

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Projekt montáže turbodmychadel

Project of turbochargers assembly

Studijní program: VÝROBA A EKONOMIKA VE STROJÍRENSTVÍ

Studijní obor: Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

Vedoucí práce: doc. Ing. Vratislav Preclík, CSc.

Vypracoval: Ondřej Velhartický, DiS.

## Prohlášení

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze

podklady uvedené v příloženém seznamu.

Z důvodu, že použité zdroje společnosti ČZ a.s. podléhají internímu utajení odpírám udělit souhlas s užitím tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze

.....  
Podpis autora

## Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat všem, kteří mi pomohli svými cennými radami při vypracování této bakalářské práce. Především děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vratislavu Preclíkovi, CSc. za věnovaný čas a připomínky, dále bych chtěl poděkovat kolegům z oddělení technické přípravy výroby divize TURBO za pomoc při realizaci této práce především však pí. Radce Volfové.

## Abstrakt

Bakalářská práce je vypracována na téma Projekt montáže turbodmychadel. Hlavním úkolem této práce je vytvořit technologický projekt pro rozšíření výrobní kapacity tzv. „Malé montáže“, kterou v současné době tvoří jedna montážní linka. Projekt počítá s rozšířením na dvě montážní linky situovaných v rámci možností prostoru stávající montáže.

## Abstract

The thesis is elaborated on Project of assembly of turbochargers. The main goal of this work is to create a technological project for the expansion of production capacity "small assembly", which currently consists of one assembly line. The project envisages the extension of the two assembly lines situated within the possibilities of the existing installation.

**Obsah:**

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratk.....	7
1 Představení podniku ČZ a.s. ....	8
1.1 Historie ČZ a.s. ....	8
1.2 Organizační schéma.....	10
1.3 Historie divize Turbo.....	11
2 Technologický projekt montáže turbodmychadel.....	12
2.1 Zadání.....	12
2.2 Výrobní program divize Turbo.....	12
2.3 Rozbor výroby turbodmychadel v rámci ČZ a.s. ....	12
2.4 Popis stávajícího stavu montáže turbodmychadel.....	13
2.5 Rozbor technologie výroby turbodmychadel.....	13
2.5.1 Montáž ložisek do LU.....	15
2.5.2 Montáž ložiska klapky.....	15
2.5.3 Navaření páky klapky.....	15
2.5.4 Montáž zátky.....	15
2.5.5 Montáž ložiskového uzlu.....	16
2.5.6 Tlaková zkouška ložiskového uzlu.....	20
2.5.7 Zkouška turbodmychadla, vyvážení LU.....	22
2.5.8 Montáž dmychadlové skříně na ložiskový uzel.....	24
2.5.9 Montáž turbínové skříně.....	27
2.5.10 Nastavení tlaku regulátoru.....	28
2.5.11 Úprava a instalace hadice ....	29
2.5.12 Konečná kontrola.....	30
3 Montážní pracoviště.....	30
3.1 Obecný popis montáže.....	30
3.1.1 Pracovní činnost montáží.....	30
3.1.2 Druhy montážních systémů.....	30

3.1.3 Druhy podle způsobu vykonávání činností.....	31
3.1.4 Členění montážních pracovišť.....	31
3.2.1 Rozbor současného stavu montáže.....	32
4 Návrh nového stavu montáže.....	32
4.1 Potřeba nových technologických zařízení.....	33
4.2 Logistika.....	33
4.2.1 Sklady – naraziště materiálu, odlitků a odpadů.....	33
4.3 Manipulace doprava.....	34
4.4 Předpokládaná potřeba pracovních sil.....	34
4.4.1 Pracovníci THP.....	34
4.4.2 Pracovníci - montážní dělní.....	34
4.4.3 Pracovníci - režijní dělník.....	34
4.4.4 Pracovníci – pomocný personál.....	34
5 Kapacitní propočty.....	35
5.1 Propočet stávající montáže.....	35
5.2 Propočet nové montáže.....	35
6 Ekonomické hodnocení projektu.....	37
7 Závěr.....	37
8 Seznam zdrojů.....	38
9 Přílohy.....	38

### **Seznam použitých zkratk**

**TD**      **turbodmychadlo**

**LS**      **ložisková skříň**

**LU**      **ložiskový uzel**

**TS**      **turbinová skříň**

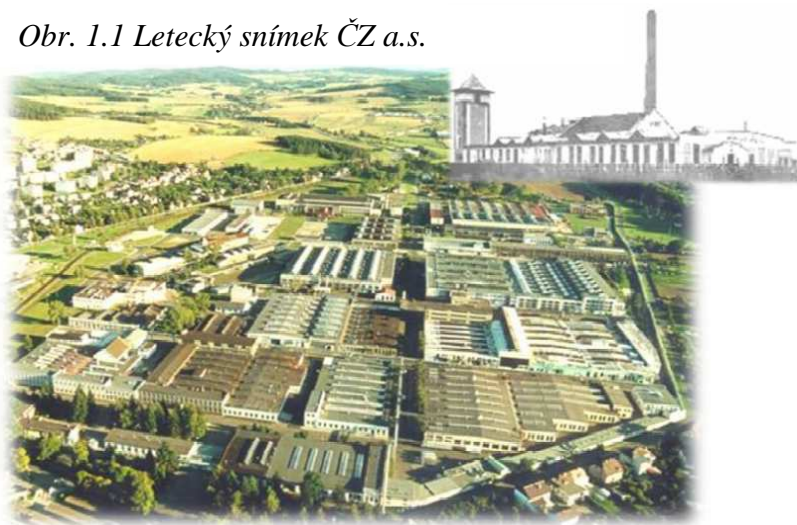
**RL**      **radiální ložisko**

# 1 Představení podniku ČZ a.s.

## 1.1 Historie ČZ a.s.

V září roku 1919 se ve Strakonících začaly stavět první dílny podniku na výrobu zbraní s původním názvem "Jihočeská zbrojovka". V roce 1922 sloučením s továrnou na zbraně ve Vejrtech a závodem v Praze vznikla akciová společnost "Česká

*Obr. 1.1 Letecký snímek ČZ a.s.*



zbrojovka v Praze továrny ve Strakonících". Vyráběné pistole, vzduchovky a později i automatické zbraně se staly úspěšným obchodním artiklem.

Mezníkem v růstu České zbrojovky byl rok 1929, kdy byla získána továrna na součásti kol v Kralupech n. Vltavou. Jízdní kola a jejich součásti se začaly vyvážet do mnoha zemí Evropy, Asie, Afriky a Jižní Ameriky. Ani tehdy propukající hospodářská krize nezastavila rozvoj firmy. V roce 1932 byla zahájena sériová výroba motorových kol a o tři roky později se objevily na trhu první strakonické motocykly. Tím začala slavná éra motocyklové produkce pod značkou ČZ. Podnik se stal v krátké době největším výrobcem jednostopých vozidel v tehdejší Československu. Obchodní úspěchy znamenaly další rozšíření výrobních aktivit, zavádí se výroba řetězů a obráběcích strojů. Rozvoj České zbrojovky přerušila válka a přechod na válečnou výrobu.

V roce 1946 byla akciová společnost, jako většina velkých průmyslových podniků, znárodněna. Vzhledem k poválečné politické situaci je ve Strakonících ukončena zbrojní výroba.

Vývoj a výroba motocyklů stejně jako sportovní úspěchy jezdců prosadily v padesátých a šedesátých letech značku ČZ mezi nejúspěšnější světové výrobce sportovních a cestovních motocyklů. Narůstající potřeby motocyklové produkce vedly k vybudování vlastní slévárny šedé litiny a tlakových odlitků z hliníku.



S útlumem motocyklové produkce v osmdesátých letech přechází firma, kromě své tradiční produkce - řetězů, nástrojů, forem, odlitků a obráběcích strojů k výrobě autokomponentů - převodových skříní a turbodmychadel.

Následující léta znamenají nejen řadu změn ve struktuře a výrobní oblasti podniku, ale přináší i transformaci firmy přeměnou na akciovou společnost v roce 1991.

V roce 1993 byla firma privatizována kuponovou metodou a akcie přešly do rukou fyzických a právnických osob.

V tomto období rozvoje tržní ekonomiky akciová společnost prochází restrukturalizací, jako reakcí na požadavek pružnosti a flexibility. Dochází k decentralizaci celé řady činností v oblasti hospodaření, na základě výrobního hlediska vznikají divize s vysokou mírou ekonomické samostatnosti, společnosti s ručením omezeným a prohlubuje se orientace na potřeby automobilového průmyslu.

Získáním významného podílu v akciových společnostech KLIMA, VÚOSO a děčínské DESTĚ dochází k doplnění technologických kapacit i žádoucí diversifikaci výrobního programu.

Skupina ČZ v současnosti svým obratem patří mezi největší strojírenské firmy v České republice a je předním exportérem (SRN, Francie, Velká Británie, Slovensko, Čína, Rusko,...). Základní jmění společnosti dosahuje 1,76 mld. Kč. Orientace na potřeby automobilového průmyslu je spojena s požadavkem špičkové kvality - společnost je certifikována podle norem ISO řady 9000 a VDA 6.1. Velké úsilí i prostředky firma věnuje otázce životního prostředí. Bylo zahájeno zavádění systému environmentálního managementu (EMS) podle mezinárodní normy ISO 14001 a definována environmentální politika.

Po celé období od privatizace - díky pozornosti, kterou této otázce věnuje vedení společnosti - roste finanční stabilita firmy. Dobré hospodaření, spolu s odpovídající tvorbou zdrojů, umožnilo za toto období investovat do moderních technologií i rekonstrukcí budov více než dvě miliardy korun. Systematické rozvíjení obchodních aktivit přináší významné kontrakty na dodávky turbodmychadel a ostatních výrobků se značkou ČZ určených pro tuzemský i zahraniční trh. Spektrum výrobních oborů v ČZ je doplněno o produkci vysokozdvíhových vozíků s tradiční značkou DESTA. Za účelem podpory jejich prodeje je založena společnost JZA, a.s. Praha, kde ČZ a.s. je v současnosti jediným akcionářem.

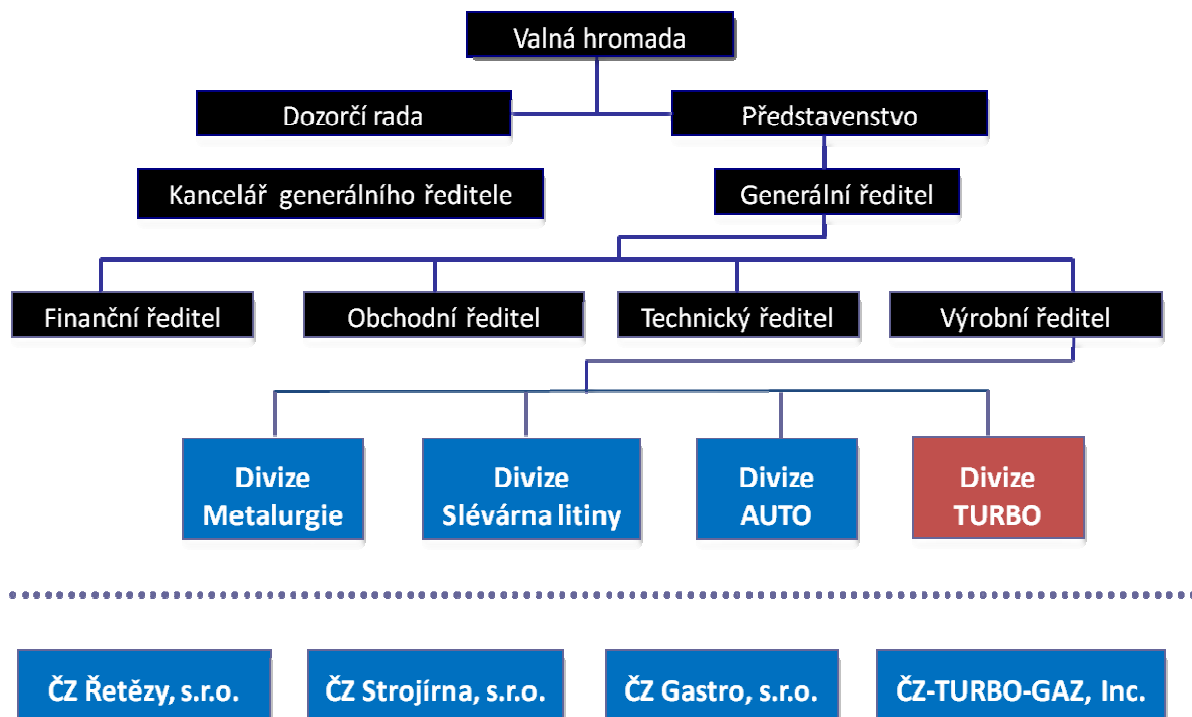
Strategickým cílem ČZ je široké zapojení do dodavatelských řetězců velkých nadnárodních společností z automobilového průmyslu. Firma disponuje komplexními technologickými

kapacitami na velmi dobré úrovni, uplatňuje systém řízení jakosti podle mezinárodních norem a zavádí systém environmentálního managementu.

