

Inženýrská optimalizace procesu lisování rotoru turbo molekularní vývěvy

Jiří Baklík

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky




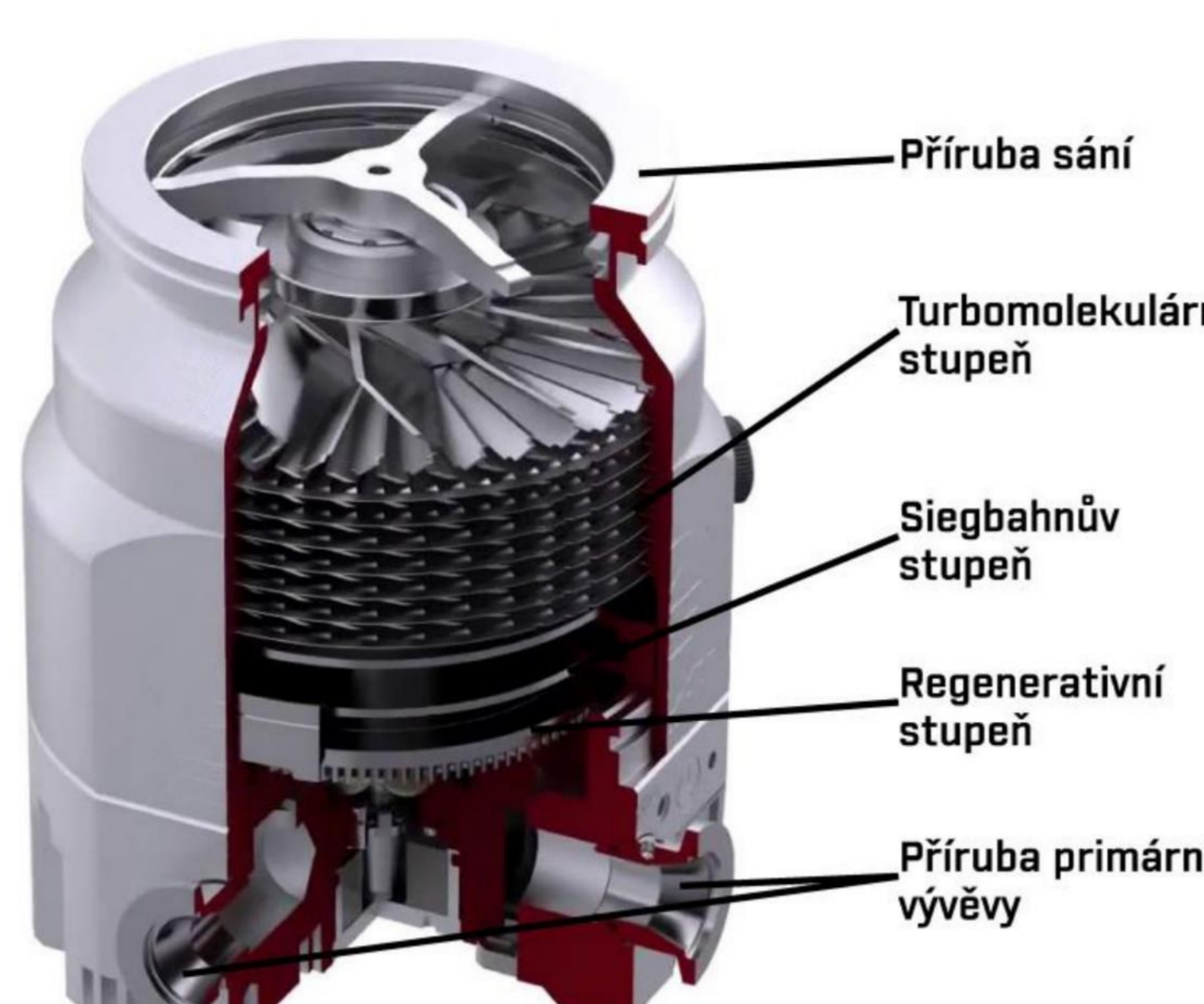
Vývěva nEXT 300T

Využití

- Elektronová mikroskopie
- Výroba polovodičů
- Vědecké aplikace

Vlastnosti

- Čerpací rychlost: až 340 l/s při práci s héliem
- Mezní tlak: až 10^{-9} Pa
- Maximální provozní otáčky rotoru: 60000 ot/min

