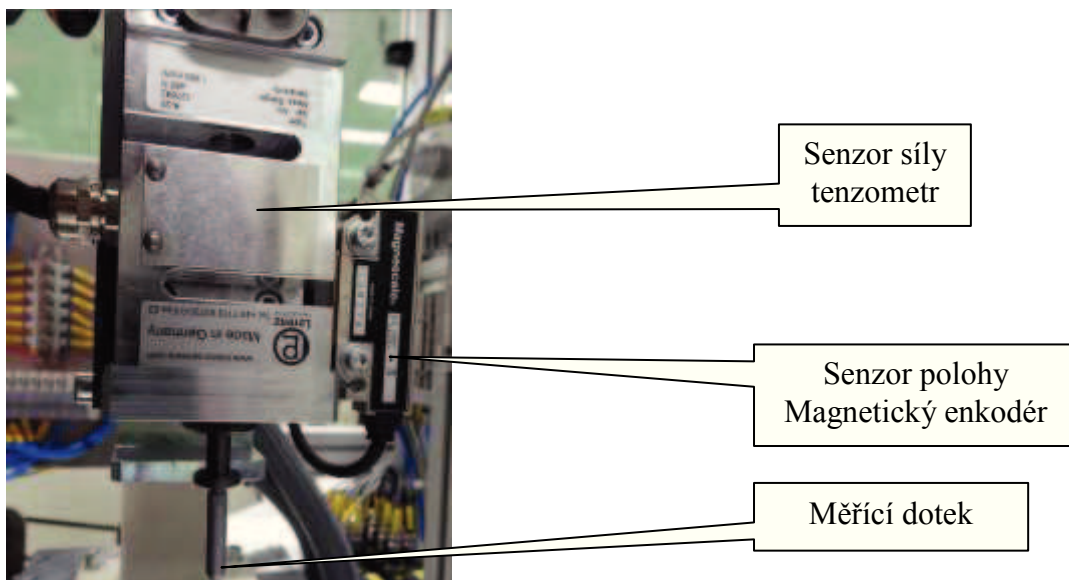
Před vlastním zakontaktováním je třeba ověřit jestli piny konektoru nejsou nějakým způsobem poškozeny. Tímto zamezíme kolizi kontaktovací hlavy a ohnutého pinu při zasunutí do konektoru a následné poškození kontaktovací hlavy a kontaktovacích pinů. Při této kontrole se detekuje hloubka zasunutí do konektoru. Když není dosaženo požadované hodnoty další kontroly se neprovádějí a musí se kus vyjmout.



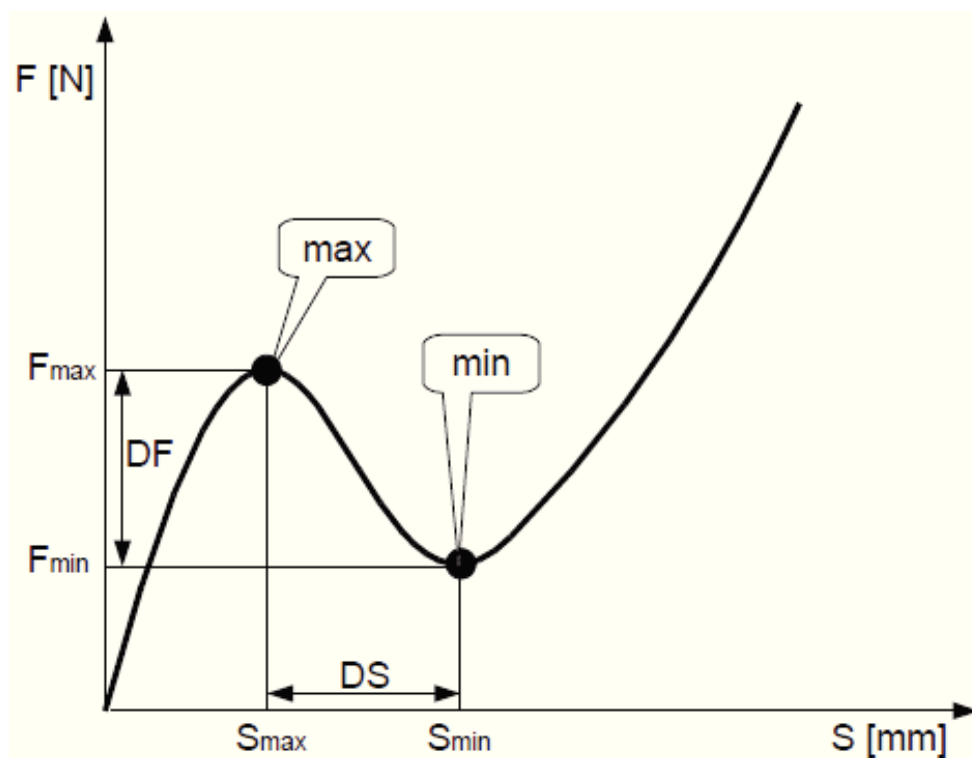
Obr. 3 Matrice a výrobek [8]

2.1.3 Měření závislosti F - S , spolu s kontrolou okamžiku sepnutí kontaktu

Kontroluje se průběh síly F [N] / dráhy S [mm] při stisknutí i uvolnění tlačítka. Test probíhá působením měřicího doteku na testované tlačítko. Kde se měří, pomocí tenzometru, síla vynaložená na stisknutí tlačítka a uražená dráha, pomocí odměřovací hlavičky (enkodér).



Obr. 4 Tenzometr s odměřovací hlavicí a měřící dotek [8]

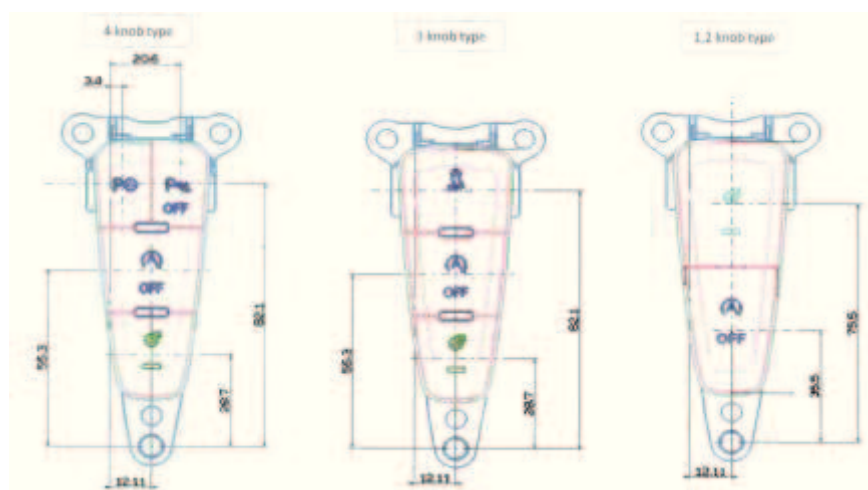


Obr. 5 Křivka charakteristiky F - S [8]

Na křivce se naleznou body, jež jsou na obrázku vyznačeny jako **min** a **max** (vrcholy S-křivky). Pro každý z nich je stanovena příslušná hodnota F [N] a S [mm] a ty se porovnají s limity

Dále se kontroluje „vzdálenost“ těchto dvou bodů, tedy hodnoty znázorněné jako DF a DS . Opět se porovnají s limity. Pokud některá z kontrolovaných hodnot leží mimo rozsah určený spodním a horním limitem, je výsledek kontroly NG. Také může nastat situace, že se vrcholy vůbec nepodaří nalézt - pokud nemá křivka patřičný tvar. I v takovémto případě je výsledek měření klasifikován jako NG.

Aby kontrola komponentu byla shodná s laboratorními testy, jsou místa měřicího doteku přesně specifikována pro každou variantu komponentu.



Obr. 6 Polohy měření F-S charakteristiky [8]

2.1.4 Komerová kontrola symbolů

Kamera ověří tvar symbolů a jasovou intenzitu podsvětlených značek tak, že při testovací sekvenci dochází k postupnému rozsvěcení odlišných značek na spínačové sestavě.

Použita bude průmyslová kamera pro zpracování obrazu v kontrolních procesech průmyslové výroby



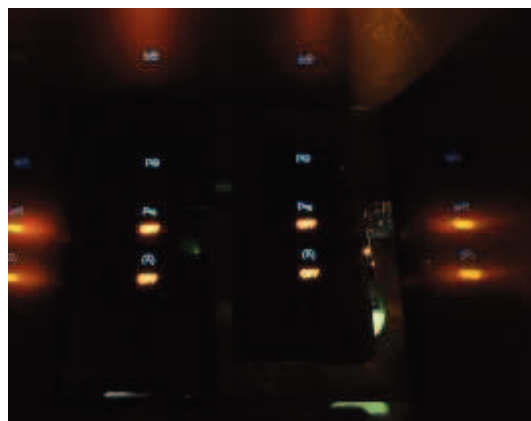
Obr. 7 Průmyslová kamera [1]

2.1.5 Manuální kontrola vzhledu podle referenčního vzorku

Kontrolu provádí operátor vizuálním porovnáváním s referenční vzorkem. Aby bylo podsvětlení dobře vidět, je stroj opatřen posuvným tmavým krytem s tubusem. Tento kryt se při kontrole přesune přes výrobky. Operátor zrakem ověří zdali testovaný a referenční výrobek si odpovídají, a o výsledku informuje řídicí systém stisknutím příslušného tlačítka (OK/NG).



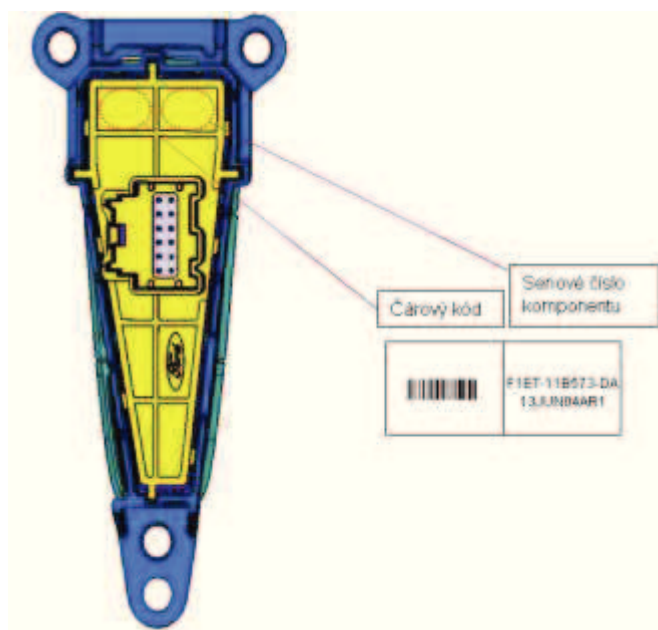
Obr. 8 Odkrytá základací pozice [8]



Obr. 9 rozsvícení komponentů v temné komoře [8]

2.1.6 Laserové značení dobrých kusů

Po dokončení všech předchozích testů je poslední operací vypálení laserovým paprskem čárový kód a sériové číslo výrobku do předem určených poloh. Značka bude zhotovena vláknovým laserem.



Obr. 10 Pozice pálení laserem [8]

2.1.7 Vláknový laser

Diodami čerpaný pevnolátkový krystalový laser se řadí mezi pevnolátkové lasery, kdy je aktivní prostředí krystalu čerpáno laserovými diodami. Vlnová délka jeho záření se pohybuje v oblasti infračerveného světla, jeho přesná charakteristika závisí mimo jiné na typu použitého krystalu (Nd:YAG, Nd:YVO₄ a další). Tyto lasery mají velmi dobrou účinnost a kvalitu paprsku. [2]

Laser je určený ke značení široké škály materiálů např.: ocel, litina, titan, mosaz, bronz, hliník a jeho slitiny včetně eloxovaných povrchů, slinutý karbid, zlato, stříbro, plasty, vícevrstvé a pigmentové plasty, pryž, samolepící fólie, výrobky opatřené krycí barvou, sklo, kůži, textil...atd. Používají se na označování výrobků v průmyslovém odvětví například automobil, elektrických, elektronických a lékařských přístrojů a další.



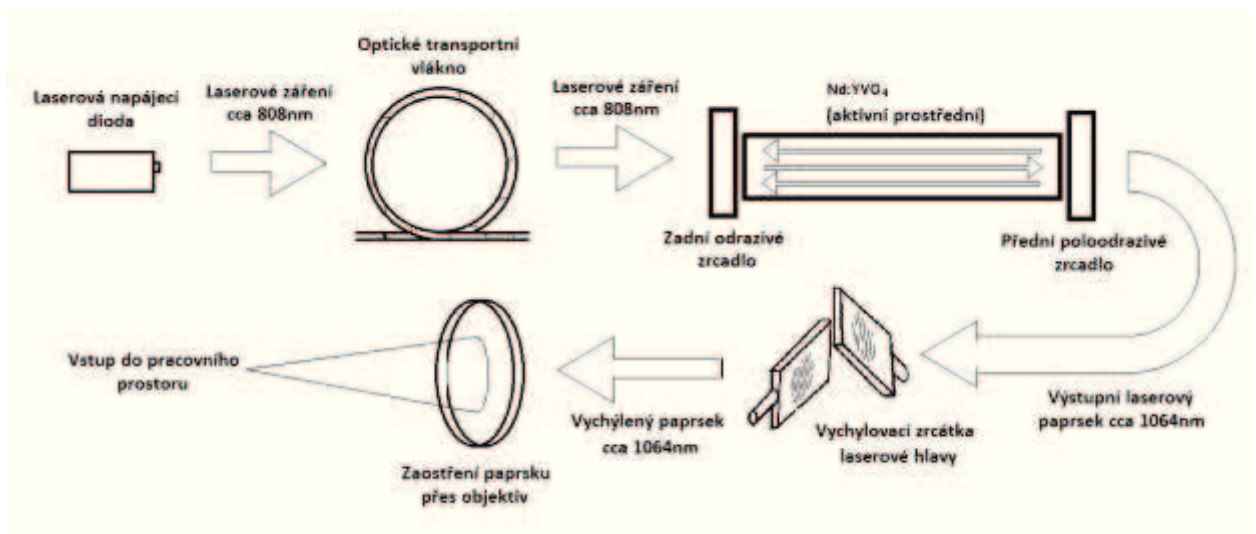
Obr. 11 Příklady značení vláknovým laserem [2]