ČZ a.s. má ambice stát se moderním strojírenským podnikem, orientovaným na potřeby zákazníka, s nímž dokáže spolupracovat od fáze vývoje výrobku. Jejím cílem je rozvíjet prioritně obory s vyšší přidanou hodnotou a zaměřovat se na dodávky výrobků na vyšším stupni zpracování. Postavení společnosti jako spolehlivého obchodního partnera je založeno, mimo jiné, na existenci konsolidovaných vlastnických poměrů, kdy plných sto procent základního kapitálu je v soukromých rukou a stávající koncentrace vlastnictví vytváří předpoklad pro efektivní a skutečně účinné řízení. [iz1]

## 1.2 Organizační schéma

Obr. 1.2 Organizační schéma ČZ a.s. [iz2]



### 1.3 Historie divize Turbo:

1976 Licenční smlouva s KKK (Německo)

pro K27 a K36 turbodmychadla

1980 Start výroby turbodmychadel

1986 Vypršení licenční smlouvy bez závazků

1993 Založení Divize Turbo

1994 Start sériové výroby turbodmychadel C1

1995 Certifikace ISO 9001

1997 První dodávky pro společnost John Deere

2004 Certifikace ISO 14001

2005 Představení CZ VTG Turbo

2006 Titul Dodavatel roku udělen společností John Deere

2008 Představení turbodmychadla C09 pro 1 až 3 litrové motory

2009 Start sériové výroby pro AGCO Sisu Power

Představení turbodmychadla C31,32 pro 9 to 13 litrové motory

2013 ISO/TS 16949

*Obr. 1.3 Regulované turbodmychadlo*



## **2 Technologický projekt montáže turbodmychadel**

### **2.1 Zadání**

Tento projekt byl zadán na základě požadavku divize Turbo zvýšit stávající výrobní kapacitu a zkvalitnění montážních operací na tzv. malé montáži turbodmychadel. Na tomto pracovišti jsou kompletována a zkoušena TD řady C1. Nárůstem kapacity montáže se předpokládá dodržování závazných dodacích termínů turbodmychadel pro stávající zákazníky a zajištění co nejvyšší kvality vyráběných dílů. U zbylé navýšené výrobní kapacity se předpokládá využití pro získání nových zákazníků, a tím zlepšit svou stávající pozici na celosvětovém trhu.

### **2.2 Výrobní program divize Turbo:**

Výrobní program divize Turbo tvoří výrobu turbodmychadel řad C1, C2, C3, K2 a K3 s více než třiceti typy kompresorových charakteristik a třiceti typy turbinových charakteristik určené pro spalovací diesellové motory užitkových a zemědělských vozidel.

Vyráběné varianty TD:

S nebo bez waste gate

Vodou chlazené ložiskové skříně

Vodou chlazené turbinové skříně

Kompresory s recirkulační drážkou

Turbinové skříně s pevnou geometrií

Turbinové skříně s variabilní geometrií

### **2.3 Rozbor výroby turbodmychadel v rámci ČZ a.s**

Hliníkové odlitky pro TD jsou odlévány v divizi SLÉVÁRNA HLINÍKU tlakovým a nízkotlakým litím. Odlitky ze šedé a tvárné litiny jsou odlévány a apretovány v divizi SLÉVÁRNA LITINY. Využití podnikových sléváren zajišťuje vysokou flexibilitu k požadovaným výrobkům a krátké distribuční toky. Tyto odlitky jsou nakupovány divizí auto, kde probíhá jejich obrobení. Tyto obrobky pak nakupovány divizí turbo. Ostatní materiál do výroby je dodáván od certifikovaných dodavatelů. Rotující díly, rotor, dmychadlové kolo, radiální ložisko a díly z AL se pak vyrábí v divizi Turbo.

## 2.4 Popis stávajícího stavu montáže turbodmychadel

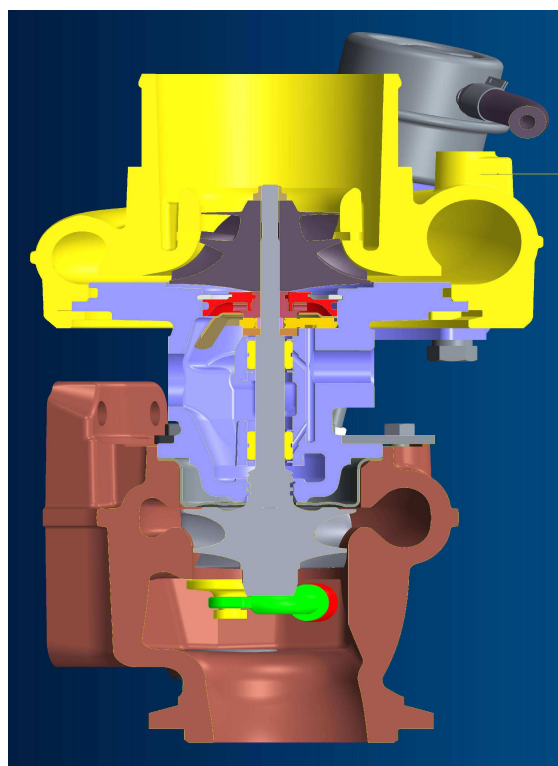
Divize Turbo má v současné době 2 oddělené prostory montáží. V prostoru č. 1 se nachází „malá montáž“, jsou zde kompletovány turbodmychadla modelové řady C1 dělené na typy C12, C13, C14. V 2. prostoru jsou kompletována TD řady C2, C3, K2 a K3.

## 2.5 Rozbor technologie výroby turbodmychadel

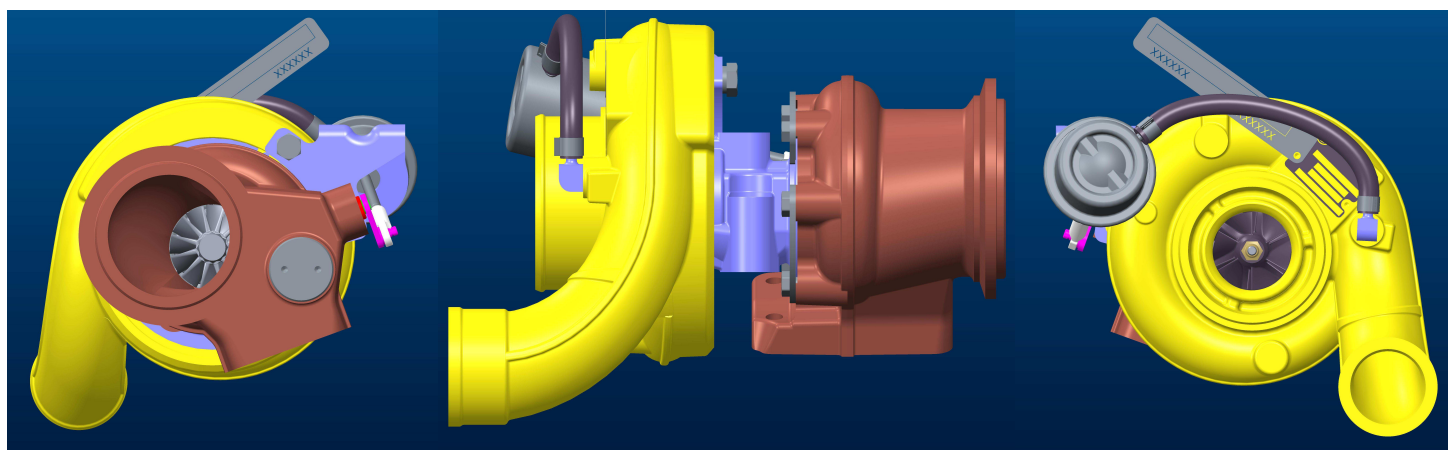
Jelikož se na „malé montáži“ kompletuje více typů dmychadel, popíši zde výrobu TD typu C13.

### Montážní postup TD C13:

- 01 Montáž ložisek do LS
- 03 Montáž ložiska klapky
- 02 Navaření páky klapky
- 03 Montáž zátky
- 04 Montáž LU
- 05 Tlaková zkouška LU
- 06 Zkouška vibrací TD, vyvážení rotoru
- 07 Montáž dmychadlové skříně na LU
- 08 Montáž Turbinové skříně
- 09 Úprava hadice
- 10 Montáž regulace
- 11 Konečná kontrola