Obr. 2 Vývěva nEXT 300T

Mechanické turbomolekulární vývěvy [online]. 2023 [cit. 2023-12-21]. Dostupné z: <https://www.edwardsvacuum.com/cs-cz/our-products/turbomolecular-pumps/next-mechanical-turbomolecular-pumps>

Obr. 1 Turbomolekulární systém T-Station

T-Station turbomolecular pumping stations - Digital brochure. In: *Edwards Vacuum* [online]. 2024 [cit. 2024-02-14]. Dostupné z: <https://www.edwardsvacuum.com/en-uk/our-products/turbomolecular-pumping-stations/t-station-pumps-stations.html#t-station85>

Cíle práce a motivace

Motivace

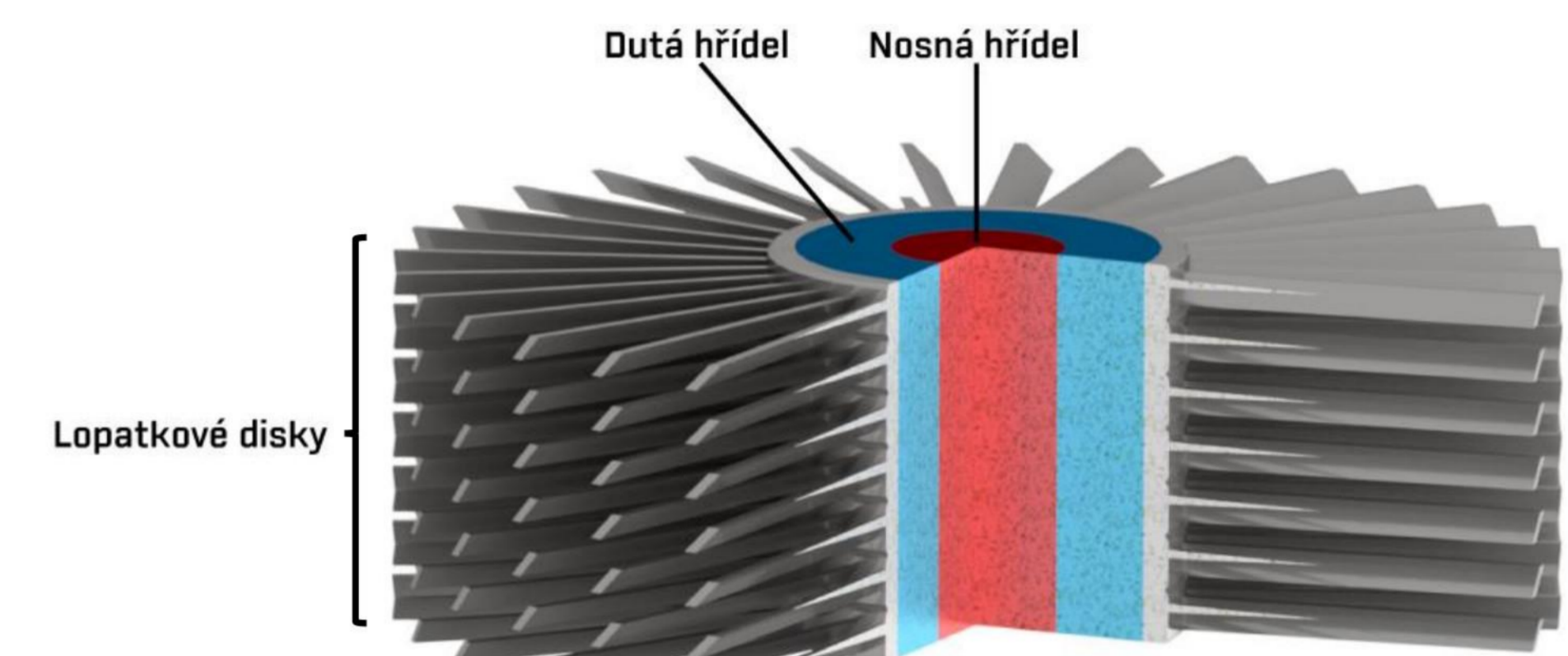
- Snížení výrobních nákladů
- Zvýšení efektivity montáže vývěv