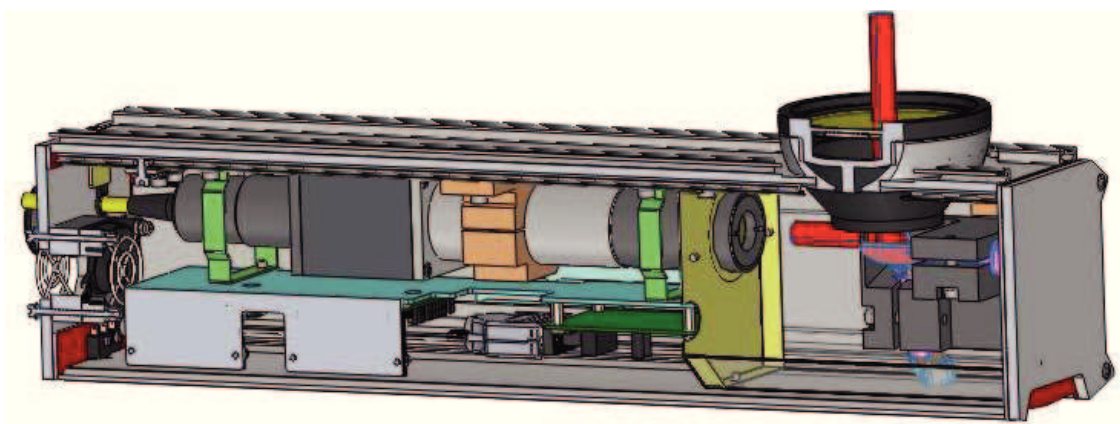
Obr. 12 Vláknový laser [3]

Princip vláknového laseru

Do krystalu ze vzácných zemin tvořícího aktivní prostředí laseru je čerpána energie za pomoci svítivých polovodičových diod. Mezi diodami a krystalem je buď transportní optické vlákno, nebo je krystal buzen přímo laserovými diodami. Krystal a jeho geometrie je koncipována takovým způsobem, aby v něm docházelo k postupné akumulaci energie, která je následně zpracována vychylovacími zrcátky a optikou objektivu skenovací hlavy. Následně fokusovaným laserovým paprskem je možné popisovat, gravírovat, vrtat nebo jinak upravovat materiály reagující na danou vlnovou délku laserového záření. [2]



Obr. 13 Znárodnění principu vláknového laseru [2]



Obr. 14 Hlava vláknového laseru [8]

3 Konstrukční návrh testovacího stroje

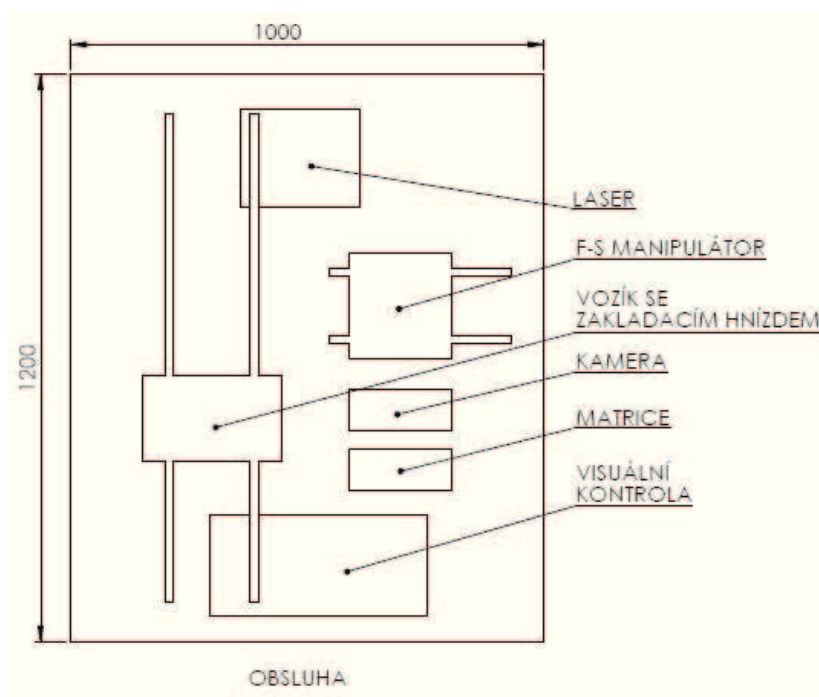
Při návrhu poloautomatického stroje musíme zvážit několik hledisek. Při navrhování je třeba přihlížet na požadavky zákazníka, jako jsou např.:

- doba pracovního cyklu stroje: 30sekund
- požadované vnější rozměry stroje: 1000x1200x1600mm
- výška základní desky stroje 900mm
- ideální zakládací výška komponentu 1050mm
- zvážení použitých komponentů, tak aby se zbytečně nerozšiřoval sklad náhradních dílů
- jednoduchá servisovatelnost

V našem případě stroj musíme koncipovat dle výše uvedeného postupu testování a uspořádání testovaného kusu.

Testovaná tlačítka a podsvětlené symboly jsou na horní straně výrobku, připojovací konektor je na protilehlé straně, stejně tak i značící ploška. Musíme zachovat přístup pro zakládání a neposlední řadě dostupnost při vizuální kontrole. Proto rozmístění stanic a sled operací vypadá následovně:

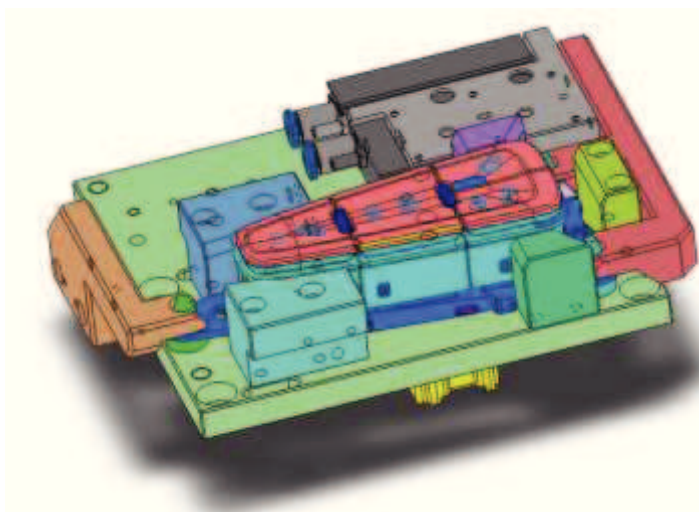
Založení výrobku se bude provádět do podélně pojízdného vozíku, kde se kus uzamkne proti pohybu matrice a kontaktování. Příčně pojízdným krytem, stejně tak komora vizuální kontroly, uzavře zakládací pozici a vozík přejeđe na pozici matrice, kde dojde ke kontrole pinu (matrice). Následuje zpětný přejezd pod vizuální kontrolu, kde v zatemněné komoře obsluha musí porovnat s referenčním vzorkem barevnost a intenzitu svítivosti podsvětlení a shodnost symbolů na komponentu. Dále vzorek přejeđe pod kameru, kde dojde k postupnému rozsvěcení symbolů. Dalším testem je zkouška F-S charakteristiky jednotlivých tlačítek příčně uloženým manipulátorem. Po dokončení testovací sekvence vozík dojde do laserové komory, kde dojde k vypálení čárového kódu a sériového čísla výrobku. Následně vozík přejeđe do zakládací polohy, kde dojde k odemknutí komponentu ve zakládacím hníždě. Obsluha otevře kryt a vyjme výrobek ven. Testovací cyklus je ukončen.



Obr. 15 Schéma rozmístění stanic[8]

3.1 Zakládací pozice

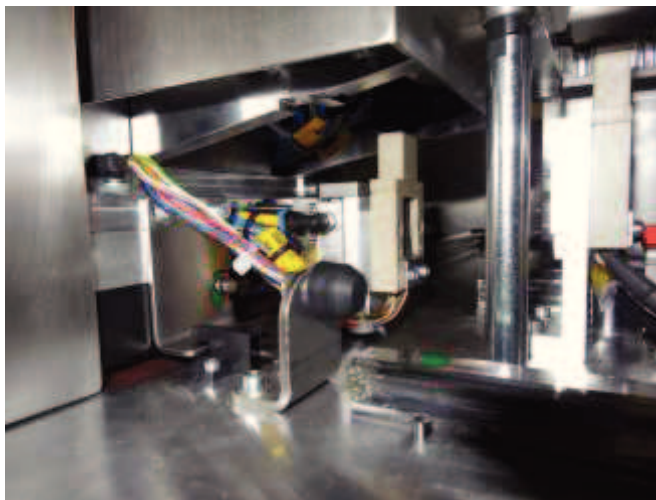
Při prohlédnutí testovaného komponentu jsou patrné 3 montážní otvory s ploškami. Sice nejsou ve stejné výšce, ale za pomoci odstupňovaných osazených dorazů vyrovnáme do stejné roviny. Za tyto otvory se bude komponent navádět i ustavovat v zakládací poloze. Aby zamykání v zakládací pozici nebránilo v zakládání jeho konstrukce musí mít dostatečně nízkou výšku. Dále zamykání také nesmí bránit ze spodní strany, kde dochází ke kontaktování a pálení značky. Proto padla volba na speciální pneumatické válce s nízkou stavbou s přesným vedením. Pomocí vyráběných páček je komponent dokonale uchycen v poloze při dalších testech a přejezdech.



Obr. 16 Zakládací pozice [8]

3.2 Kontaktování

Dalším velkým problémem je vyřešení kontaktování. Kvůli propozicím komponentu musí být umístěno ve spodní straně, tak aby nepřekáželo matici i pálení laseru. Mohlo by být umístěno pod každou stanicí zvlášť, bylo by to nákladnější řešení. Ale následovalo by komplikovanější programování pracovního cyklu s následkem prodlužování pracovního cyklu. Proto vzešla možnost umístit kontaktování přímo na základací vozík. Skladba kontaktovací hlavy musí být taková, aby v případě pozic matrice a laseru, kde je nutné přístupu ke spodní straně komponentu v co nejkratším čase došlo ke zkontaktování a naopak. Kontaktovací hlava bude muset konat horizontálně vertikální pohyb. Tím získáme volné místo pod výrobkem, kdy je potřeba. Kvůli zachování výšky stolu stroje a ergonomické výšce základacího hnízda nezbyvá prostor pro běžné pohony, které mají dostatečnou přesnost a tuhost. Opět je využito pneuválců s nízkou stavbou řady MINI. Kombinací těchto dvou válců docílíme obou pohybů. Protože tyto válce disponují stavitelnými dorazy, je případná korekce kontaktování velmi přesně proveditelná. Další výhodou umístění kontaktování spočívá v procesu zakontaktování výrobku, které probíhá při přejezdu podélného pojezdu, čímž šetříme provozní čas procesu.



Obr. 17 Kontaktovací hlava [8]

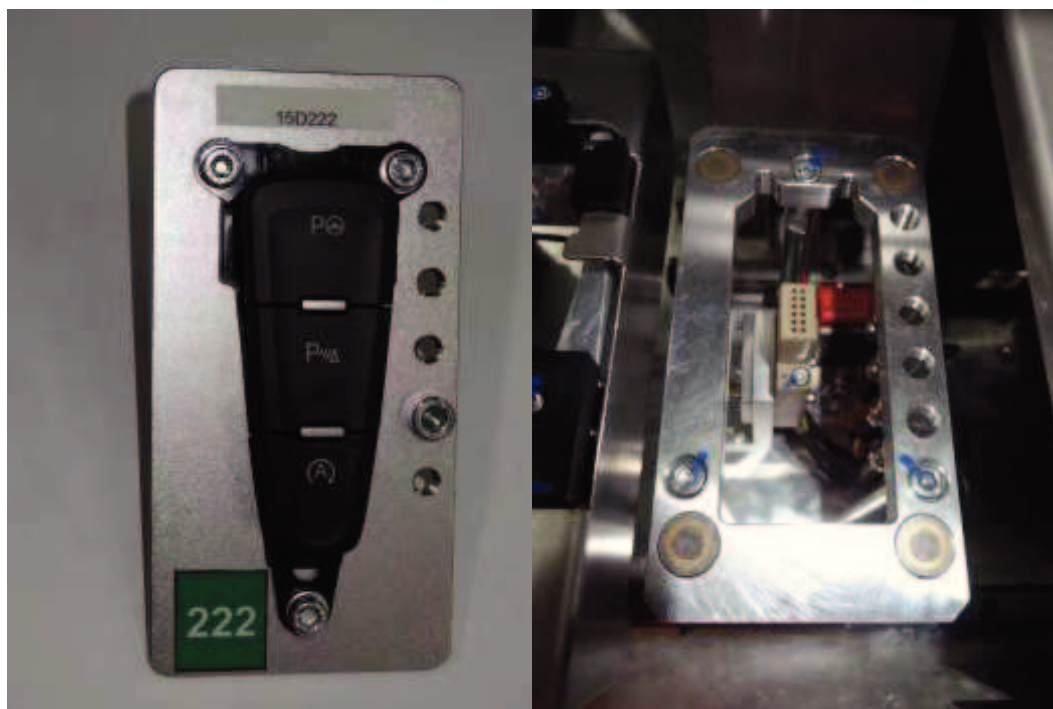
3.3 Referenční kus

Pro vizuální kontrolu je referenční kus umístěn vedle základací polohy. Aby pohled tubusem temné komory na kontrolované vzorky nezkresloval, jsou ve stejné výšce. V zadávacích požadavcích na stroj je uvedeno rozlišit 10. variant bez nutnosti složité přestavby. Proto každá verze referenčního kusu je kódovaná binárním kódem.

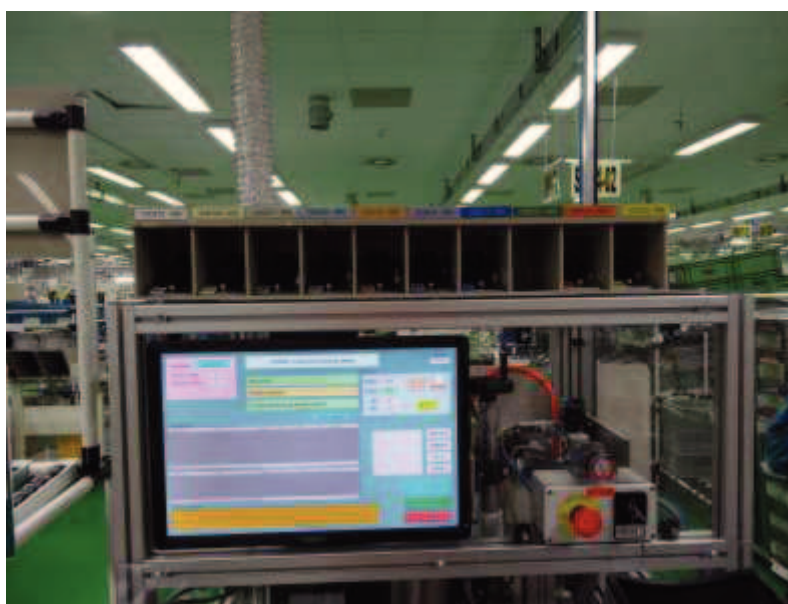
Dekadické číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Binární číslo	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011

Obr. 18 Binární kód [4]

Praktickým řešením ve výměnné destičce referenčního kusu jsou závitové díry. Proti nim jsou v pevném držáku našroubovány indukční senzory. Vždy na pozici jedničky binárního kódu je umístěn šroub, který je detekován indukčním senzorem a tím stroj rozpozná variantu referenčního vzorku. Nebo případně upozorní na výměnu varianty. Výměna varianty musí proběhnout v co nejkratším čase. Stabilní držák kontaktování je uzpůsoben pro snadné navádění destičky přímo za přípojovací konektor. Destičku na pozici drží magnety. Uchopením za referenční kus dojde k překonání magnetismu a vyjmutí varianty bez nutnosti šroubování, přepojování konektoru atd.