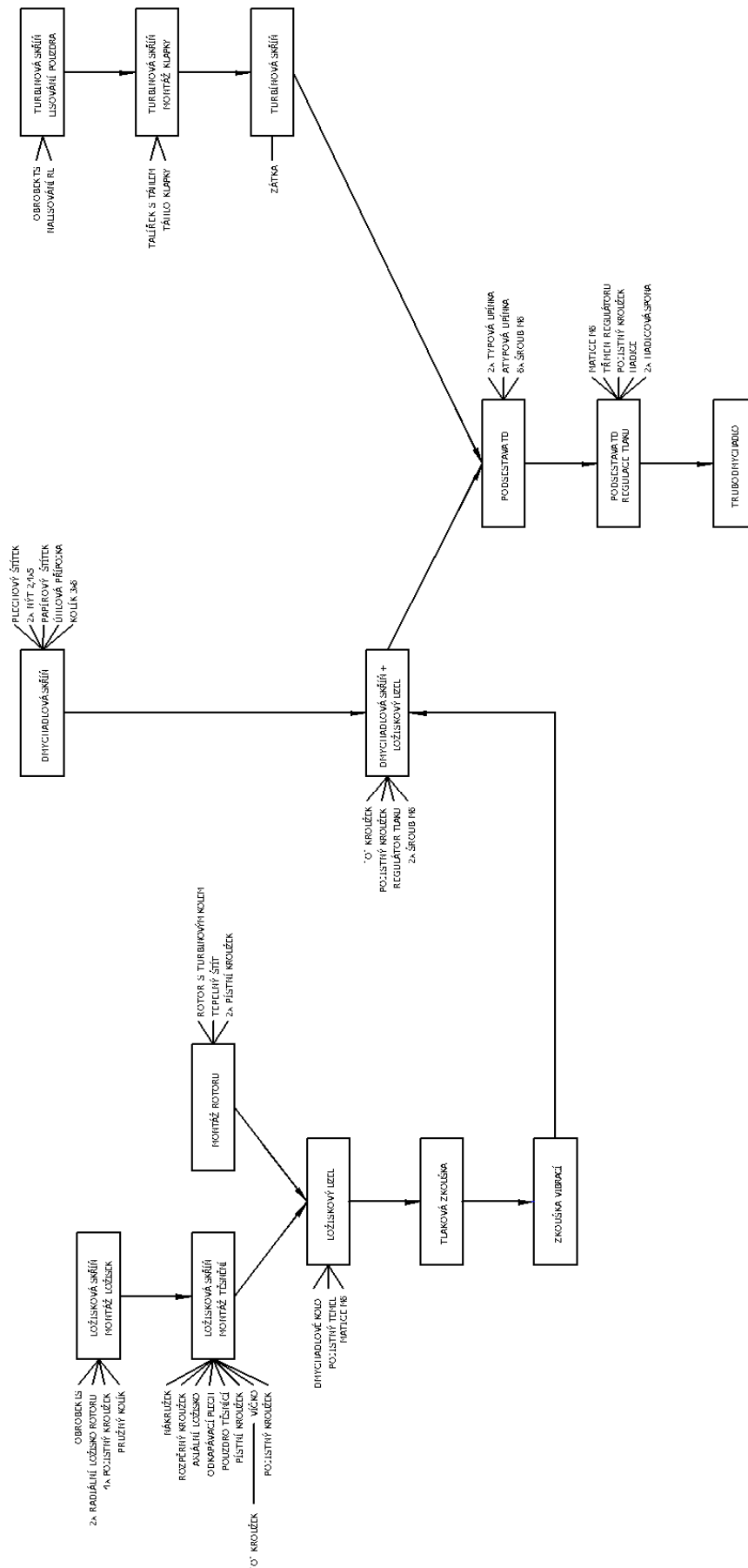


Obr. 2.5.1 Turbodmychadlo typ C13 - řez

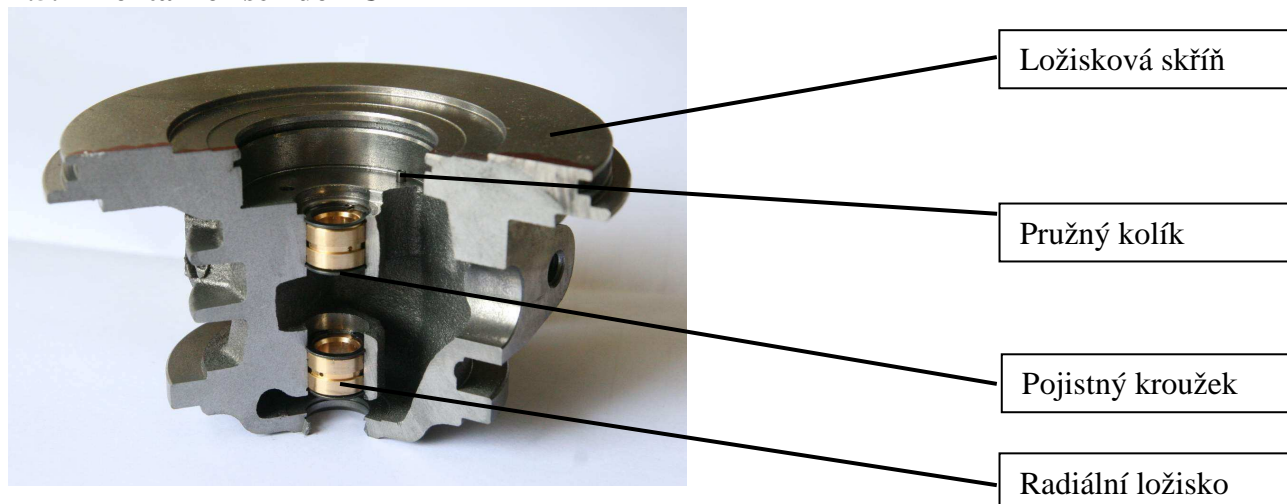


Obr. 2.5.2 Turbodmychadlo typ C13

**Schéma montážního procesu C13**



### 2.5.1 Montáž ložisek do LU



Obr. 2.5.1.1 Ložiskový uzel

Do ložiskové skříňe vložit z vnitřní strany pojistný kroužek. Kroužek domáčknot do dorážky montážním trnem a zkontrolovat, zda je kroužek v drážce. Vložit radiální ložisko. Nasadit pojistný kroužek z vnější strany. Ložiskovou skříň otočit o 180° a provést stejné úkony pro druhé ložisko. Narazit pružný kolík narážečem na dno otvoru. Z boku narazit radiální ložisko páky klapky.

### 2.5.2 Montáž ložiska klapky

Nalisovat radiální ložisko do TS

### 2.5.3 navaření páky klapky

Páku klapky smontovat, vložit do turbinové skříňe, domáčknot a zajistit svěrkou ve správné poloze. Turbinovou skříň s nasazenou pákou upnout do svařovacího přípravku. Klapku dotáhnout do polohy zavřeno a pomocí šroubu upnout. Vložit páku táhla do svařovací lišty. Svařit metodou TIG v ochranné atmosféře Argon 4.8. Uvolnit z přípravku. Provést kontrolu pohyblivosti klapky v axiálním a radiálním směru. Visuelně kontrolovat těsnost talířku a kolmost páky na osu. Visuelní kontrola provedení svar.

### 2.5.4 Montáž zátky

Zátku připevnit na turbinovou skříň pomocí pneumatického utahováku na moment 12 +3 Nm. Zátku zajistit proti vytočení. Razníkem zátku roztemovat v místě vybrání turbinové skříňe nebo roztemovat pomocí lisu.

### 2.5.5 Montáž ložiskového uzlu

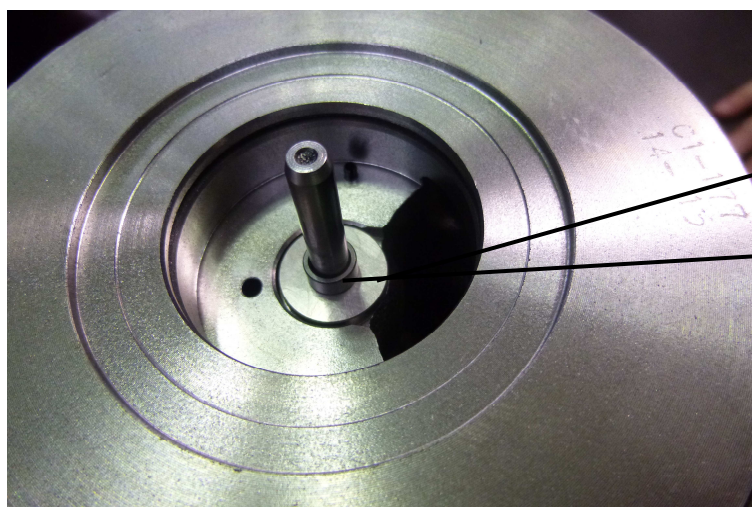
Na montážní trn nasadit předmontovanou ložiskovou skříň, vložit nákrůžek, rozpěrný kroužek, axiální ložisko a odkapávací plech. Do těsnícího pouzdra zasunout pístní kroužek a orientovaně nasunout do víčka tak, aby zámek pístního kroužku byl orientován na vstupní hrdlo oleje. Na víčko nasadit „O“ kroužek a ponořit do oleje tak, aby došlo k jeho promazání (neponořit celé víčko). Vložit víčko do LS a zajistit kleštěmi pojistný kroužek.