Obr. 19 Výměnná destička referenčního kusu a základní pozice referenčního kusu [8]



Obr. 19 Uložení referenčních vzorků [8]

3.4 Laserová komora

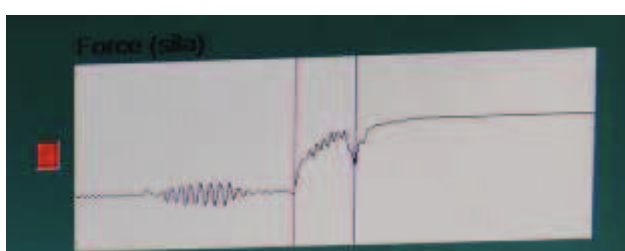
Hlavním úkolem komory je zabránit pronikání laserových paprsků do okolí, kde by mohly poškodit zrak osob pohybujících se kolem stroje. Proto je nutné docílit úplného zakrytí. V našem případě dochází k pálení na spodní části výrobku, proto je laserová hlava umístěna do základní desky stroje v ohniskové vzdálenosti. Toto umístění hlavy je nevýhodné na znečišťování optiky čímž dochází ke změně intenzity pálení. Na odstranění tohoto problému byla doplněna vzduchová tryska, která v době pálení laseru tlakovým vzduchem udržuje optiku v čistotě. Zplodiny a případné nečistoty jsou odváděny pomocí odtahu na horní stěně komory. Odtahová hadice musí být použita speciální hliníková, aby nepropouštěla škodlivé laserové paprsky. Odsávání je napojeno na centrální větev podniku. Vstupní dveře jsou svisle pojízdné. Aby nedošlo ke spuštění laseru při otevřených dveřích, je na nich umístěn bezpečnostní magnetický spínač. Dokud nedojde k jeho sepnutí s druhou částí umístěnou na stropu komory nedojde ke spuštění pálicího cyklu. Vstupní dveře jsou opatřeny gumovým těsněním, aby při uzavření komory dokonale dosedly na desku bez možnosti prostupu paprsků. Ze stejného důvodu je obvod dosedací plochy komory k základní desce stroje podlepen těsněním.



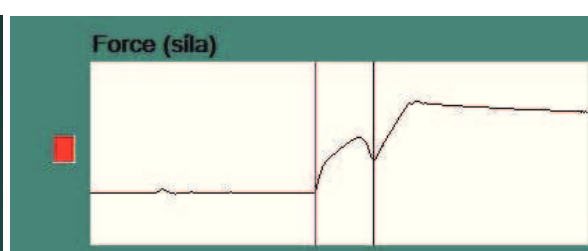
Obr. 20 Laserová komora [8]

3.5 Tlumič chvění

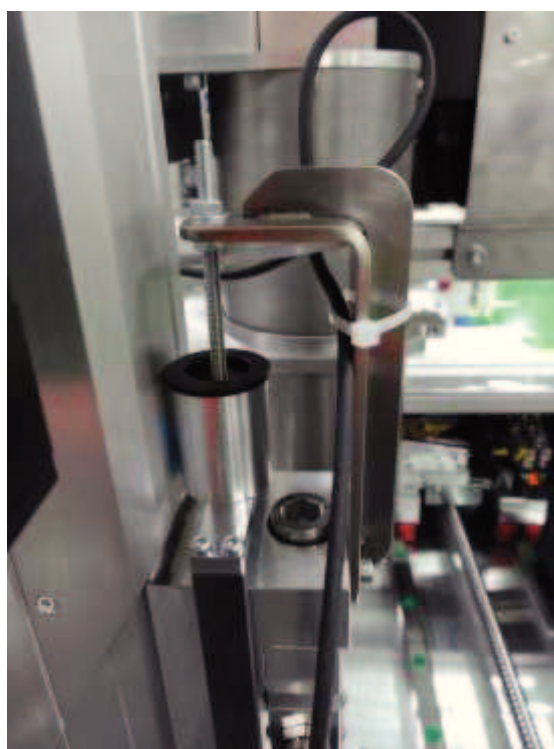
Při testování F-S charakteristiky nastal problém s přejezdy F-S manipulátoru nad jednotlivá tlačítka, kdy docházelo k rozechvění tenzometru. Protože se odečítají hodnoty síly v setinách Newtonu bylo velmi složité určit potřebné minimum a maximum. Problém by odstranilo zmenšení rozjezdové rychlosti os. Následkem by opět bylo prodloužení testovací sekvence. Dalším řešením se nabídlo ztlumení chvění tenzometru při rozjezdech. Hydraulický tlumič vlastní konstrukce byl umístěn mezi obě upínací plochy tenzometru. Díky tomuto řešení došlo k potřebnému vyhlazení F-S křivky a tak ke spolehlivému odečítání hodnot maxima a minima.



Obr. 21 Před použitím tlumení [8]



Obr. 22 S použitím tlumení [8]

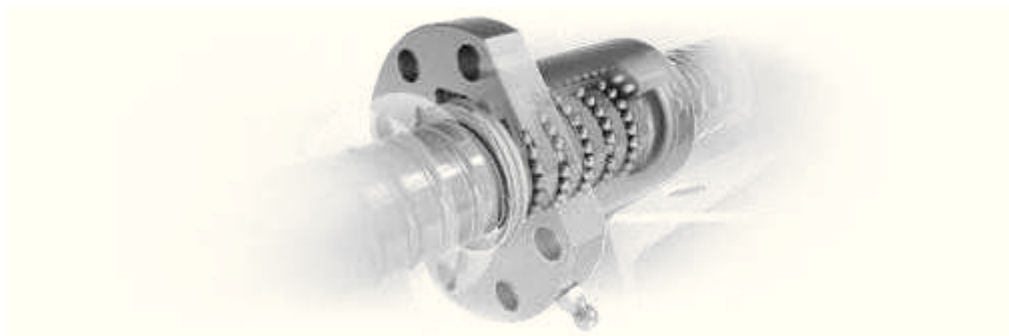


Obr. 23 Hydraulický tlumič [8]

3.6 Kuličkový šroub

V našem případě se jedná o hlavní pohyb při pracovním cyklu.

U tohoto pohonu se využívá odvalování kuliček, které jsou vedeny drážkou na šroubu a pomocí zpětného kanálku v matici se vrací zpět do oběhu. Většina kuličkových matic má drážku rozdělenou na několik kratších úseků. Tímto je zajištěno přesné spojení mezi šroubem a maticí kuličkového šroubu. Odvalovací způsob proti třecímu styku je neporovnatelně úspornější na energii hnacího motoru. Účinnost tohoto mechanismu je až 93%, samozřejmě při doplňování maziva do matice. Mazání matic se provádí tukem nebo olejem a aplikuje se manuálně přes maznice, nebo automaticky centrálním mazacím rozvodem.



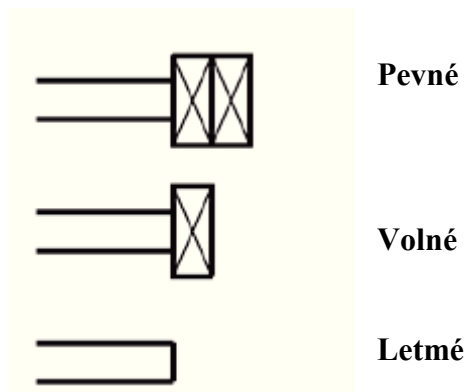
Obr. 24 Kuličkový šroub [5]

Při použití šroubu je třeba dodržovat určité zásady :

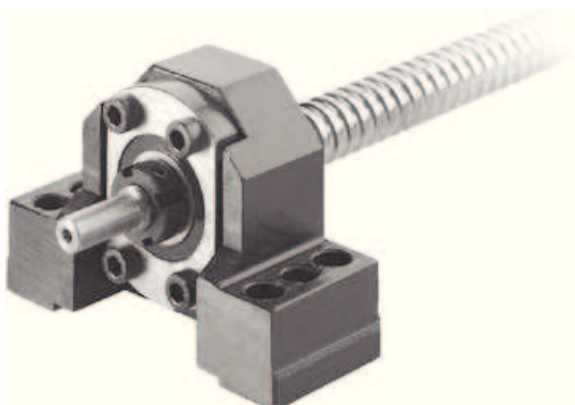
- šroub zatěžovat pouze axiální (osovou) silou
- zajistit dokonalou rovnoběžnost dráhy matice se šroubem
- zajistit spojení matice a poháněného komponentu tak, aby nevznikaly žádné neosové síly.
- konec šroubu uložit do dvouřadých ložisek, nebo použít axiálně radiální uložení.

3.6.1 Uložení kuličkového šroubu

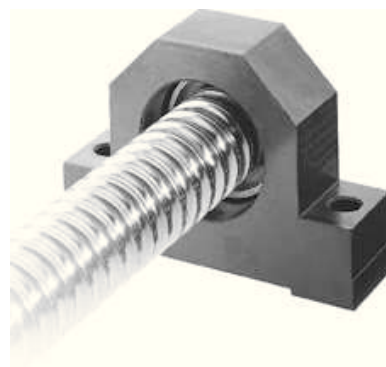
Druhy uložení:



Uložení kuličkového šroubu volíme podle délky a zatížení šroubu. V našem případě je délka 880mm. Proto je zvolena kombinace pevného a volného uložení.



Obr. 25 Pevně uložené ložisko s kosoúhlým stykem [6]

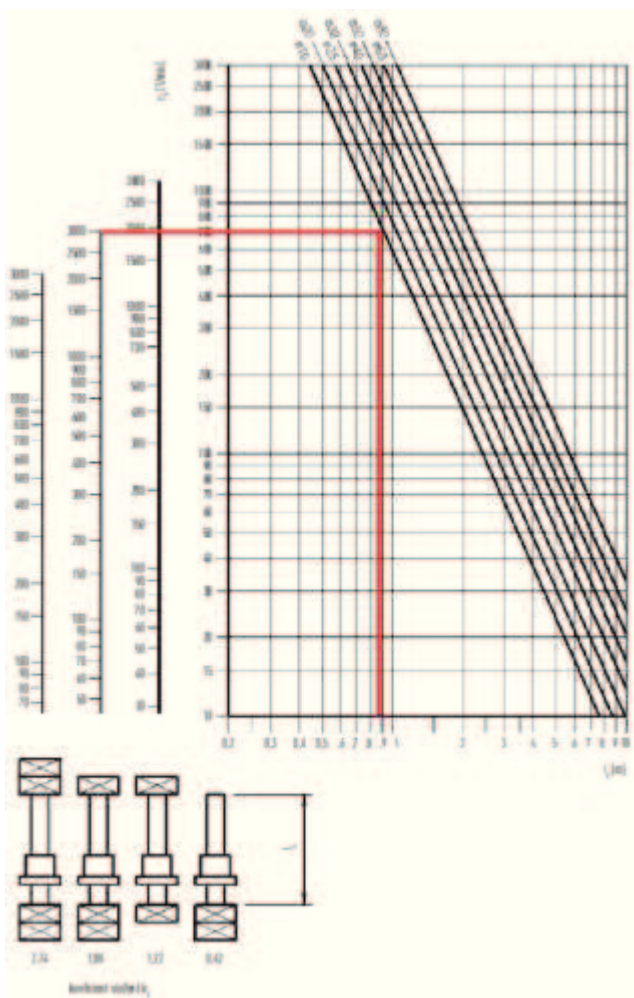


Obr. 26 Volně uložené jednořadé stykem ložisko [6]

3.6.2 Volba kuličkového šroubu

Ke správnému zvolení kuličkového šroubu je třeba prověřit několik podmínek, aby nedocházelo k jeho předčasnému opotřebení, nebo jeho rozechvění při provozu.

Kontrola maximálních přípustných otáček



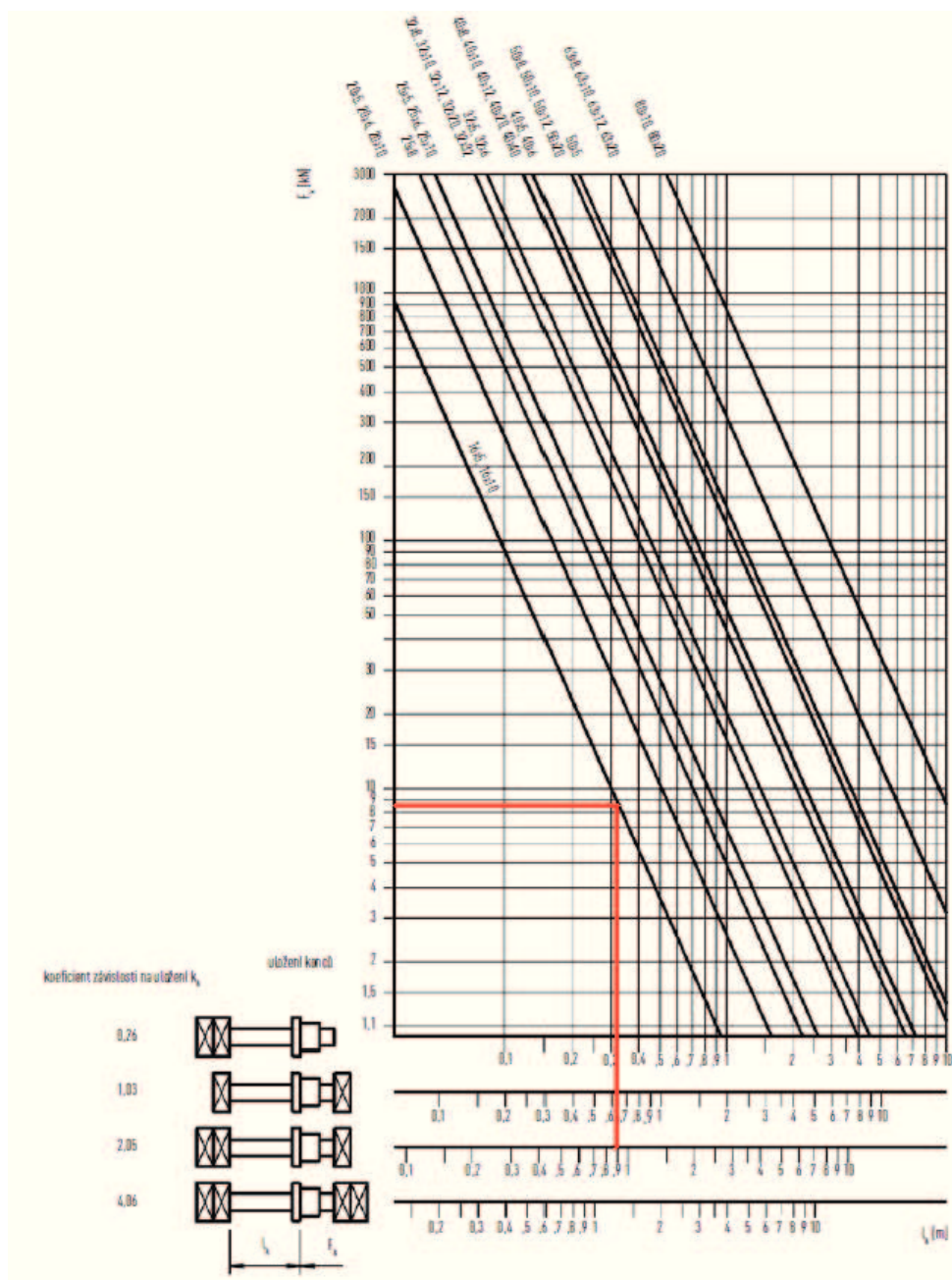
Kvůli nízké světlosti zakládacího vozíku je třeba volby co nejmenšího průměru kuličkového šroubu. Proto byl zvolen $\varnothing 16$ mm.