*Obr. 2.5.4 Montáž nákrůžku*

Ložisková skříň

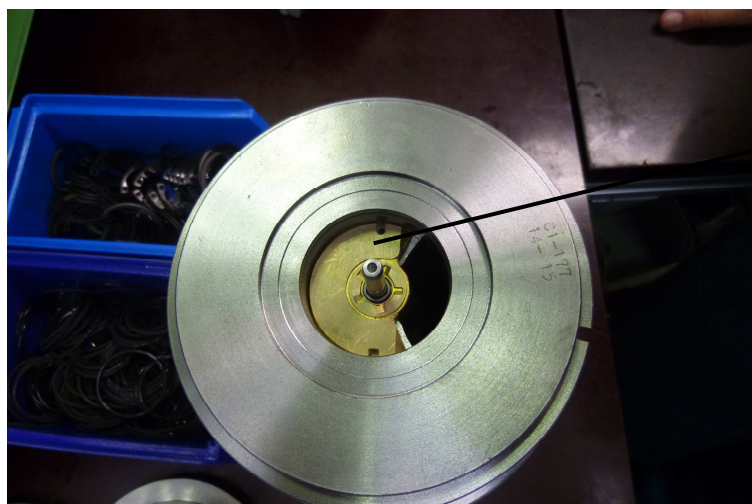
Nákrůžek



*Obr. 2.5.4 Montáž rozpěrného kroužku*

Nákrůžek

Rozpěrný kroužek

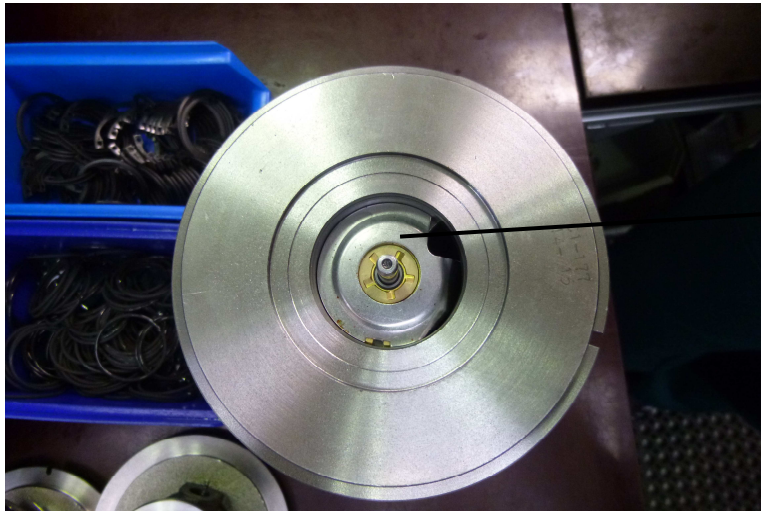


*Obr. 2.5.4 Montáž axiálního ložiska*

Axiální ložisko

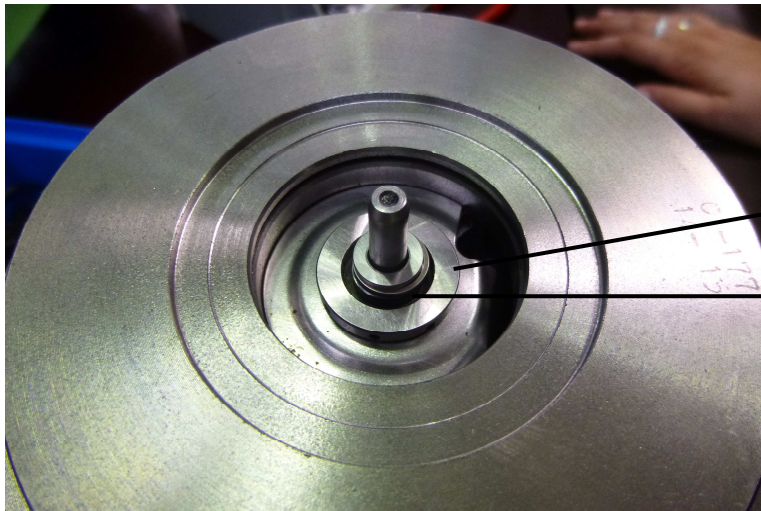


*Obr. 2.5.4 Montáž odkapávacího plechu*



Odkapávací plech

*Obr. 2.5.4 Montáž těsnícího pouzdra s pístním kroužkem*



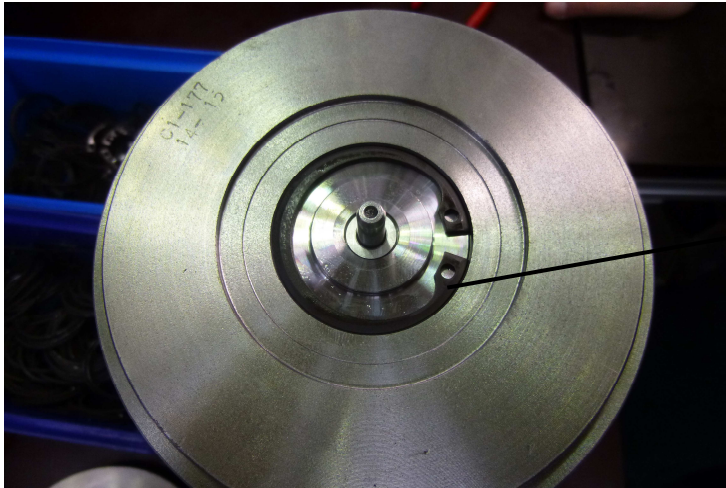
Pouzdro těsnící

Pístní kroužek

*Obr. 2.5.4 Montáž víčka*



Víčko s „O“  
kroužkem



Obr. 2.5.4 Montáž pojistného kroužku

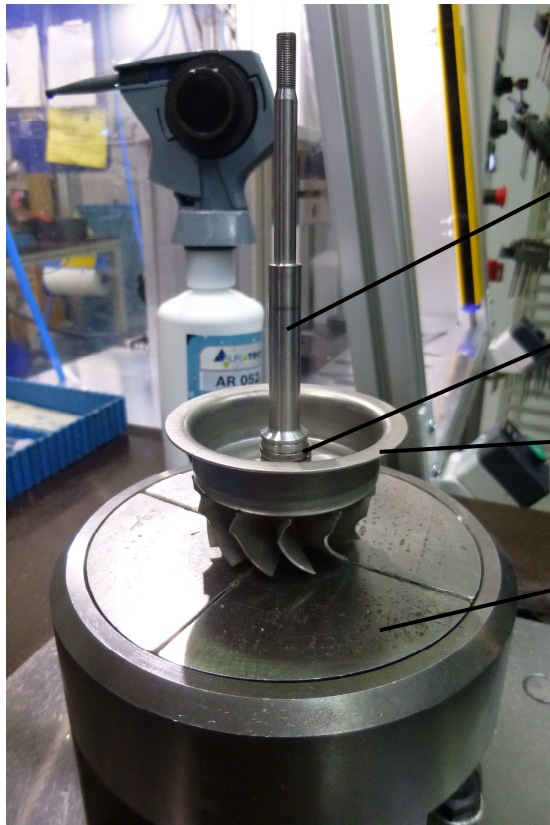
Pojistný kroužek

Sestavu vyjmout z trnu a ložiskový uzel vložit do montážního přípravku lisu, domáčknout víčko a pojistný kroužek. Rotor upnout do přípravku, nasadit dva pístní kroužky přesazené vůči sobě o  $180^\circ$  a tepelný štít. Nasadit sestavu ložiskového uzlu do montážního přípravku, měřit vzdálenost čela těsnícího pouzdra na čelo průměru vybrání v zadní stěně pro dmychadlové kolo v nejvyšším místě. Vůle min. 0,97, max. 1,30. Nasadit vzorové kolo dmychadla, přiložit dmychadlovou skříň a měřit mezeru jako axiální pohyb dmychadla. Vůle min. 0,30 max. 0,50. Nasadit vzorovou turbinovou skříň a měřit mezeru jako axiální posuv rotoru. Vůle min. 0,40 max. 0,70. Sestavu otočit a upnout za šestihran do svěráku. Na rotor nasadit kolo dmychadla zahřáté na teplotu max.  $130^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ . Nanést jistící lak TM 44 v dostatečném množství na závit rotoru a natočit matici. Aby pojištění bylo funkční, po zchladnutí dotáhnout utahovacím momentem  $5 \text{ Nm} + 1 \text{ Nm}$ .



Obr. 2.5.4 Domáčknutí pojistného kroužku na lisu

Domáčknutí víčka a pojistného kroužku



Obr. 2.5.4 Montáž rotoru LU

Rotor

Pístní kroužky

Tepelný štít

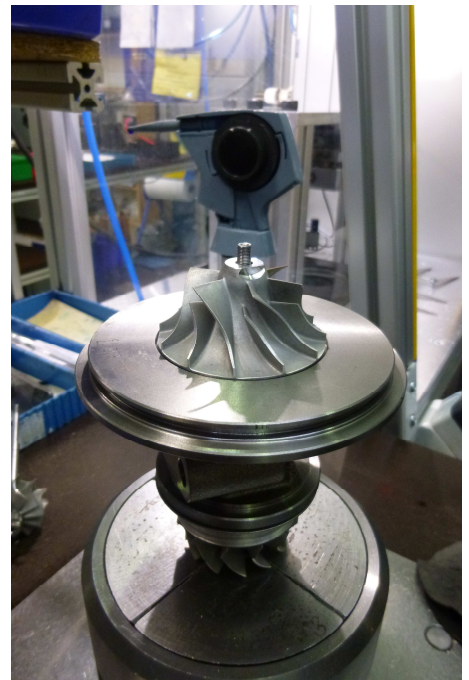
Upínací přípravek



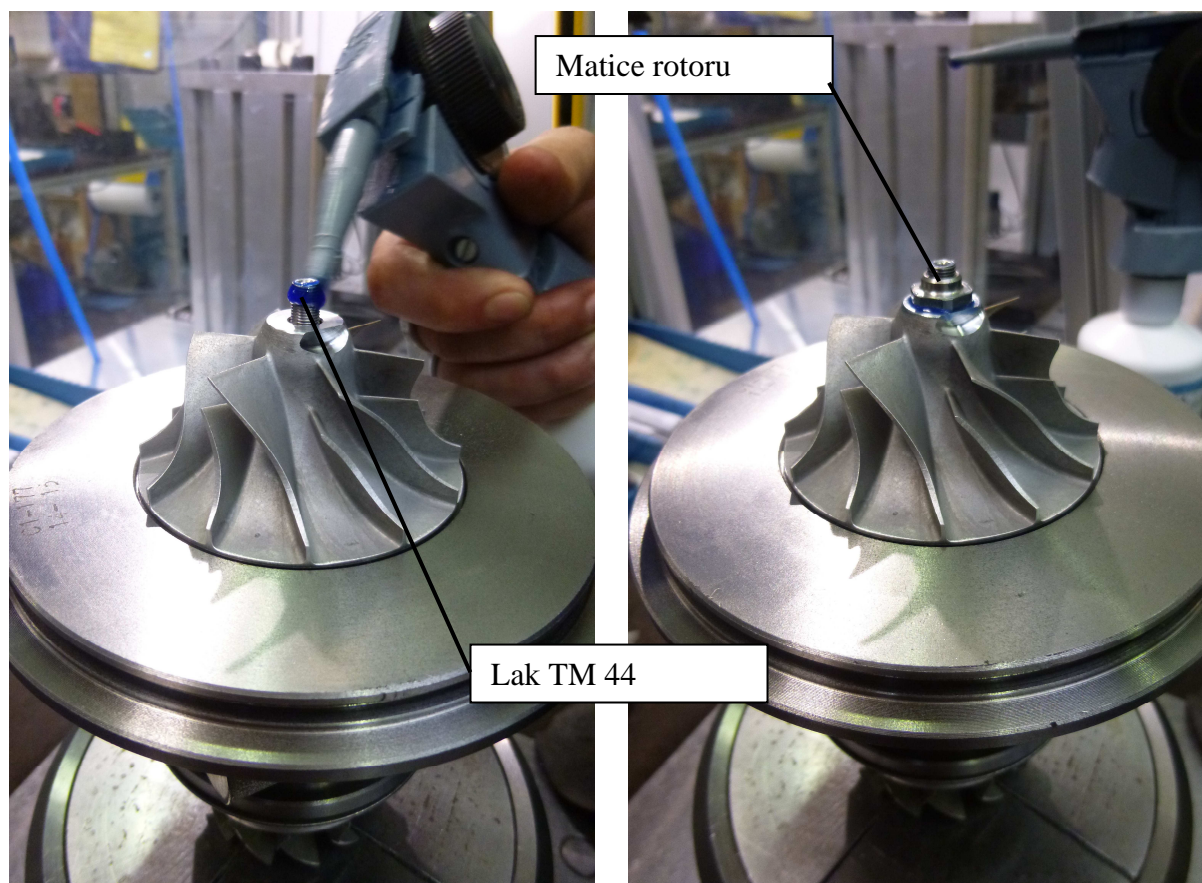
Obr. 2.5.4 Nasazení LU



Obr. 2.5.4 měření vzdálenosti čela těsnícího pouzdra na čelo průměru vybrání



Obr. 2.5.4 Nasazení LU

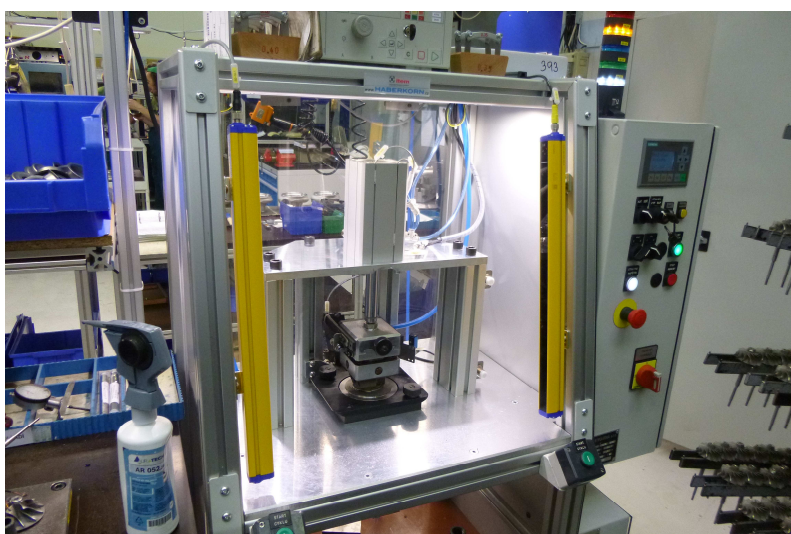


Obr. 2.5.4 Nanesení jistícího laku

Obr. 2.5.4 Nasazení a utažení matice

### 2.5.6 Tlaková zkouška ložiskového uzlu

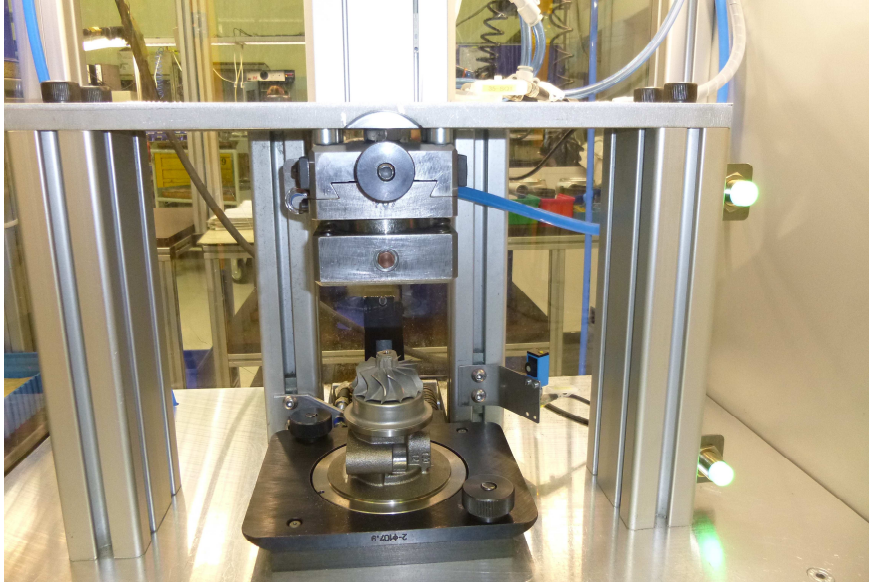
Do upínacích čelistí tlakovacího zařízení TZ05 vložit ložiskový uzel tak, aby těsnění ložiska byly kolmé na hranu desky. Spárovými měrkami měřit vůli tepelného štítu min. 0,70 max. 1,02. Stisknout současně tlačítka dvouručního ovládání. Tím dojde k upevnění obrobku upínacími kleštinami a k sevření měřících kleští. Pokud sestava vyhovuje stanoveným