Z grafu je zřejmé, že při délce 880mm a předem určeného uložení kuličkového šroubu vychází, že při $\varnothing 16$ mm jsou maximální přípustné otáčky $3000 [ot \cdot min^{-1}]$.

Samozřejmě výpočtem by bylo dosaženo přesných hodnot, ale pro určení maximálních přípustných otáček tento graf dostačující.

Obr. 26 Graf maximálních otáček [6]

Kontrola vzpěrné tuhosti



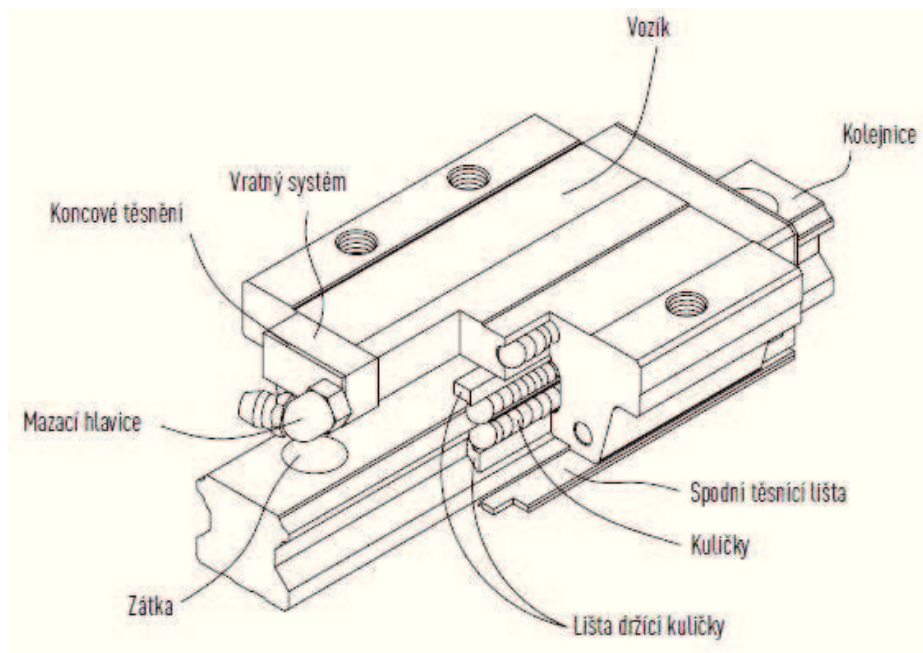
Obr. 27 Graf vzpěrné tuhosti [6]

Touto kontrolou je nutné ověřit možnost maximálního axiálního zatížení, aby nedošlo k jeho deformaci. Maximální přípustné zatížení závisí na délce, typu uložení a na průměru kuličkového šroubu.

V grafu je znázorněno, že při délce 880mm, $\varnothing 16$ mm a typu uložení pevně a volně uloženého konce dosahuje maximální přípustné zatížení 8,5 kN. Což nám při váze vozíku 3kg a zrychlení 5G s velkou rezervou dostačuje.

3.7 Lineární vozík

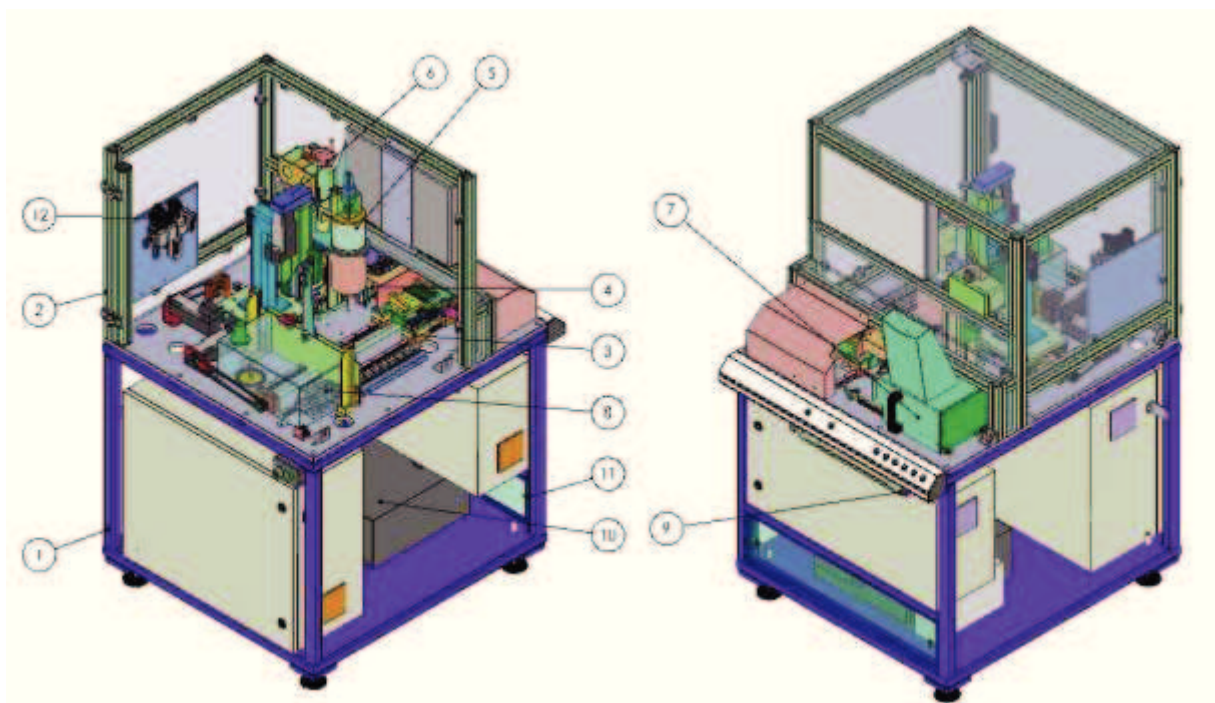
Stejně jako u kuličkových šroubu se využívá odvalujících se kuliček vracejících se zpětnou drážkou ve vozíku. Obvykle jsou 4. Drážky v kolejnici jsou tvarově broušené ve standardizovaném tvaru proti sobě v úhlopříčce, proto vedení vozíku vyniká přesností, velkou únosností a hlavně dlouhou životností. Mazání probíhá stejně jako u kuličkových šroubů podle předepsaných intervalů, odpovídajícímu zatížení a okolnímu prostředí.



Obr. 28 Lineární vozík [7]

4 Popis stroje

4.1 Celkový popis stroje

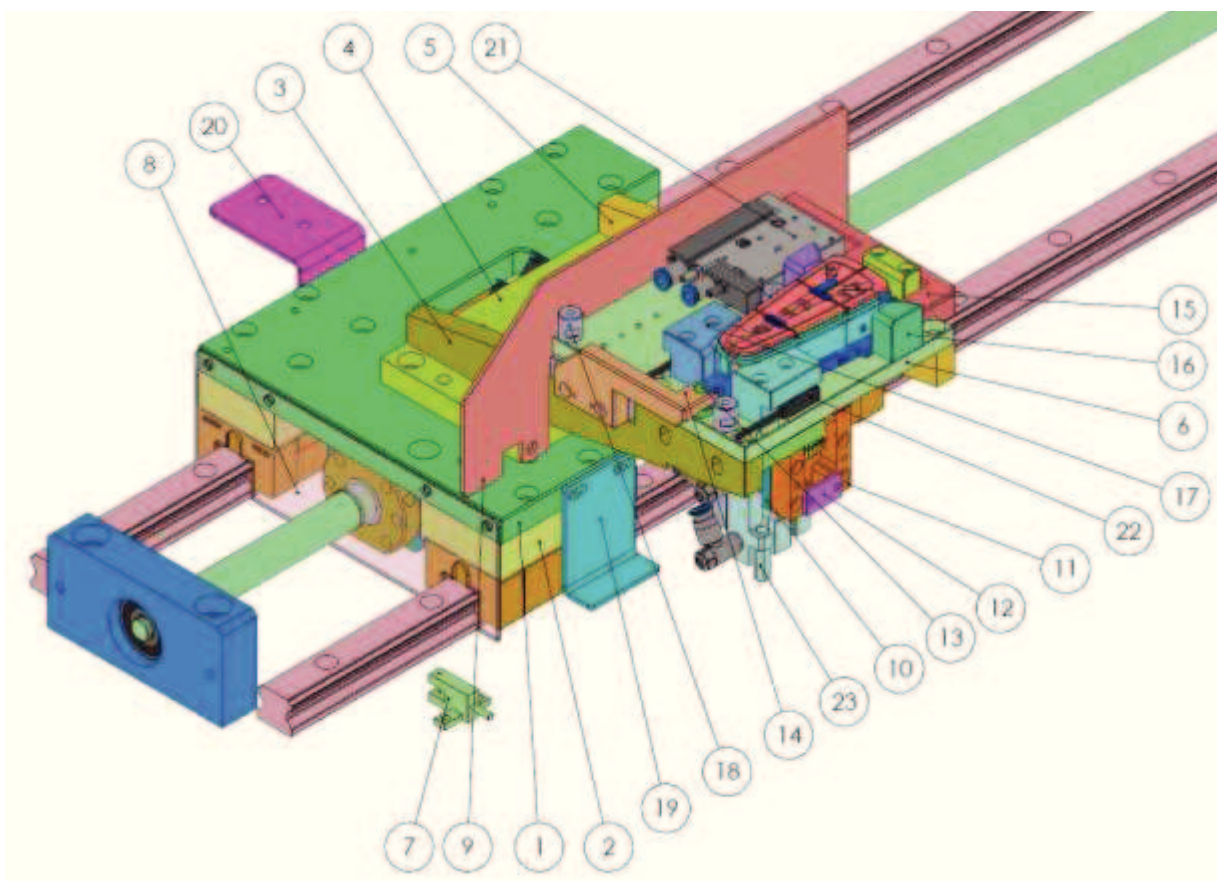


Obr. 29 Celý stroj [8]

1. Svařovaný spodní rám
2. Horní ochranný rám z AL profilů Maytec
3. Zakládací vozík
4. Matrice
5. Kamera
6. F-S manipulátor
7. Kryt vizuální kontroly
8. Laserová komora
9. Výsuvný klávesnice
10. Počítač
11. Kryt počítače
12. Úpravna vzduchu

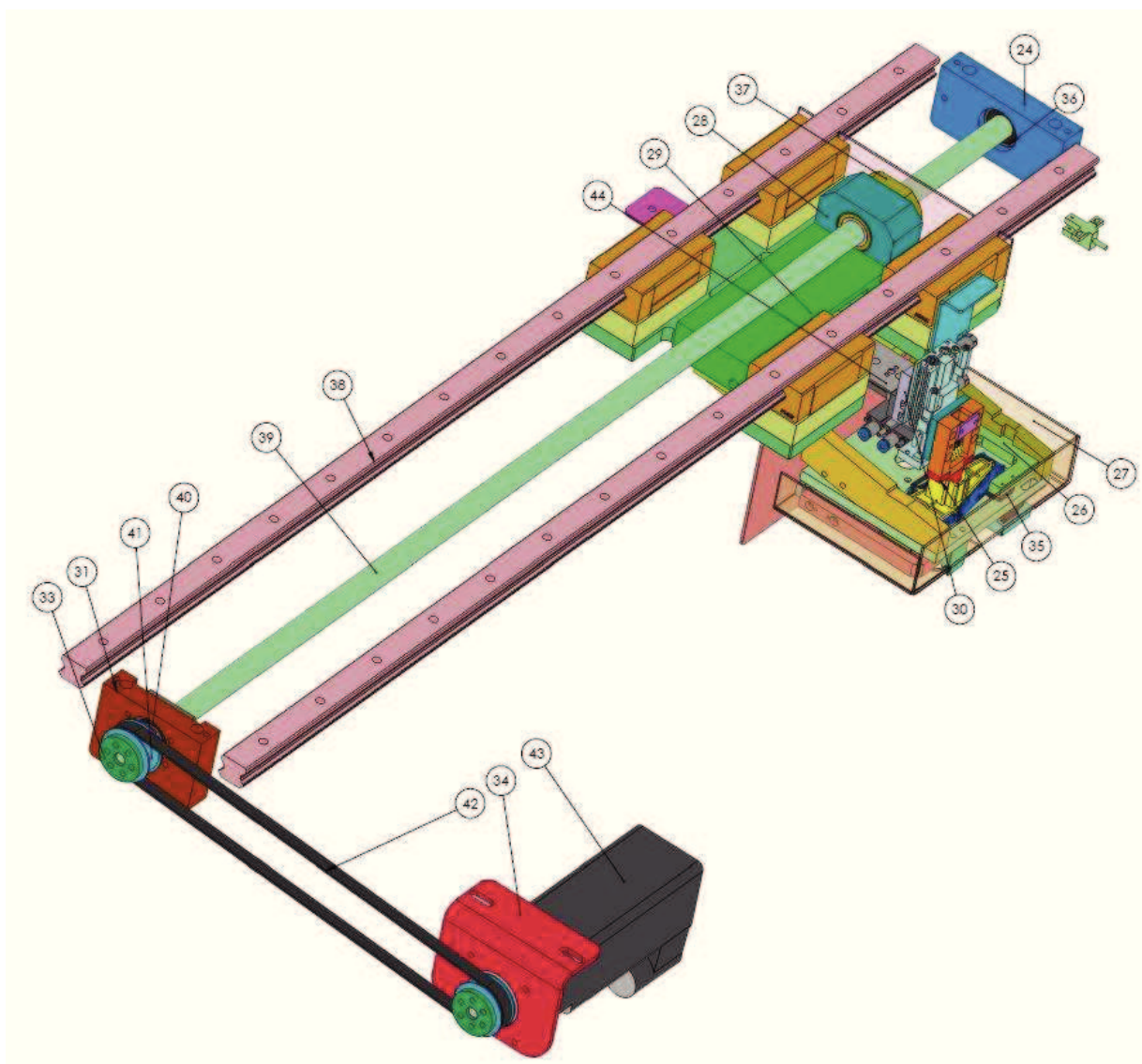
4.2 Zakládací vozík

Mechanismus vozíku slouží k zakládání komponentu a zároveň jako doprava mezi stanicemi. Základem je deska **1**, na které je přišroubována spodní deska zakládání **4**. S horní zakládací deskou **6** jsou propojeny žebry **3** a **5**. Výrobek se zakládá na vodící čepy **13**, a uzamykají ho čelisti **14** a **15**, se kterými pohybují pneuválce **21**. Aby zakládání bylo jednoznačné a snadné jsou kolem výrobku rozmístěny naváděcí kostky **16** a **17**. V naváděcích kostkách **17** jsou zapuštěny optické senzory **22**, které detekují přítomnost výrobku. Kryt **27** chránící zamykací mechanismus je přišroubován pomocí distančních sloupků **18**. Plech **9** slouží jako zábrana k pronikání světla při vizuální kontrole. Krycí plech **8** zabraňuje šíření laserových paprsků. Optický senzor **7** společně s praporkem **19** udávají výchozí polohu zakládacího vozíku. Kontaktovací hlava koná vertikální pohyb pomocí pneuválce **23**. Na něm je upevněno přes mezidesku **10** tělo kontaktování **11**. Pomocí destičky **12** se proti vytržení přichycuje kabel od kontaktování.



Obr. 30 Zakládací vozík [8]

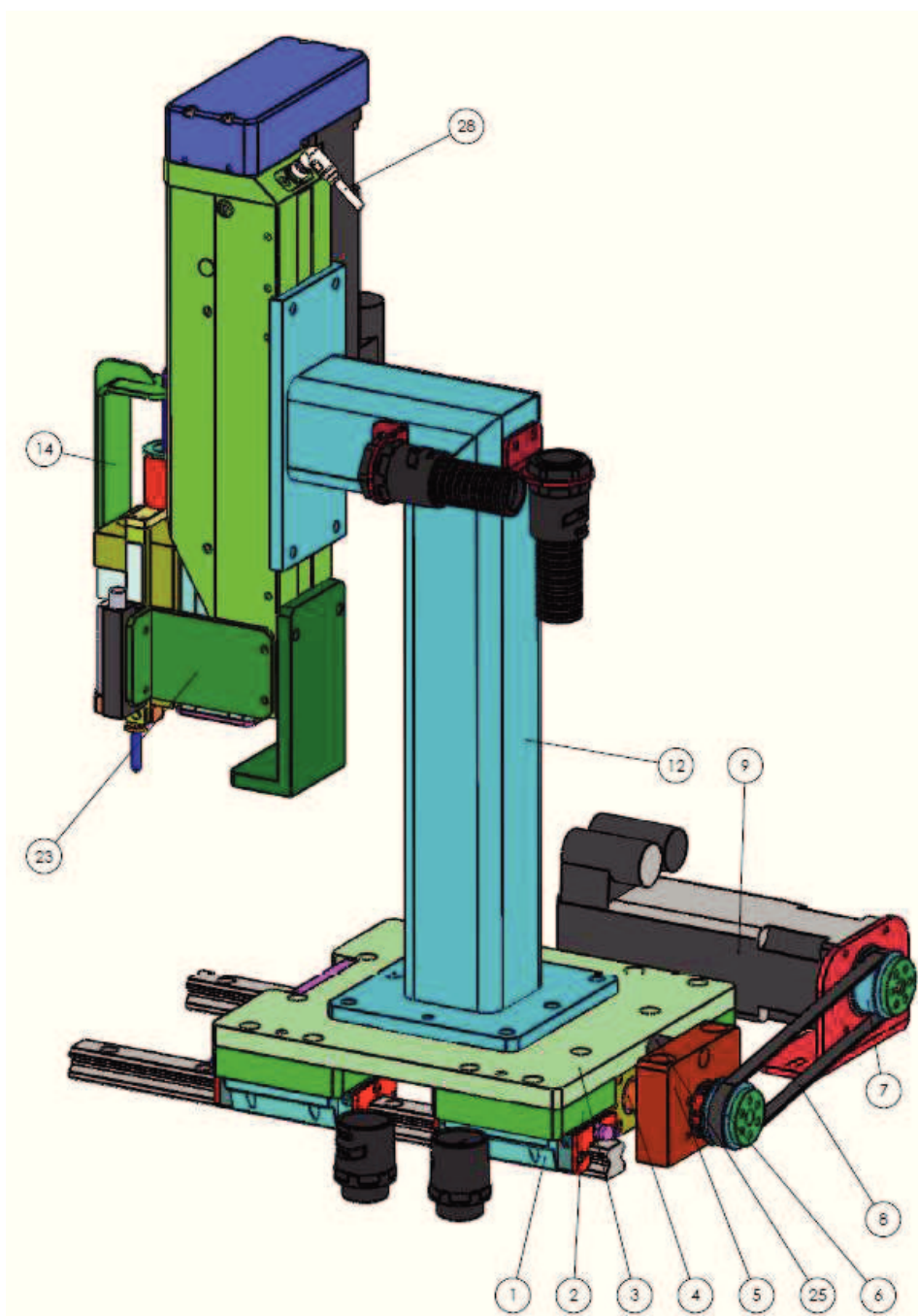
Zakládací vozík se pohybuje po lineárním vedení **38**. Pohyb mu dává kuličkový šroub **39**, který je uložen na jedné straně v ložiskovém domku **31** v dvouřadém ložisku **40**. Na druhé straně je jednořadé ložisko **36** volně uloženo v ložiskovém domku **24**. Šroub je poháněn servomotorem **43** přes řemenový pohon složený z kladek **41**, rozpěrné spojky **33** a řemenem **42**. Servomotor je připevněn do držáku **34**, kterým je také přišroubován do desky stroje. Pohyb kuličkového šroubu je přenášen pomocí kuličkové matice **37** uchycené do domku **28**. Spojení s vozíkem je přes mezidesku **29**.



Obr. 31 Zakládací vozík [8]

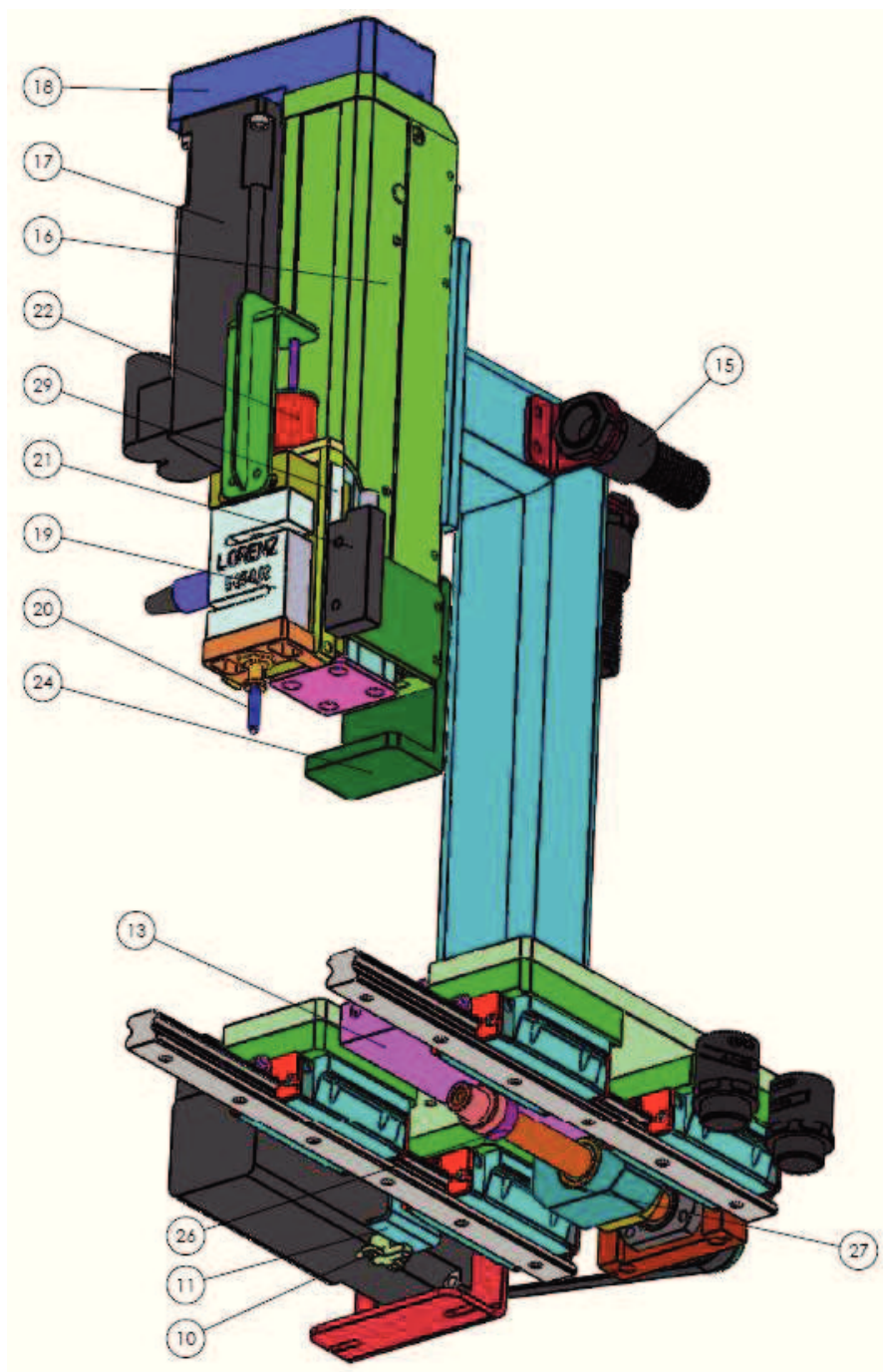
4.3 F-S manipulátor - testování tlačítek

Mechanismus testování tlačítek slouží k otestování funkčnosti tlačítek komponentů po jejím zakontaktování. Sestava mechanismu testování tlačítek se pohybuje v ose X horizontální roviny po lineárním vedení 1, na kterém je pomocí distančních podložek 2 připevněna základní deska 3. Pohyb je proveden pomocí kuličkového šroubu 4 a kuličkovou maticí 27. Matice je připevněna k desce 3 přes desku 13. Šroub je uložený v ložiscích v domku 5, poháněného řemenovým převodem s řemenicemi 6 a 7 a řemenem 8. Pohon je proveden servomotorem 9. Jedna koncová poloha osy X je zabezpečena čidlem 10 a praporkem 11.



Obr. 30 F-S manipulátor [8]

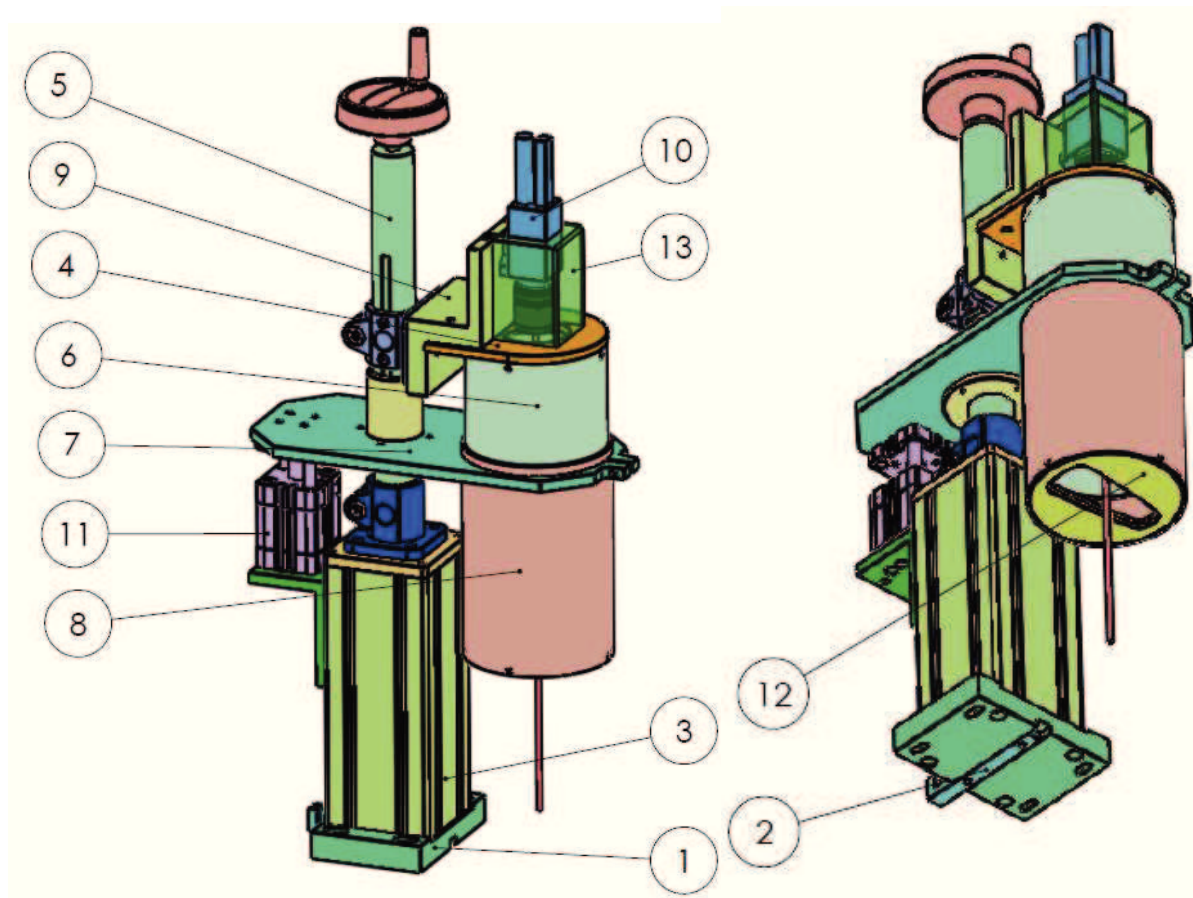
Na základní desce **3** je připevněn ocelový stojan **12**. Na stojanu je elektrická osa **Z 16**, která zajišťuje vertikální posun. Tato osa je poháněna přes převodovku **18** servomotorem **17**. Na vertikální ose je upevněn tenzometr **19** s kuličkovým dotekem Mitutoyo **20**, pomocí kterého dochází k stlačení tlačítka. Zdvih vertikální osy je odměřován čidlem **21** s odměřovacím páskem **22**. Mechanické omezení zdvihu elektrické osy **16** je provedeno omezovačem zdvihu **24**. Kuličkový šroub **4** má umístěn jeden doraz **25** na domku **5** a druhý doraz je proveden pryžovým návlekem **26** na kuličkovém šroubu.. Koncová poloha osy Z jsou zabezpečena čidlem **28**. Pro tlumení rezonančních kmitů tenzometru slouží viskózní hydraulický tlumič **30**.