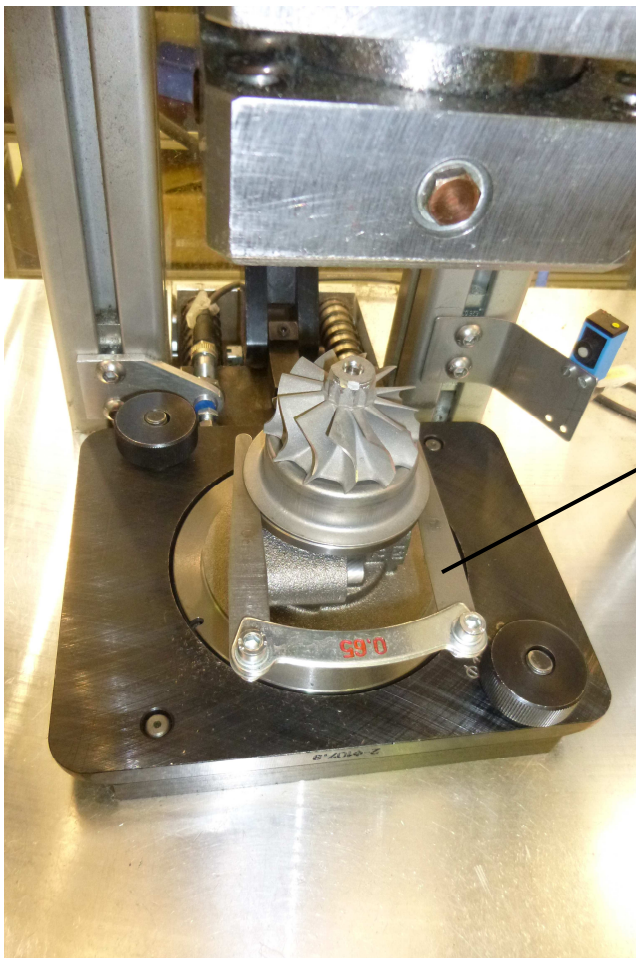
Obr. 3.5.1 Tlakovací zařízení TZ05

podmínkám tlakové zkoušky, rozsvítí se zelená kontrolka. Po dalším stisknutí tlačítek dvouručního ovládání dojde k vyražení kontrolního znaku „X“ do ložiskové skříně a uvolnění

kleští. Pokud se rozsvítí červená kontrolka a zazní zvukový signál, sestava turbodmychadla není v pořádku a po opětovném stisknutí tlačítek dvouručního ovládání nedojde k vyražení kontrolní značky „X“. Kleště se uvolní. Nevyhovující sestava se demontuje. Provede se zjištění závady a její oprava. Opět se provede kontrolní tlaková zkouška.



*Obr. 3.5.1 Ustavení ložiska do zařízení*

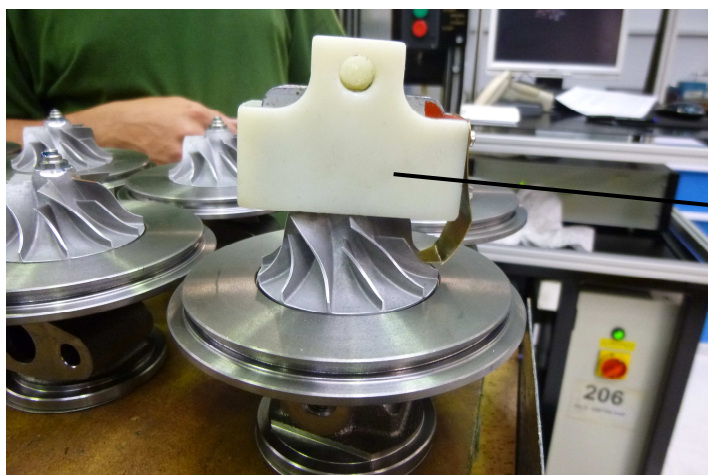


*Obr. 3.5.1 Měření vůle tepelného štítu*

Spárová měrka

## 2.5.6 Zkouška turbodmychadla, vyvážení LU

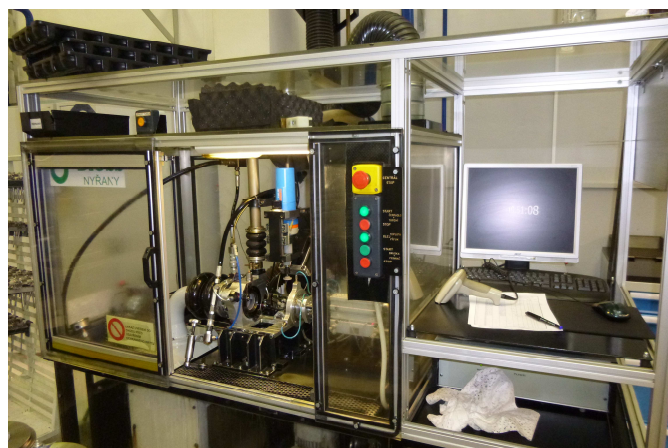
Zmagnetovat matici rotoru a konec rotoru magnetizačním přípravkem v době min. 10 sekund.



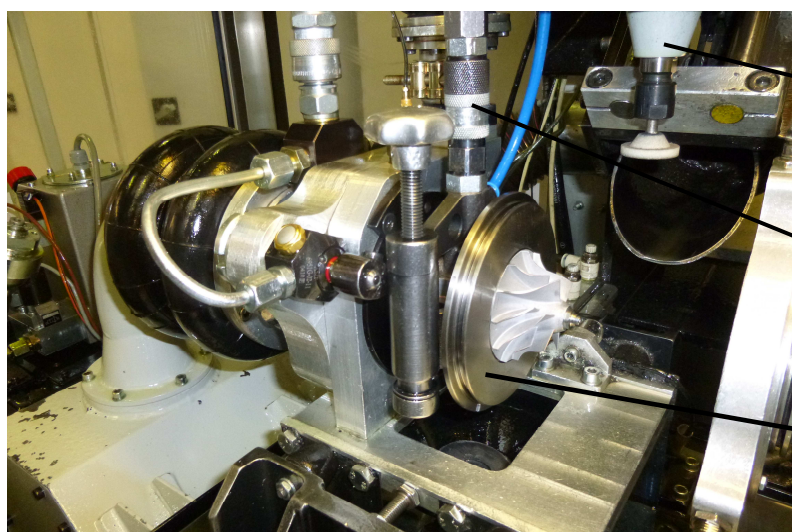
Obr. 3.5.1 Měření vůle tepelného štítu

Magnetizační  
přípravek

Vložit zkoušený LU turbínovým kolem do upínacího lůžka na vyvažovací stroji tak, aby otvor pro přívod tlakového oleje byl nahoru. Uzel v lůžku upevnit roztažením upínacích pák. Načíst čtečkou čárového kódu čárový kód LU. Upevnit hydraulické kleště na ložiskový uzel na vstupu tlakového oleje do LU a spustit čerpadlo. Zavřít dveře pracovního prostoru. Tím se spustí automatický kontrolní chod vyvažovacího stroje.



Obr. 3.5.1 Měřící zařízení VTD01, VTD02



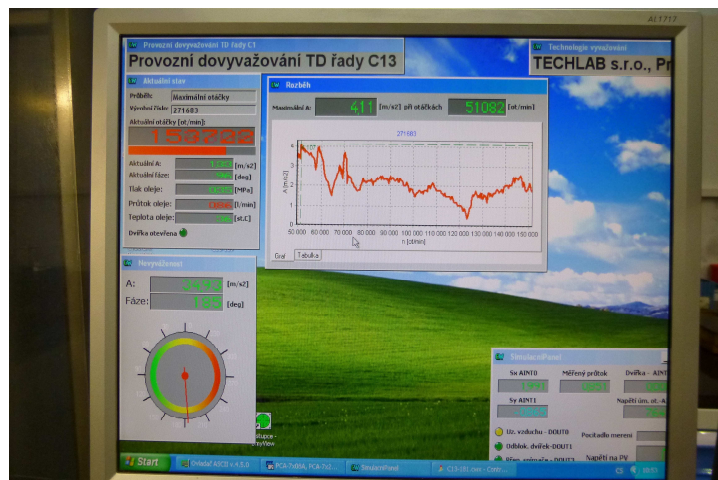
Bruska pro  
vyvážení

Přívod tlakového  
oleje

Ložiskový uzel

Obr. 3.5.1 Měření vůle tepelného štítu

Po změření a zaznamenání charakteristik se ukončí cyklus chodu a uvolní se zámek dveří. Na obrazovce se zobrazí výsledek měření.



Obr. 3.5.1 Průběh měření na obrazovce

a) Pokud má LU v celém rozsahu otáček zrychlení vibrací menší než  $10\text{m/s}^2$ , je považován za dostatečně vyvážený. Vypnout hydraulický agregát a z LU vyfoukat olej automatickým výfukem. Otevřít dveře pracovního prostoru, sejmut hydraulické kleště upínacích pák. Vyjmout LU z upínacího lůžka a odložit do odkapávacího prostoru s orientací výstupu oleje směrem dolů. Doba odkapání 1 pracovní cyklus. Odkapaný LU odložit do palety

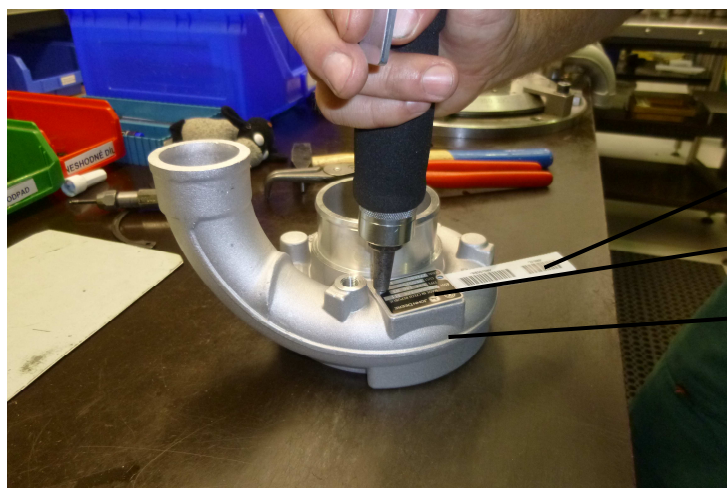
b) Pokud má LU vibrace větší než  $50\text{m/s}^2$  nelze jej na vyvažovacím stroji vyvážit. Vypnout hydraulický agregát a z LU vyfoukat olej automatickým výfukem. Otevřít dveře pracovního prostoru, sejmut hydraulické kleště upínacích pák. Vyjmout LU z upínacího lůžka a odložit do odkapávacího prostoru s orientací výstupu oleje směrem dolů. Doba odkapání 1 pracovní cyklus. Odkapaný LU odložit mezi kusy určené na opravu.

c) Pokud má LU v celém rozsahu otáček zrychlení vibrací  $10 - 50\text{m/s}^2$  je nutno ložiskový uzel vyvážit. Vypnout hydraulický agregát. Na zadní stěnu LU přes kolo dmyhadla přiložit vyvažovací šablonu s úhlovým dělením tak aby 0 na šabloně byla v horní poloze. Po odbroušení nevývažku se natočí rotor tak, aby byla levá lopatka lopatkového kanálu označená barvou ukazovala na úhel vyvažovací šablony shodný s údajem „NEVYVÁŽENOST“ na monitoru. Velkou pákou přesuňte suport brusky do výchozí polohy tak, aby brusný kotouč byl těsně nad maticí rotoru a v této poloze zajistit suport západkou na páce. Zapnout brusku, současně se zapne i odsavač třísek. Jemným posuvem přisunout brousící kotouč k matici

rotoru a broušením odstranit z matice rotoru „nevývažek“. Po ukončení broušení zvednout brusný kotouč a vypnout brusku. Uvolnit západku páky a přesunout suport brusky mimo pracovní polohu. Sejmout vyvažovací šablonu. Spustit hydraulický agregát tlakového oleje a opět spustit kontrolní cyklus. Při dosažení vyvážení, kde bude zrychlení vibrací menší než 10 m/s<sup>2</sup> postupovat dle bodu a) jinak opakovat c) nebo b).