Obr. 31 F-S manipulátor [8]

4.4 Kamerová kontrola komponentů

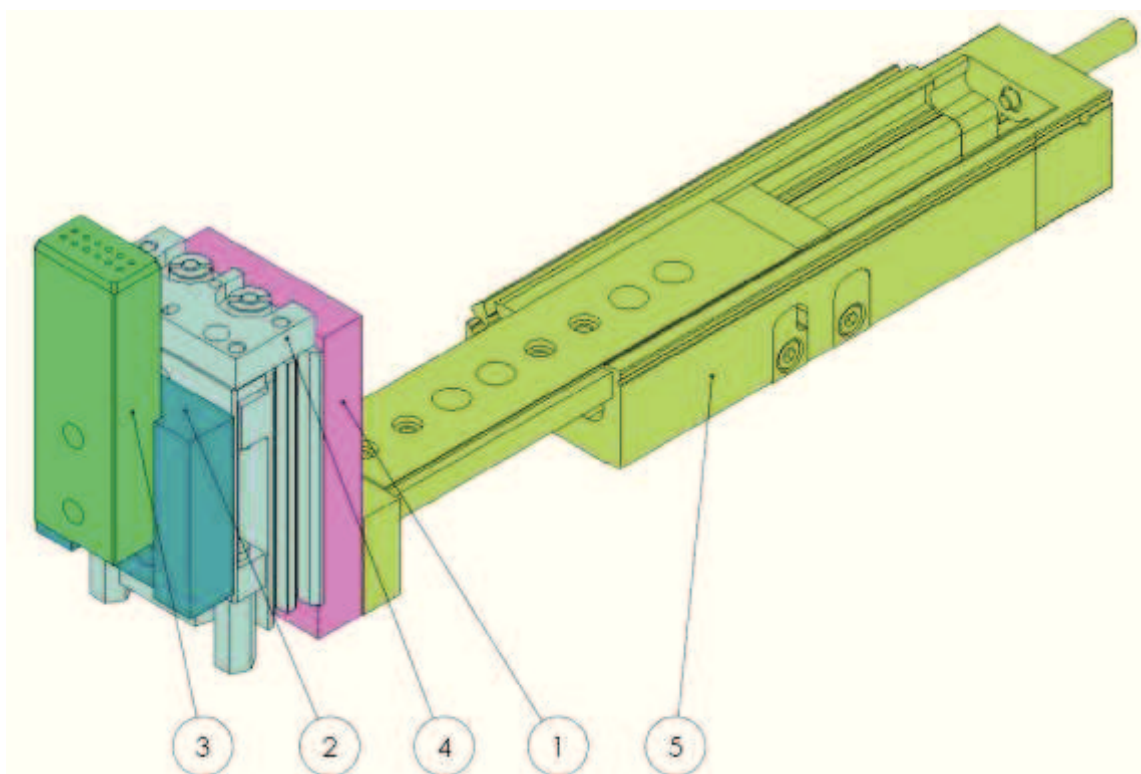
Kamerová kontrola komponenty slouží k vizuálnímu otestování komponenty po jejím zakontaktování. Kamerová kontrola je připevněna k základní desce stroje pomocí desky **1**, kterou lze seřizovat ve směru k příčnému posuvu pomocí pera se šroubem **2**. Na desce **1** je stojna z hliníkového profilu **3**. Na tomto profilu je přes destičku připevněn přestavitelný stojan **5** s otočným kolem, na kterém je umístěn držák kamery **9** s kamerou **10**, umožňující nastavit kameru do správné výšky nad sledovaný objekt otáčením kola. Aby nedošlo k poškození nebo přestavení kamery je opatřena krytem **13**. Pronikání světla při kamerové kontrole je zabráněno do sebe zásuvnými tubusy **6** a **8** a šablonou **12**. Stabilní tubus **6** je uchycen k držáku kamery **9** pomocí destičky **4**. Sjíždění tubusu **8** do pozice kontroly komponenty provádí pneumatický válec **11**, který je spojen s tubusem přes držák **7**.



Obr. 32 Kamerová kontrola [8]

4.5 Matrice konektoru

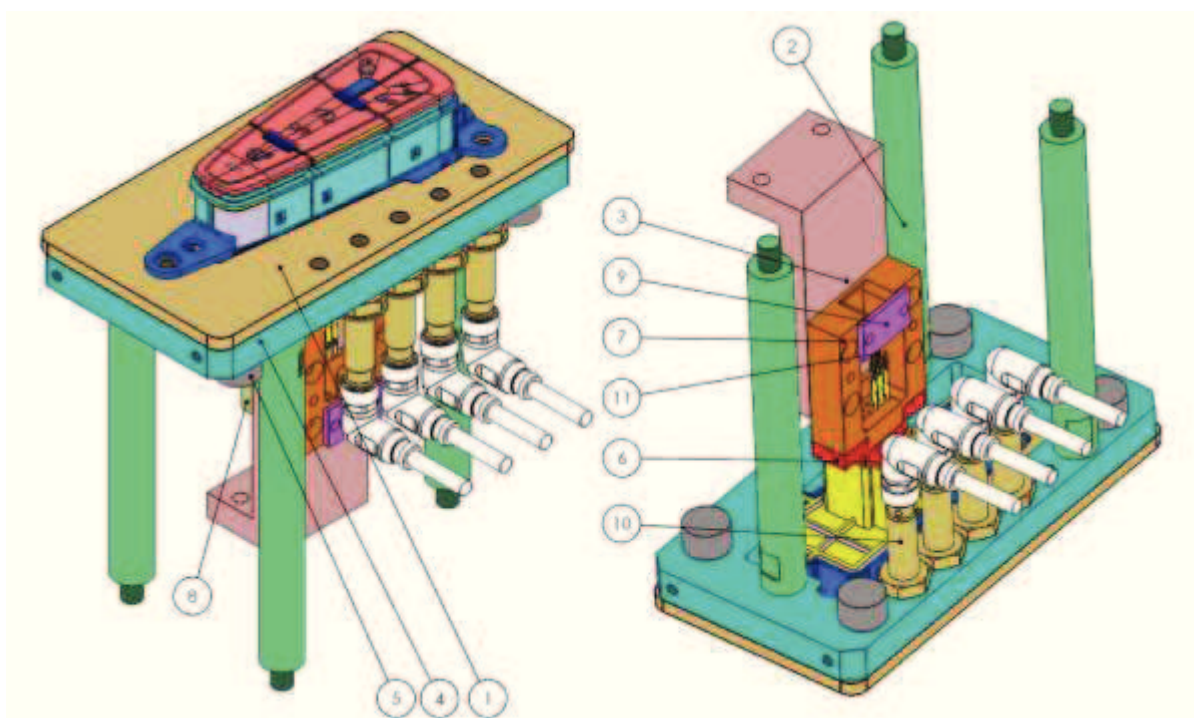
Mechanismus matrice konektoru slouží ke kontrole pinů připojovacího konektoru komponentu. Mechanismus je připevněn k základní desce stroje pomocí pneuválce **5**, který koná horizontální pohyb mechanismu pod konektor. Vertikální pohyb umožňuje pneuválec **4**, na kterém je upevněna matrice **3**. Její polohu udává destička **2** připevněná a skolikována s pneuválcem **4**. Pneuválce jsou spojeny destičkou **1**.



Obr. 33 Zkouška pinů [8]

4.6 Referenční kus

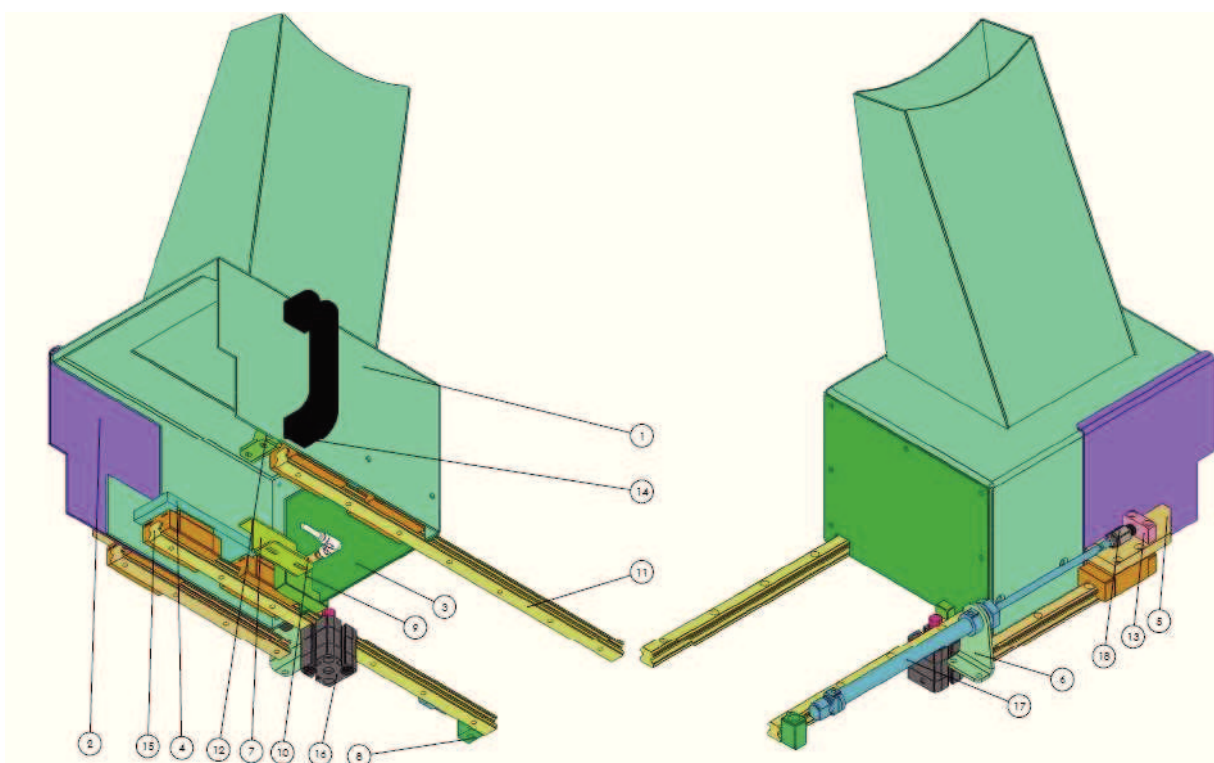
Stojánek referenčního vzorku zajišťuje rychlou a snadnou výměnu všech variant. Výměnná destička **1.**, ke které je přišroubován vzorek, je upnuta magnety **5.** k destičce držáku **4.** Síla dostačuje k upnutí a spolehlivému spojení s odpruženými kontakty **11.** Pomocí náběhů na krytu kontaktů **6.** je nasazení referenčního kusu na držák snadné. Kostka kontaktů **7.** je přichycena k základní desce přes držák **3.**, který dává kolmost kontaktování k referenčnímu kusu. Aby u kabelu přivedeného k odpruženým kontaktům nehrozilo vytrhnutí, je přichycen destičkou **9.** Referenční kus je ve správné výšce pomocí sloupků **2.**



Obr. 34 Referenční kus [8]

4.7 Temná komora

Temná komora slouží jako bezpečnostní kryt pohybujícího se základního vozíku a také k provádění vizuální kontroly komponentu. Plechový kryt **1.** se pohybuje po lineárním vedení **11.** Kryt je k vedení přichycen přes destičky **4.** Meze pohybu komory dělají pevné dorazy **12.** a **8.** Uzavřenou polohu krytu detekuje indukční senzor **10.** na nastavitelném plechovém držáku **7.** Tak aby kryt nešel za běhu stroje otevřít je uzamknut pneuválcem **26.** přišroubovaným do základní desky stroje. Ten se doráží o kostku **9.**, která je šrouby přichycena k lineárnímu vedení krytu. Pro snadný přístup do komory je boční stěna **3.** odnímatelná. Madlo **14.** slouží pro manipulaci obsluhou. Aby světlo nevnikalo místem, kde projíždí vozík je zadní strana opatřena posuvnými dvířky **2.** přišroubovanými přes destičku **5.** k lineárnímu vedení. Pohyb je dán pneuválcem **17.** přidělaným k základní desce přes plechový úhelník **6.** Aby se osy pneuválce a lineárního vedení nekřížily, jsou spojeny přes hlavici **18.** a pomocí kostičky **13.** propojeny s lineárním vedením dvířek.