### 2.5.8 Montáž dmychadlové skříňě na ložiskový uzel

Na dmychadlovou skříň připevnit plechový štítek dvěma nýty 2,4x5 Revelit. Pod plechový štítek připevnit papírový štítek s čárovým kódem. Namontovat úhlovou přípojku v požadovaném směru. Narážecem připevnit kolík 3x6. Montáž „O“ kroužku do LS. Poté do dmychadlové skříňě vložit orientovaně smontovaný ložiskový uzel a spojení zajistit pojistným kroužkem JB 118. Pojistku orientovat tak, aby překrývala kolík 3x6. Sestavu vyjmout z přípravku, položit na stůl. Pneumatickým stahovačem připevnit držák regulátoru.

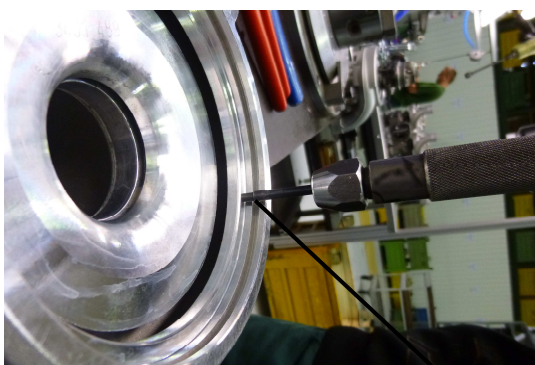
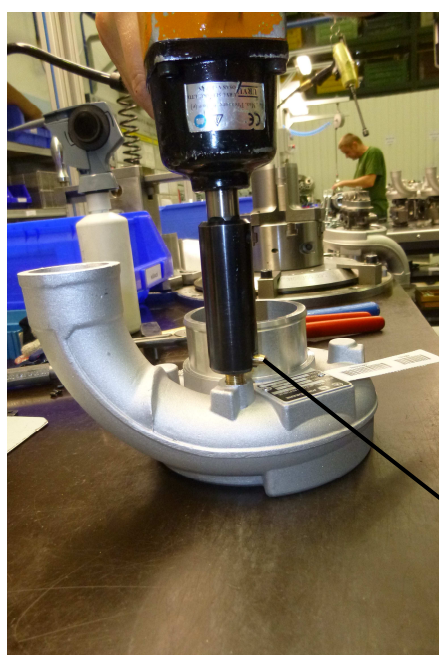


Obr. 3.5.1 Montáž plechového štítku

Čárový kód

Plechový štítek

Dmychadlová skříň



Obr. 3.5.1 Montáž kolíku

Úhlová přípojka

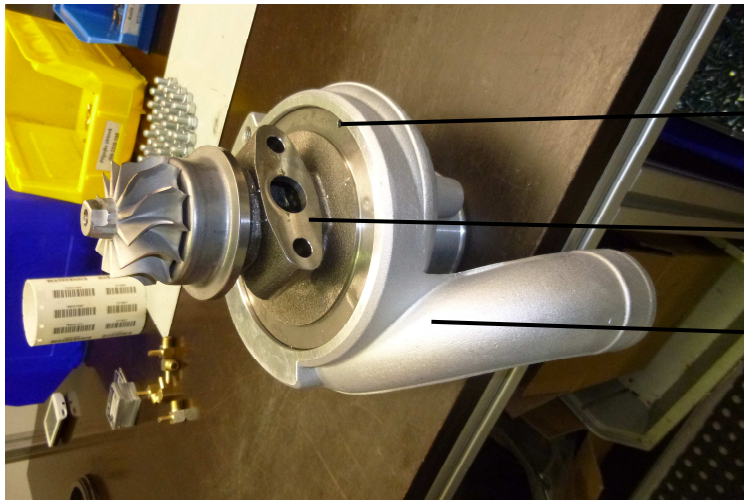
Kolík 3x6





*Obr. 3.5.1 Montáž „O“ kroužku do LS*

„O“ kroužek



*Obr. 3.5.1 Vložení LU do DS*

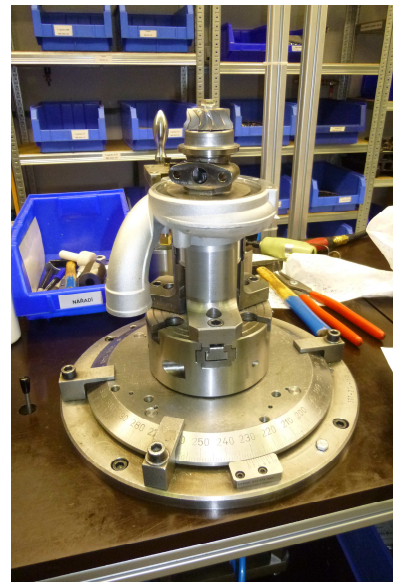
Otvor orientace

LU

DS



*Obr. 3.5.1 Otvor orientace LU v DS*



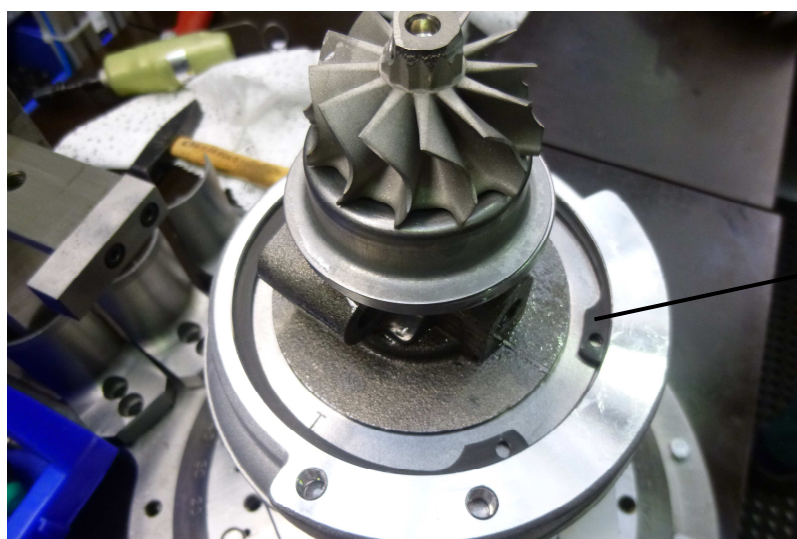
*Obr. 3.5.1 Upnutí do přípravku*



*Obr. 3.5.1 Montáž pojistného kroužku*

Kleště

Pojistný kroužek



*Obr. 3.5.1 Montáž pojistného kroužku*

Ustavený pojistný kroužek



*Obr. 3.5.1 Montáž regulátoru tlaku*

Držák regulátoru tlaku

2x Šroub M6

Regulátoru tlaku

### 2.5.9 Montáž Turbinové skříně

Turbinovou skříň položit na montážní stůl, zkontrolovat správný typ jádra TS. Do turbinové skříně vložit předmontovaný LU s DS. Polohovat dle příslušného výkresu zástavby. Správnou polohu udává též upínka. Turbinovou skříň upevnit pomocí 2 ks typových T upínek a 1 ks atypové upínky. Ty se zajistí 6 ks šroubů M6. Závity šroubů se namažou pastou COPASLIP. Montáž T upínek je nutné začít u prvního šroubu ve směru spalín. Atypovou upínku namontovat jako poslední. Šrouby dotáhnout ručním plochým momentovým klíčem. Šrouby M6 utáhnout na moment 11 Nm. Visuelně kontrolovat vůli mezi turbinovým kolem a turbinovou skříní.



Obr. 3.5.1 Uložení LU s DS do TS

Předmontovaný LU  
a DS

Turbinová skřín



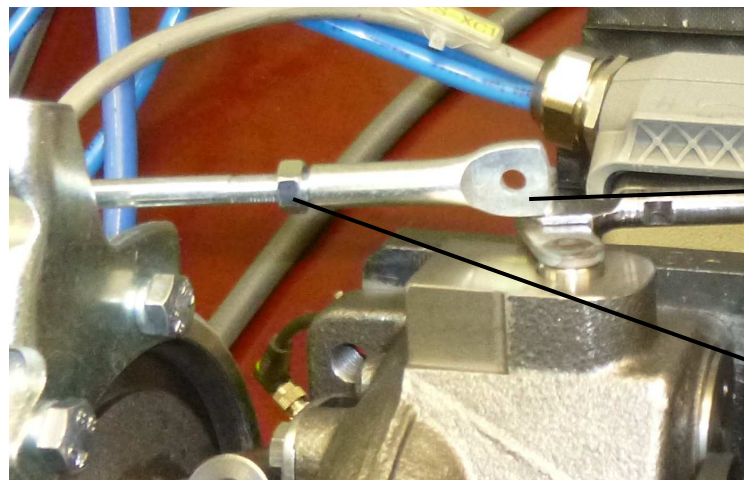
Obr. 3.5.1 Upnutí upínkami

Upínka

Šroub M6

## 2.5.10 Nastavení tlaku regulátoru

Na závit táhla regulátoru natočit matici M6 a třmen.



Obr. 3.5.1 Montáž třmenu s maticí M6

Třmen regulátoru

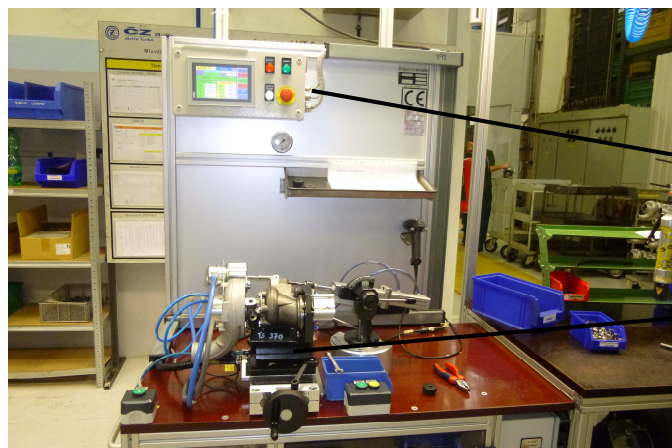
Maticice M6

Na ovládání tlakovací stanice nastavit příslušný typ turbodmychadla. Zařízení tlakovací stanice seřídít na příslušný typ TD – výměna upínače, nastavení upínače.

Do upínače ustavit TD s instalovanou maticí a třmenem na táhlu regulátoru a pomocí nožního spínače upnout. Načíst čárový kód a nasadit hadici na regulátor tlaku, nasadit třmen na čep páky táhla společně s vidličkou regulace. Stisknutím zelených tlačítek dojde k natlakování turbodmychadla na požadovaný tlak. Nasadit očko třmenu na čep páky táhla klapky, matici dotáhnout na čelo třmenu a nasadit pojistný kroužek pro zajištění třmenu na čepu táhla. Znovu stisknout obě zelená tlačítka a stanice provede opakovanou kontrolu regulátoru.

Pokud regulátor vyhovuje přednastaveným parametrům, rozsvítí se zelená kontrolka a měřící cyklus je ukončen. Obsluha ručně odsune nastavovací vidlici, odpojí hadici od regulátoru a nožním spínačem turbodmychadlo uvolní a vyjme z upínače a odloží.

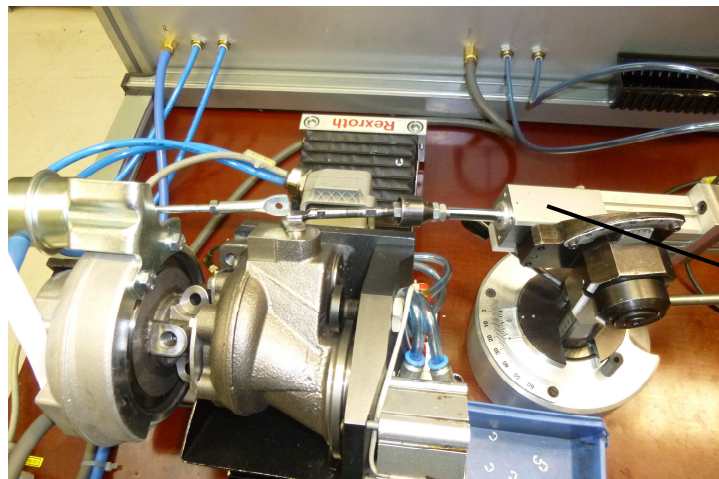
Pokud se rozsvítí červená kontrolka, měřící stanice hlásí nestandardní regulátor. Testované turbodmychadlo se odpojí od přívodu vzduchu, odepne se z upínacího přípravku a uloží se k výměně regulátoru. Po výměně regulátoru se provede opět nové nastavení a měření.



Obr. 3.5.1 Tlakovací stanice

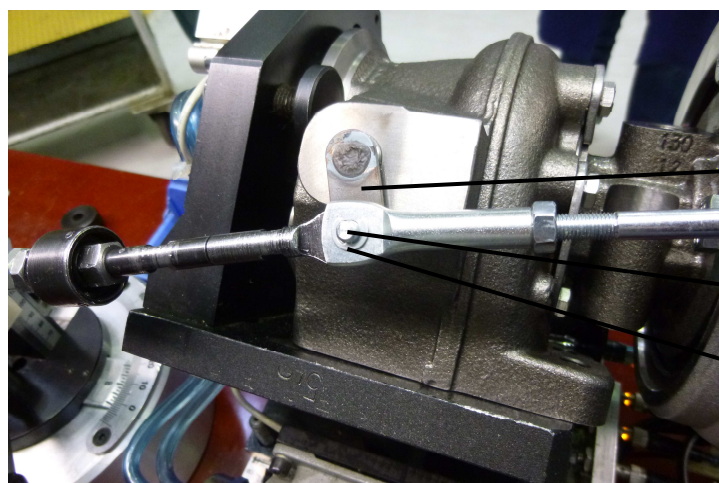
Ovládání tlakovací stanice

Upínací přípravek



Obr. 3.5.1 Natlakování TD

Zařízení pro seřízení páky klapky



Obr. 3.5.1 Nasazení třmenu na čep táhla a zajištění pojistným kroužkem

Páka táhla

Čep táhla klapky

Pojistný kroužek

### 2.5.10 Úprava a instalace hadice

Úprava hadice: hadici ustavit do přípravku k dorazu. Stříhat na potřebnou délku 160 mm. Odložit do palety. U každého 10. ks kontrolovat délku.

Instalace hadice: na hadici regulátoru nasunout 2x hadicovou sponu, volný konec hadice nasunout na hrdlo regulátoru a úhlovou přípojku. Pomocí speciálních pneumatických kleští stáhnout spony a zajistit tak hadici.



Obr. 3.5.1 Instalace hadice

Hadicová spona

Hadice

### 2.5.12 Konečná kontrola

1. Kontrola štítkových údajů
2. Kompletnost regulační části
3. Natočení dmychadlové a turbinové skříně měřit úhломěrem
4. Visuelně kontrolovat správnost použití turbinové skříně
5. Visuelně kontrolovat vůli mezi dmychadlovým kolem a dmychadlovou skříní, vůli mezi rotorem a turbinovou skříní, zároveň deformaci lopatek dmychadlového kola a rotoru
6. 1x za týden kontrolovat zástavbové rozměry
7. Kontrolovat montáž pojistného kroužku, ověřit, zda se DS neprotáčí, funkčnost spoje
8. Visuelní kontrola kompletnosti TD (šrouby, spony, zátky) 100%
9. Kontrolovat utahovací momenty měřícím klíčem Torqueleader dle předepsaných velikostí namátkově

## 3 Montážní pracoviště

### 3.1 Obecný popis montáže

Ve výrobním procesu bývá zpravidla montáž závěrečnou částí. Montáž je soubor činností lidí, strojů a zařízení v montážním systému, jehož vykonáváním ve stanoveném pořadí vznikne z jednotlivých součástí a montážních celků hotový výrobek.

#### 3.1.1 Pracovní činnost montáží:

Druhy a rozsahy činností jsou dány typem a charakterem výroby v kusové a malosériové hlavně manuální výrobě. Ve velkosériové a hromadné výrobě jsou tyto činnosti mechanizovány a automatizovány. Především manipulace, skladování a spojování součástí a montážních celků patří do montáže konečného výrobku.

#### 3.1.2 Druhy montážních systémů:

Montážní systém je zaměřen na určité spektrum výrobku a má tyto obecné charakteristické faktory:

**Materiálové** – montované součásti a cekly, montážní prostředky

**Dispoziční** – návrh plánování a řízení montáže

**Operativní** – montážní dělníci, rozčlenění a pořadí dílčích montážních operací, informace vyplývající z výrobní zakázky technických výkresů, montážního postupu a programu...

### **3.1.3 Druhy podle způsobu vykonávání činností:**

**Ruční nebo částečně mechanizované** – ruční pracoviště

**Strojní** – mechanizované a automatizované montáže

### **3.1.4 Členění montážních pracovišť:**

#### **Stacionární (nepohyblivá) montáž:**

Montovaný celek se při montáži nepohybuje, zůstává na jednom místě a pohybují se pracovníci. Montáž jednoho výrobku provádí skupina pracovníků a u složitější montáže se střídají specializované skupiny pracovníků. Při montáži více výrobků najednou na montážním pracovišti skupiny pracovníků přecházejí postupně od jednoho výrobku k druhému a montáž je prováděna ve fázích. Tento typ montáže je typický pro kusovou a malosériovou výrobu například výroba obráběcích strojů.

#### **Nestacionární (pohyblivá) montáž:**

Montovaný celek se pohybuje v montážní lince a postupně se na jednotlivých pracovištích montují součásti nebo montážní celky. Pohyb montovaného výrobku mezi pracovištěm je volný (bez taktu) tzn., že pohyb si určují a provádí sami montážní pracovníci nebo nucený (plynulý) pohyb, který je typický pro velkosériovou výrobu. Pohyblivá montáž je charakterizována rozdělením montážních činností do jednotlivých pracovišť.

#### **Fázová (stacionární) montáž:**

Montážní činnosti se provádí na jednom pracovišti s universálním vybavením. Takt montáže je nepravidelný, montáž probíhá ve fázích.

#### **Skupinová (předmětná) montáž:**

Provádí se montáž jen některých skupin výrobku. Pracoviště jsou méně universální a pohyb mezi pracovišti nemusí být synchronizován. Čas montáže je kratší než u fázové montáže.

#### **Proudová (linková) montáž:**

Montáž je rozčleněna do několika pracovišť úzce specializovaných jen na určité operace. Pohyb mezi pracovišti je v pravidelném nebo nepravidelném taktu. Celkový čas montáže jednoho výrobku je v součtu poměrně krátký.

### 3.2.1 Rozbor současného stavu montáže

Stávající montážní pracoviště je navrženo jako nestacionární proudová ruční montáž.

Hlavní prostor stávající montáže C1 je zakreslen v příloze č. 2. Jednotlivá montážní pracoviště jsou situována v uzavíratelných prostorech o celkové ploše cca 150 m<sup>2</sup>. V levé části hlavního montážního prostoru je řešena menší kancelář pro směnového mistra a jídelní kout. V pravé části prostoru se rozkládá vlastní montážní linka.

V první části linky jsou 2 pracoviště tvořené dvěma montážními stoly s upínacími přípravky a ohřívací pecí včetně tlakovacího zařízení TZ 05. Provádí se zde montáž ložiskového uzlu a tlakování.

Druhou část linky tvoří dva zkušební a vyvažovací stavy VTD01 a VTD02. Zde je prováděna kontrola vibrací a na základě jejich vyhodnocení je provedeno i vyvážení rotoru.

Třetí část linky se skládá ze dvou montážních stolů a tlakovací stanice pro nastavení tlaku v regulátoru. Zde se provádí konečná kompletace TD a seřízení talku regulátoru. Po seřízení regulátoru je nasazena a zajištěna hadice. Tím je TD kompletně smontováno uloženo na vozík a převezeno na konečnou kontrolu odkud se zkontrolovaná TD přesunují do prostoru expedice.

## 4 Návrh nového stavu montáže

Nové montážní pracoviště bude řešeno jako nestacionární proudová ruční montáž prováděná na 2 montážních linkách.

Provedením stavebních úprav menšího rozsahu se provede zvětšení celkového řešení pracoviště. Bude vybourána stávající betonová příčka a plechová ohradová stěna. Pro oddělení pracoviště montáže od obrobny se zhotoví plechové ohradové stěny na nových pozicích. Tím dojde k propojení prostorů velké a malé montáže. Navrhované řešení nové montáže je zachyceno v příloze č. 3.

Pro zvýšení plynulosti výrobního toku směrem k expedici se přesune montáž ložiskového uzlu do uvolněného prostoru zrušením nevyužívané ostřírny nástrojů. Zde se budou montovat radiální ložiska do LU. Po smontování ložisek se převezou díly k navaření páky klapky. Po této operaci se díly dále přesunují na další operaci, kterou je montáž a roztemování zátky. Po provedení této operace, díly postupují do hlavního prostoru montáže. Zde je provedena konečná kompletace TD na 2 stejných montážních linkách.



Montáž ložiskového uzlu je prováděna na montážním stole s ohřívací pecí. Po kompletním smontování LU následuje tlaková zkouška v tlakovacím zařízení TZ05. Odzkoušené díly LU jdou dále na vyvažovací stav VTD01 a VTD02. Před založením dílů do stroje jsou rotory zmagnetovány magnetickým přípravkem pro zajištění snímání otáček. Po založení dílů do vyvažovacího stavu je spuštěn automatický cyklus simulace chodu TD a zároveň jsou měřeny vibrace rotoru. Pokud vibrace nesplňují přípustné hodnoty, je provedeno přímo ve stroji vyvážení odbroušením nevyvážku a opakování zkušebního cyklu. LU s vyváženým rotorem dále pokračuje na další montážní stůl s přípravky pro montáž DS. Na DS je namontován plechový štítek, úhlová přípojka a kolík pro ustavení polohy LU. Poté je vložen LU a zajištěn pojistným kroužkem. Na DS je připevněn regulátor tlaku a podsestava se přesune na další montážní stůl, kde je nasazena na TS a zajištěna pomocí upínek. Upínky ustavené ve správných polohách se zajistí 6 ks šroubů M6 a utáhnou se momentovým klíčem. Poté následuje operace seřízení regulátoru tlaku v regulační stanici. Po seřízení regulátoru se nasadí hadice a je dmychadlo hotové. Takto kompletní TD jsou ukládána na 3 policovém ručně vedeném vozíku a převezena do vyhrazeného prostoru pro díly určené ke kontrole po montáži. Zkontrolovaná dmychadla jsou přesunuta na k balení a expedici.