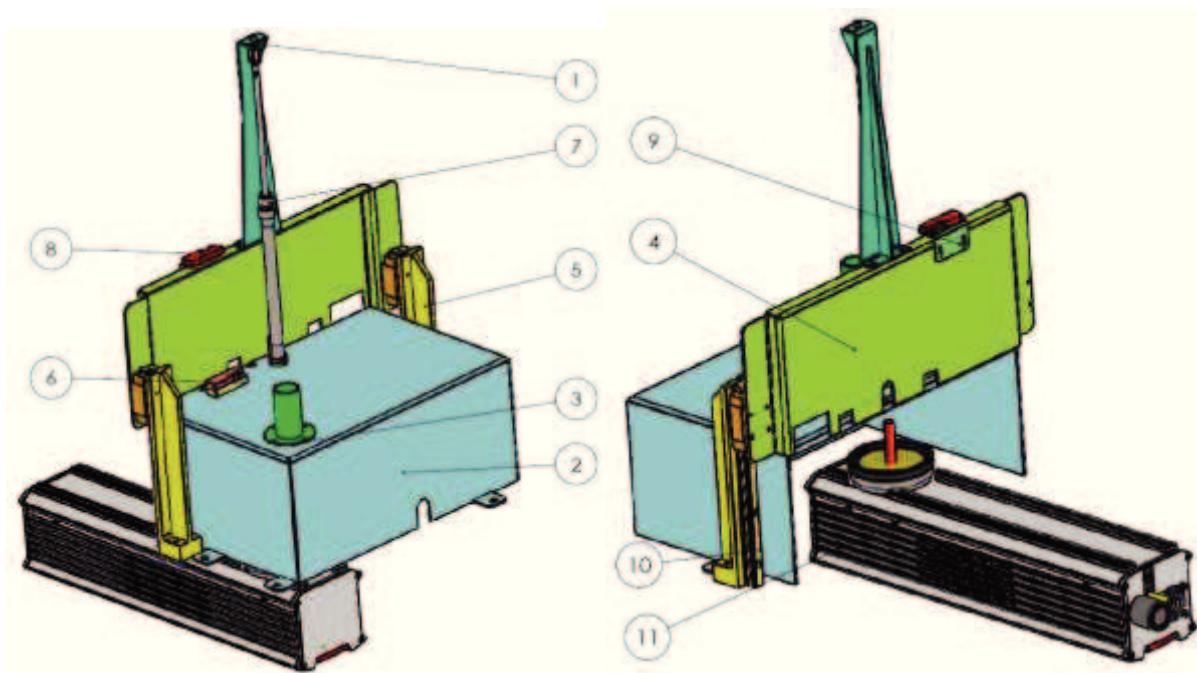


Obr. 35 Temná komora [8]

4.8 Kryt laserové stanice

Aby bylo eliminováno nebezpečí pocházející od laserového záření, je celá laserová stanice opatřena ochranným krytem.

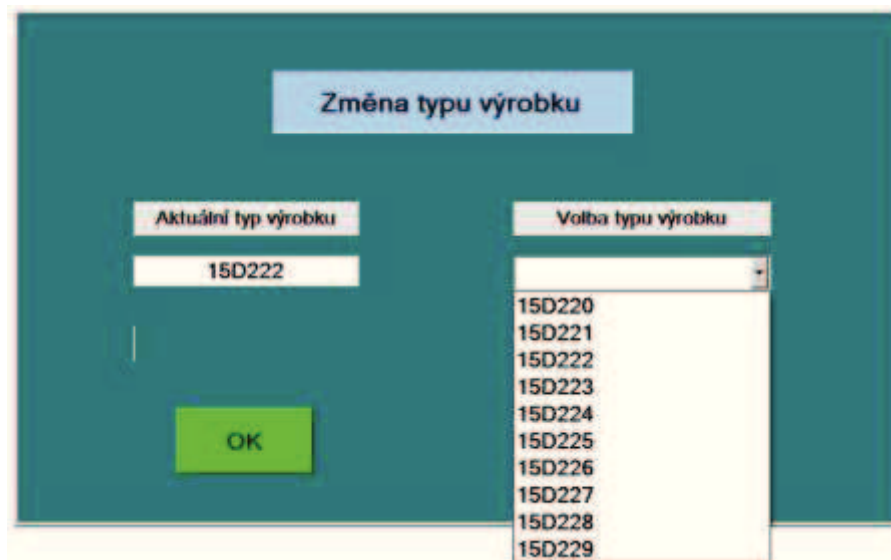
Kryt je tvořen několika díly z nerezového plechu. Hlavní část krytu **2.** je připevněna přímo na základové desce stroje. Na ní je připevněn nákrůžek **3.** na odsávání zplodin od pálení. Kryt je uzavírán vertikálně posuvnými dveřmi **4.**, pohyb jim dává pneuválec **7.** Tento pneuválec je veden po lineárních kolejnicích **10.**, které jsou připevněny přes konzolky **5.** k základní desce stroje. Dveře **4.** a pneuválec **7.** jsou spojeny přes rameno **1.** O detekci uzavřených dveří se starají vzájemně spárované bezpečnostní magnetické spínače **8.** a **6.** Spínač **6.** je upevněn přímo do hlavní části krytu. Spínač **8.** je přes stavitelný držák **9.** připevněn k svisle pojížděným dveřím **4.** Ze spodní strany základní desky je přišroubována hlava laseru **11.**



Obr. 36 Laserová stanice [8]

5 Ověření funkčnosti stroje

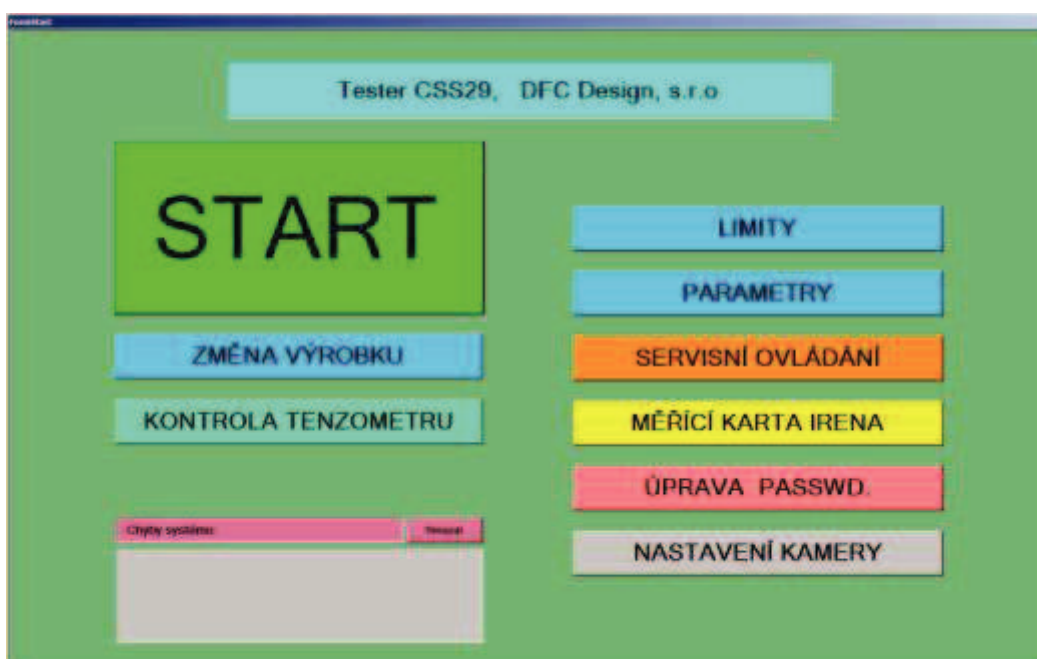
Před započítím testovacího cyklu je třeba zkontrolovat jestli nastavená verze výrobku je kompatibilní s testovací variantou. Případné přepnutí varianty se provádí na ovládacím panelu.



Obr. 37 Změna typu výrobku [8]

Když varianty odpovídají, stroj uvedeme do základního stavu stisknutím tlačítka INIT na ovládací liště. Všechny stanice se přemístí do základního postavení. Bez tohoto úkonu nelze spustit testovací sekvenci.

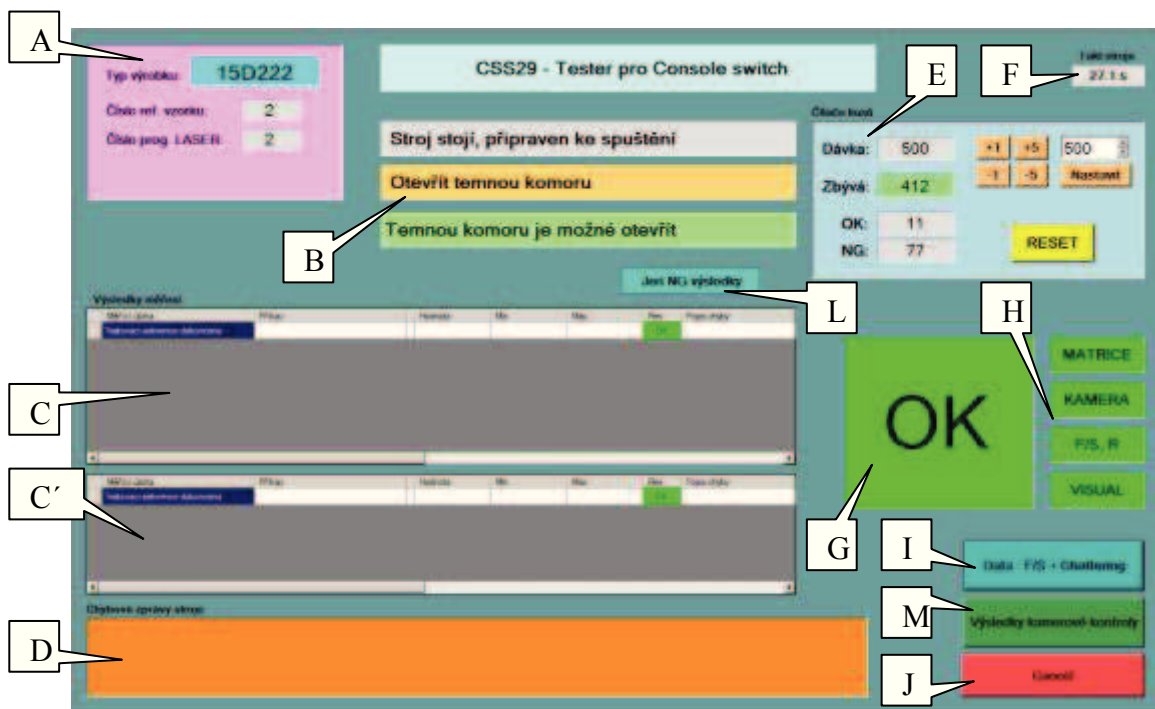
Nyní je možné na základní obrazovce tlačítkem START spustit automatický cyklus stroje.



Obr. 38 Základní obrazovka ovládacího panelu [8]

5.1 Měřicí obrazovka

Měřicí obrazovka je obrazovka pro automatický cyklus stroje. Není-li zobrazena, nelze spustit automatický cyklus, ani výchozí polohy. A naopak, pokud běží automatický cyklus, nelze obrazovku opustit.



Obr. 39 Měřicí obrazovka [8]

- A Základní údaje o testovaném výrobku
- B Stavové řádky. Indikace stavu stroje (horní řádek), požadavky na obsluhu (prostřední), stav temné komory (spodní).
- C Výsledky měření - horní měřicí stanice
- C' Výsledky měření - spodní měřicí stanice
- D Zobrazení chybových hlášek
- E Čítače dobrých a špatných kusů
- F Čítač taktu stroje
- G Celkový výsledek testu
- H Výsledky testů v jednotlivých stanicích
- I Buttony pro zobrazení naměřených F/S charakteristik
- J Button pro opuštění obrazovky
- L Volba - zobrazení všech, nebo jen špatných výsledků testu
- M Volba zobrazení kamerové kontroly

5.2 Signalizace výsledků testu

V poličku **Celkový výsledek testu** je signalizován výsledek kontroly. Vždy se týká kusu, který je právě v základací pozici. Celkový výsledek může být **OK**, **NG**, **ERR**.



OK - dobrý výsledek testu. Kus může pokračovat ve výrobním procesu

NG - špatný výsledek testu. Kus musí být vhozen do NG-boxu stroje. Před tím je ovšem nutno NG kus potvrdit - pomocí klíčku **RESET_NG** na zadní straně stroje.

ERR - tento výsledek značí, že během testu došlo k poruše stroje, či prostě kus s neznámým výsledkem testu. Takovýto kus nemůže pokračovat ve výrobním procesu (nemusí být vůbec otestovaný), ale nemusí být vhozen do NG-boxu. Stroj takovýto kus vůbec neumožní vyjmout a otestuje jej ještě jednou.

Signalizace **OK** výsledku zmizí hned, jakmile kus vyjmeme, signalizace **NG** zmizí, jakmile kus vhodíme do NG-skluzu a signalizace **ERR** výsledku zmizí při dalším testovacím cyklu. Další dílčí výsledky z jednotlivých stanic stroje, jsou indikovány v okéncích vedle celkového výsledku. Pro práci obsluhy to však není příliš podstatné.



Obr. 40 Měřicí obrazovka v případě vadného kusu [8]

5.3 Zobrazení výsledků testů

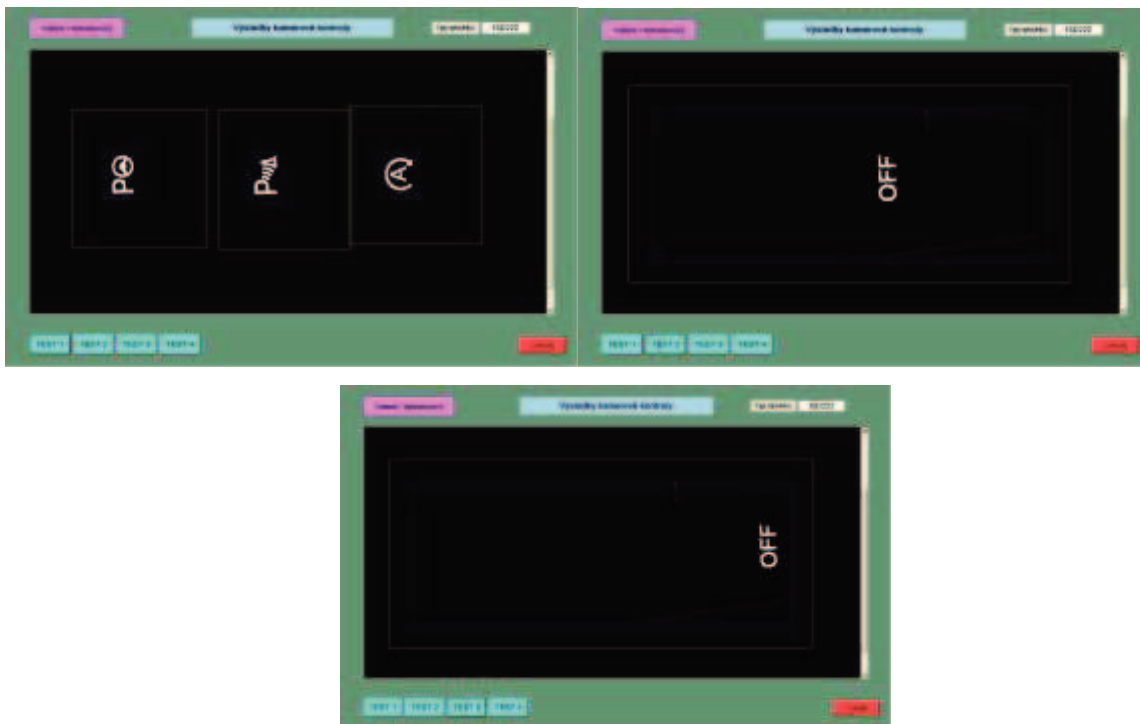
V měřicí obrazovce jsou zobrazeny výsledky všech testů, které stroj provádí. Je však nutné si uvědomit, že k jednotlivým kontrolám dochází postupně, tak jak výrobek prochází jednotlivými stanicemi. A tím je také ovlivněna filozofie, jak jsou výsledky zobrazovány.