#### **4.1 Potřeba nových technologických zařízení**

Jelikož se montáž rozšíří z jedné montážní linky na nově dvě stejné montážní linky, bude nutné pořízení nového vybavení jako 4x montážní stůl, 1x nové tlakovací zařízení TZ05 a skříňky pro ukládání náradí

#### **4.2 Logistika**

##### **4.2.1 Sklady – náraziště materiálu a odlitků**

Drobné díly budou skladovány v logistických obalech a přepravkách. Ukládány budou do ocelových regálů přímo v prostoru montáže.

Hliníkové a litinové odlitky se budou skladovat a převážet v ohradových paletách 800 x 600 mm a budou zde uloženy ve vrstvách s PVC proložkami.

Rotory se ukládají do speciálně upraveného ručně vedeného vozíku připomínající stromečkový regál.

#### 4.2.2 Manipulace doprava

Manipulace s jednotlivými komponenty bude probíhat pouze ruční nebo pomocí ručně vedených vozíků.

Doprava dílů jako LU, DS a TS uložených v ohradových paletách bude probíhat nízkozdvížným elektrickým vozíkem v ohradové paletě přímo na pracoviště montáže.

### 4.4 Předpokládaná potřeba pracovních sil obecně

#### 4.4.1 Pracovníci THP

- **konstruktéři** – konstrukce turbodmychadel
- **technologové** – technologické postupy
- **kontrolor** – výstupní kontrola výrobků
- **směnový mistr** – dohled nad chodem montáže, sledování rozpracovanosti výroby, zajištění zásobování pracovišť montáže

#### 4.4.2 Pracovníci - montážní dělníci

- 7x montážní dělník – montáž předepsaných komponent
- 2x obsluha zkušebního stavu – zkoušení a vyvážení rotoru
- 1x svářeč – svařování páky

#### 4.4.3 Pracovníci - režijní dělník

- 1x výdejna – výdej nástrojů potřebných pro montáž
- 1x údržbář – řešení poruch strojů a zařízení

#### 4.4.4 Pracovníci – pomocný personál

- 1x převažec – zajišťování zásobování pracovišť

## 5 Kapacitní propočty

### 5.1 Propočet stávající montáže:

Stávající montáž TD C13 na 1 lince	
Název	čas/100 ks (Nmin)
Montáž radiálních ložisek	160
Montáž páky klapky	109
Montáž a roztemování zátky	114
Montáž + talkování LU	<b>425</b>
Zkouška vibrací, vyvážení	272
Montáž TS + seřízení regulace	380
Výstupní kontrola	226

Z uvedených hodnot vyplývá, že nejkritičtějším místem je montáž a tlakování LU, kde čas na kus činí 4,25 min. Z tohoto důvodu je takt linky závislý především na tomto pracovišti.

#### Čas za směnu

$$t_s = (t_t - t_p) \cdot 60 = (8 - 0,5) \cdot 60 = 450 \text{ min} / \text{smenu}$$

#### Objem výroby za směnu

$$Q_s = \frac{t_s \cdot v}{t_k} = \frac{450 \cdot 0,9}{4,25} = 95,2 \text{ ks} / \text{smenu}$$

#### Objem výrobků za rok

$$Q_r = Q_s \cdot s \cdot P_{MS} \cdot t_D = 95,2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 261 = 49695 \text{ ks} / \text{rok}$$

#### Takt celého montážního procesu

$$T_M = \frac{T_r \cdot s \cdot 60}{Q_r} = \frac{1920 \cdot 2 \cdot 60}{49695} = 4,64 \text{ min} / \text{ks}$$

**Rytmus montážního procesu**

$$R_M = \frac{t_s - t_{pp}}{P_{MS} \cdot Q_s} = \frac{450 - 10}{1,95,2} = 4,62 \text{ min/ ks}$$

**5.2 Propočet nové montáže:**

<b>Nová montáž TD C13 na 1 z 2 linek</b>	
<b>Název</b>	<b>čas/100 ks (Nmin)</b>
Montáž radiálních ložisek	160
Montáž páky klapky	109
Montáž a roztemování zátky	114
Montáž + talkování LU	425
Zkouška vibrací, vyvážení	<b>544</b>
Montáž TS + seřízení regulace	380
Výstupní kontrola	226

Z uvedených hodnot vyplývá, že nejkritičtějším místem je zkouška vibrací a vyvážení, kde čas na kus činí 5,44 min. Je to dáno především tím, že na jedné lince byly původně 2 zařízení pro vyvažování. V nové montáži je v každé lince pouze 1 zařízení VTD. Z tohoto důvodu je takt linky závislý především na tomto pracovišti.

**Čas za směnu**

$$t_s = (t_t - t_p) \cdot 60 = (8 - 0,5) \cdot 60 = 450 \text{ min/ směnu}$$

**Objem výroby za směnu na jedné lince**

$$Q_s = \frac{t_s \cdot v}{t_k} = \frac{450 \cdot 0,9}{5,44} = 74,5 \text{ ks / směnu}$$

**Objem výrobků za rok**

$$Q_r = Q_s \cdot s \cdot P_{MS} \cdot t_D = 74,5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 261 = 77778 \text{ ks / rok}$$

**Takt celého montážního procesu**

$$T_M = \frac{T_r \cdot s \cdot 60}{Q_r} = \frac{1920 \cdot 2 \cdot 60}{77778} = 2,96 \text{ min / ks}$$

**Rytmus montážního procesu**

$$R_M = \frac{t_s - t_{pp}}{P_{MS} \cdot Q_s} = \frac{450 - 10}{2 \cdot 74,5} = 2,95 \text{ min / ks}$$

$t_t$ ...počet hodin za směnu

$t_p$ ...doba pracovní přestávky hodinách

$t_k$ ...doba výroby v kritickém místě na 1 ks

$t_{pp}$ ...doba přípravy pracoviště

$t_D$ ...počet pracovních dnů v roce (360-52-52)

$s$ ...počet směn (2)

$P_{MS}$ ...počet montážních linek

$T_r$ ...počet hodin za rok na 1 směně

$v$ ...využití stroje 90%

Z výše uvedených propočtů vyplývá, že při výrobě TD typ C13 ve dvousměnném provozu se na stávající lince se za rok vyrobí 50.321ks. Navrhované řešení se dvěma montážními linkami pracující ve 2 směnném provozu bude předpokládaná roční výrobní kapacita činit 77.778 ks. Předpokládané zvýšení kapacity bude 54,5%.

**6 Ekonomické hodnocení projektu**

Ekonomické hodnocení investice montážního pracoviště není jednoduché vyhodnotit, neboť jsem nedostal přesné informace o nákladech a výnosech za 1 kus.

Jelikož se jedná o zvýšení výrobní kapacity, bude zde největším přínosem snížení fixních nákladů na kus.

Podklady pro hodnocení investice:

- Celková investice do nového strojního a nestrojního zařízení dle investičního oddělení 2.265.358,- Kč.
- Doba projektu se předpokládá na 6 let.
- Výnos z 1 kusu dmychadla činí 500,- Kč
- Celkové náklady na 1 kus dmychadla jsou 450,- Kč

$$CF = (V_k - N_k) \cdot (Q_m - Q_{rs}) = (500 - 450) \cdot (77778 - 49695) = 1.404.150,-Kč$$

CF...příjmy z investice v jednotlivých letech doby životnosti

$V_k$ ...výnosy na 1 kus dmychadla

$N_k$ ...náklady na 1 kus dmychadla

$Q_m$ ...počet vyrobených kusů za rok na nově navržených 2 linkách

$Q_{rs}$ ...počet vyrobených kusů na 1 stávající lince

Jedním z nejvhodnějších finančních kritérií při hodnocení investice je použití NPV (čistá současná hodnota), která bere v úvahu faktor času, a všechny výpočtové hodnoty této metody jsou diskontovány.

$$NPV = -I + \sum_{n=0}^t \frac{CF}{(1+i)^n} = -2265358 + \sum_{n=0}^t \frac{1404150}{(1+0,05)^n} =$$

$$1337286 + 1273605 + 1212958 + 1155198 + 1100188 + 1047798 - 2265358 =$$

$$= 7127033 - 2265358 = 4861648Kč$$

CF...příjmy z investice v jednotlivých letech doby životnosti

I...počáteční investice

$i$ ...diskontovaná úroková míra (5%)

$n$ ...jednotlivé roky životnosti

$t$ ...doba životnosti projektu

Dalším ukazatelem je výpočet vnitřního výnosového procenta  $IRR$ . Je to vlastně diskontní sazba, kdy  $NPV = 0$

$$NPV = -I + \sum_{n=0}^t \frac{CF}{(1 + IRR)^n} = 0 = -2265358 + \sum_{n=0}^t \frac{1404150}{(1 + IRR)^n} = 0$$

$$IRR = 57,99\%$$

Diskontovaná doba návratnosti  $PP_d$  udává, za jak dlouho se investice vrátí z diskontovaných příjmů.

$$I = \sum_{n=0}^{PP_d} \frac{CF}{(1 + i)^n}$$

$$\Rightarrow PP_d \cong 3,7 \text{ roků}$$

Vyhodnocení investice:

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že celkový příjem z investice bude tvořit 4 861 648,- Kč. Diskontovaná doba návratnosti investice činí cca 3,7 roku.

Jelikož  $NPV$  vyšlo kladné, hodnota  $IRR$  vyšší, než-li diskontovaná úroková míra  $i$  a diskontovaná doba návratnosti investice řádově poloviční od plánované doby projektu, závěrem je, že investice by měla být výhodná.

## 7 Závěr

Tento technologický projekt udává rámcovou představu o zvýšení výrobní kapacity montáže Turbodmychadel. Hlavním úkolem bakalářské práce je navrhnout nové optimální řešení rozmístění pracoviště montáže TD s ohledem na prostorové možnosti stávající montáže. Novým uspořádáním pracoviště a rozdělením jedné stávající montážní linky na nově dvě linky je především přínos ve zvýšení výrobní kapacity montáže, ale také je možné vyrábět dvě typové řady dmychadel najednou na oddělených pracovištích. Zlepšení nastalo též v logistice a zjednodušení materiálových toků (zkrácení bez křížení).

## 8 Seznam zdrojů:

### Literatura

[1] Leeder, E., Němejc J.: Projektování strojírenské výroby I, II. 1. Vydání Plzeň: Editační středisko VŠSE Plzeň, 1971. ISBN

[2] Preclík, V.: Průmyslová logistika. 1. vydání. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-010-3449-6

### Internetové stránky

[iz1] Webové stránky ČZ a.s.: <http://www.czas.cz/?PageId=10003>

[iz2] Webové stránky ČZ a.s.: <http://www.czas.cz/?PageId=102>

[iz3] Webové stránka: [http://old.fst.zcu.cz/files\\_web\\_FST/dokumenty\\_FST/akreditace-FST-09/DATA/ukazky/2%20ZAKLADY%20MONTAZE%20FOL.pdf](http://old.fst.zcu.cz/files_web_FST/dokumenty_FST/akreditace-FST-09/DATA/ukazky/2%20ZAKLADY%20MONTAZE%20FOL.pdf)



## **9 Seznam Příloh:**

Příloha č.1 – Výkres Turbodmychadla č. 399 0013 4045-002

Příloha č. 2 – Výkres Výřez stávající stavu montáže

Příloha č. – Výkres Návrh nového stavu montáže