5.3.1 Založení výrobku do zakládací pozice

Výrobek založíme do zakládací pozice. Tím dojde zaclonění dvou detekcí. Přítomnosti výrobku a správného založení. Uzavřením krytu je výrobek upnut. Pokud je nesprávně založeno, stroj hlásí chybovou hlášku špatného založení a vyzve obsluhu k opakování založení. Po chybovém hlášení dále neprovádí žádné další testy.

5.3.2 Kamerová kontrola

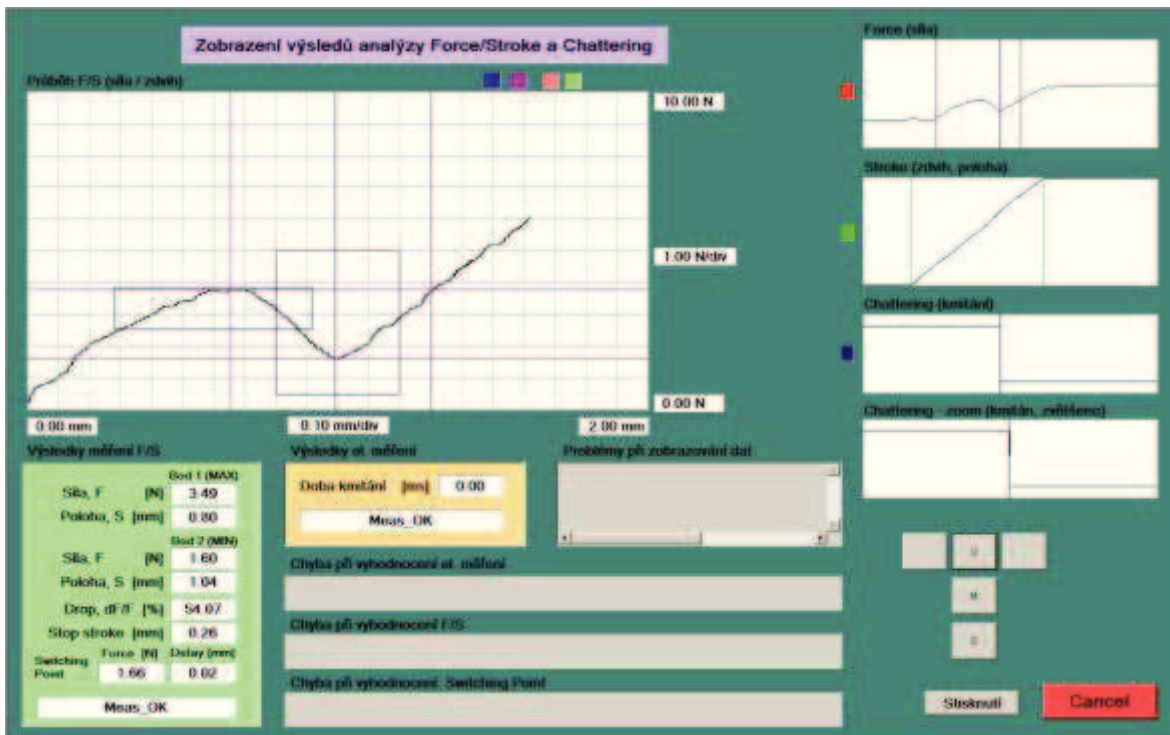
Kamera ověří přítomnost tvaru a jasovou intenzitu podsvětlených značek na spínačové sestavě.



Obr. 41 Na obrázcích jsou snímky obrazovek postupného rozsvěcení symbolů. [8]

5.3.3 Zobrazení F/S charakteristik

K jejich zobrazení slouží samostatná obrazovka, přístupná z měřicí obrazovky. Lze je ovšem zobrazovat jen, pokud stroj stojí.

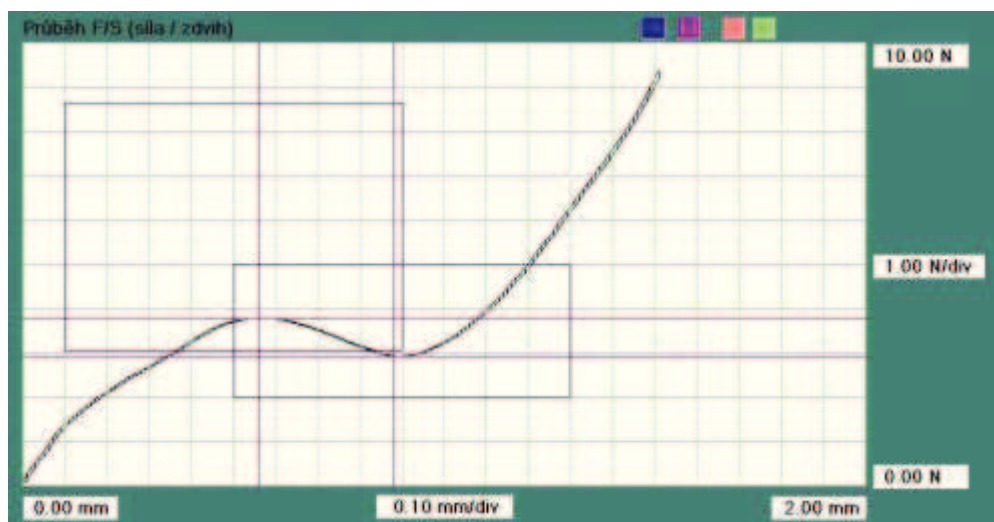


Obr. 41 Zobrazení analýzy F/S a překmitů [8]

Kromě samotného průběhu F/S jsou zobrazovány (v pravé části obrazovky) také samotné průběhy síly $F = F(t)$, polohy $S = S(t)$ tj. hodnoty naměřených veličin v závislosti na čase.

Dále jsou zde zobrazeny hodnoty, jež byly získány při analýze průběhu F/S a překmitů, a výsledky tohoto vyhodnocení.

Vyhodnocení F/S charakteristiky



Obr. 42 Graf charakteristiky [8]

Při vyhodnocení F-S charakteristiky (závislost síly na poloze) se naleznou body vyznačené na obrázku jako MIN a MAX (i když je jasné, že nejde o skutečné maxima a minima, ta jsou na krajích křivky. Jde prostě o ty „kopečky“ na F-S křivce).

Těmto bodům (MAX a MIN) přísluší určitá hodnota síly a hodnota polohy. A ty se porovnají s přednastavenými limity.

Limity lze znázornit v grafu jako obdélníčky, uvnitř kterých se musí bod nacházet.

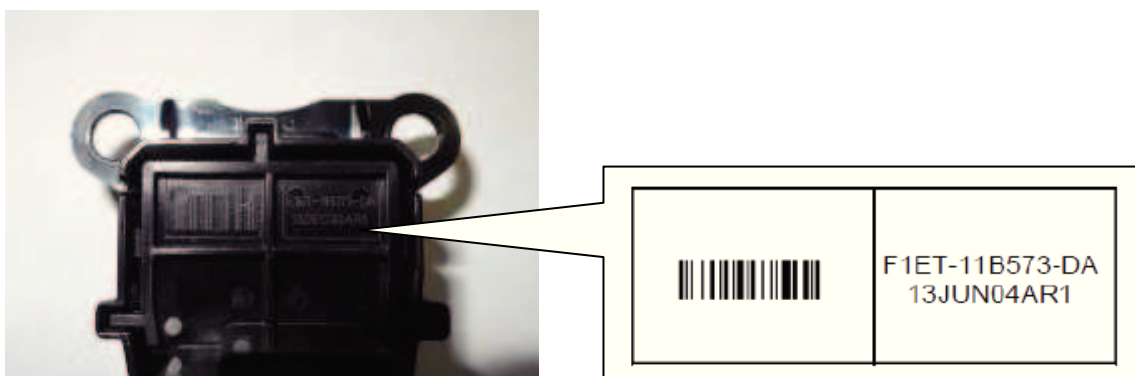
Dále se vyhodnocuje rozdíl souřadnic MAX a MIN. Aby bylo zajištěné že došlo k poklesu síly mezi body MAX a MIN křivky. Souřadnice nalezených bodů i jejich rozdíl jsou zde rovněž zobrazeny.

Výsledky měření F/S		
Bod 1 (MAX)		
Síla, F	[N]	3.78
Poloha, S	[mm]	0.56
Bod 2 (MIN)		
Síla, F	[N]	2.91
Poloha, S	[mm]	0.88
Delta (MAX - MIN)		
Síla, F	[N]	0.87
Poloha, S	[mm]	0.32
Meas_OK		

Obr. 42 Mezní limity [8]

5.3.4 Označení dobrého kusu

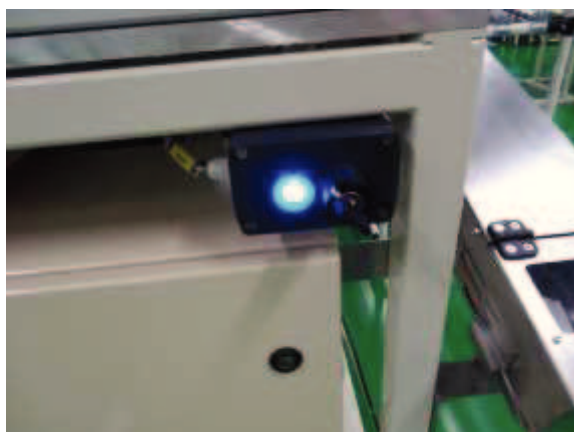
Nejde už o žádnou kontrolu. Pokud kus prošel úspěšně všemi testy, je v poslední stanici označen laserem OK výsledku kontroly. Popsán jest čárovým kódem a sériovým číslem.



Obr. 42 Značení OK kusu [8]

5.3.5 NG kus

Při vyhodnocení některého z testů s negativním výsledkem. Stroj pracovní cyklus ukončí a vrátí se do základací polohy, kde obsluhu vyzve k vyjmutí NG kusu. Tak aby NG kusy byly monirovatelné, musí obsluha přivolat vedoucího směny, který servisním klíčem odemkne uzamknutý kus v základacím hníždě. Následně ho obsluha vhodí do skluzu pro NG kusy. Odtud je NG kus vyzvednut kontrolním technikem pro další posouzení funkčnosti kusu.



Obr. 43 Detekce odemknutí základací pozice [8]



Obr. 44 Vhození NG kusu do skluzu [8]



Obr. 45 Vyjmutí NG kusu ze skluzu [8]

6 Cenová kalkulace

Cenová kalkulace – skládá se z externích nákladů [15]

Popis	Cena celkem
Vodící prvky	
Lineární vedení, kuličkové šrouby + příslušenství	52773Kč
Vodící kolejnice klávesnice	818Kč
	53591Kč
Hnací prvky	
Řemenice	744Kč
Ozubený řemen	164Kč
Pneumatické pohony + příslušenství	16768Kč
Servomotory, řídicí systém + příslušenství	97950Kč
	115626Kč
Měřicí komponenty	
Snímací hrot	442Kč
Snímač polohy	16176Kč
Tenzometr	9780Kč
	26398Kč
Senzory	
Senzor výchozí poloha vozíku, manipulátoru	1000Kč
Senzor přítomnosti kusu	2415Kč
Senzor uzavření komory, referenčního kusu	3615Kč
Senzor založení kusu	2587Kč
Magnetický bezpečnostní spínač	3660Kč
	13277Kč
Elektromateriál	
Kontaktování piny	620Kč
Rozvaděče	9000Kč
Elektromateriál	51358Kč
	60978Kč

Kryt z hliníkový profilů + výplně	18687Kč
Řídící počítač + příslušenství	28903Kč
Průmyslová kamera + řízení	51550Kč
Vláknový laser	720000Kč
Hutní materiál + polotovary	48000Kč
Konstrukce – interně	0Kč
Vývoj měřících karet - interně	0Kč
Výroba dílců – interně	0Kč
Montáž – interně	0Kč
Vizualizace – interně	0Kč
Programování stroje – interně	0Kč

CELKEM

1137010 Kč

Externí náklady byly sečteny na 1137010Kč. Celkové náklady na projekt jsou samozřejmě vyšší , protože do celkové kalkulace musí být přičteny ostatní náklady.

7 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na konstrukční návrh jednoúčelového testovacího stroje. Po seznámení se všemi požadovanými testovacími sekvencemi bylo vyřešeno rozmístění stanic na stroji při zachování požadovaných vnějších rozměrů stroje.

Dále byl proveden konstrukční návrh v 3D kreslicím programu Solid Works. Díky němuž byl stroj detailně zpracován, a při stavbě nedošlo k zásadním problémům.

Výsledkem je poloautomatický testovací stroj, který v současné době plní svůj úkol a je součástí výrobní linky. Spolehlivě provádí kontrolu ovládacího prvku osobního automobilu.

8 Zdroje

- [1].DFC Design, s.r.o. [online] 2014 [cit. 10. dubna 2014]. Dostupné z WWW:
<http://www.dfcdesign.cz/cz>
- [2].MACSA ID, S.A. [online] [cit. 13. dubna 2014]. Dostupné z WWW:
<http://www.macsalaser.com/>
- [3].MACSA ID, S.A. [online] [cit. 13. dubna 2014]. Dostupné z WWW:
<http://www.macsalaser.com/galerias/productos/6/F-9050-P%20UHS%20Grande.jpg>
- [4].Wikipedie - Šestnáctková soustava [online] 2014 [cit. 15. dubna 2014]. Dostupné z WWW:
http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0estn%C3%A1ctkov%C3%A1_soustava
- [5].HIWIN s.r.o – kuličkové šrouby [online] [cit. 16. dubna 2014]. Dostupné z WWW:
http://www.hiwin.cz/css/website/images/bg_pic_kulickove-srouby.png
- [6].HIWIN s.r.o – kuličkové šrouby [online] [cit. 16. dubna 2014]. Dostupné z WWW:
http://www.hiwin.cz/media/files/02_Kulickove_srouby.pdf
- [7].HIWIN s.r.o – lineární vedení [online] [cit. 16. dubna 2014]. Dostupné z WWW:
http://www.hiwin.cz/media/files/01_Linearni_vedeni.pdf
- [8].Interní dokumentace