Cíle práce

- Odstranění tekutého dusíku z lisovacího procesu
- Návrh tolerančních polí lisovaných součástí turbomolekulárního stupně
- Návrh lisovacích teplot

Proces kompletace turbomolekulárního stupně

- Nahřáté lopátkové disky se lisují na podchlazenou dutou hřídel
- Po vyrovnání teplot se celek (lopatkové disky + dutá hřídel) nahřeje a nalisuje na podchlazenou dutou hřídel



Obr. 3 Řez turbomolekulárním stupněm

Výpočtové modelování

Výpočtové modelování

- Výpočtové modelování provedeno pomocí programu Ansys Mechanical 2024 R1
- Řešený problém byl rozdělen do dvou statických strukturních analýz:
 - Pracovní zatížení rotoru
 - Kontrola nalisovatelnosti
- Zatížení rotoru (turbomolekulární stupeň):
 - Ohřev všech součástí na maximální přípustnou teplotu (80 °C).
 - Odstředivá síla odpovídající maximálním přípustným otáčkám rotoru (60000 ot/min).

Metodika vyhodnocování výsledků

Parametrizace

Vstupní parametry:

- Velikosti přesahů na poloměru

Výstupní parametry:

- Průměrné velikosti kontaktních tlaků ve spojích
- Redukované napětí dle von Misesovy podmínky plasticity

Požadavky

- Velikost kontaktního tlaku při lisování 0 MPa
- Velikost kontaktního tlaku po nalísování minimálně 1 MPa
- Pouze elastické deformace
- Minimální rozsah velikostí přesahů na poloměru 10 μm

Výsledky optimalizace

Lisovací teploty

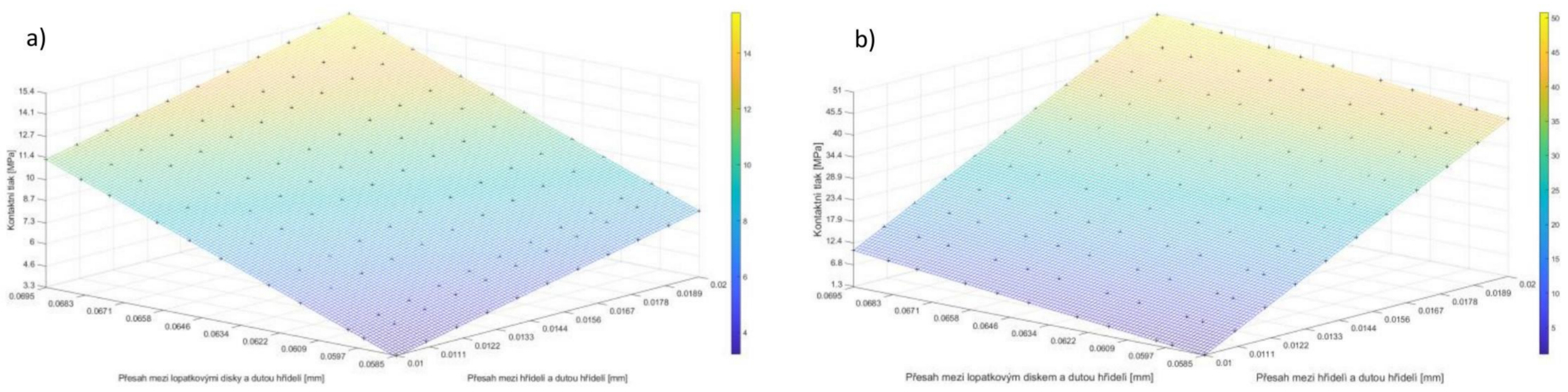
- Ohřev: 130 °C
- Ochlazování: -65 °C

Funkční přesahy na poloměru

- Rozsah přesahu mezi lopátkovým diskem a dutou hřídelí: 58,5-69,5 μm
- Rozsah přesahu mezi hřídelí a dutou hřídelí: 10-20 μm

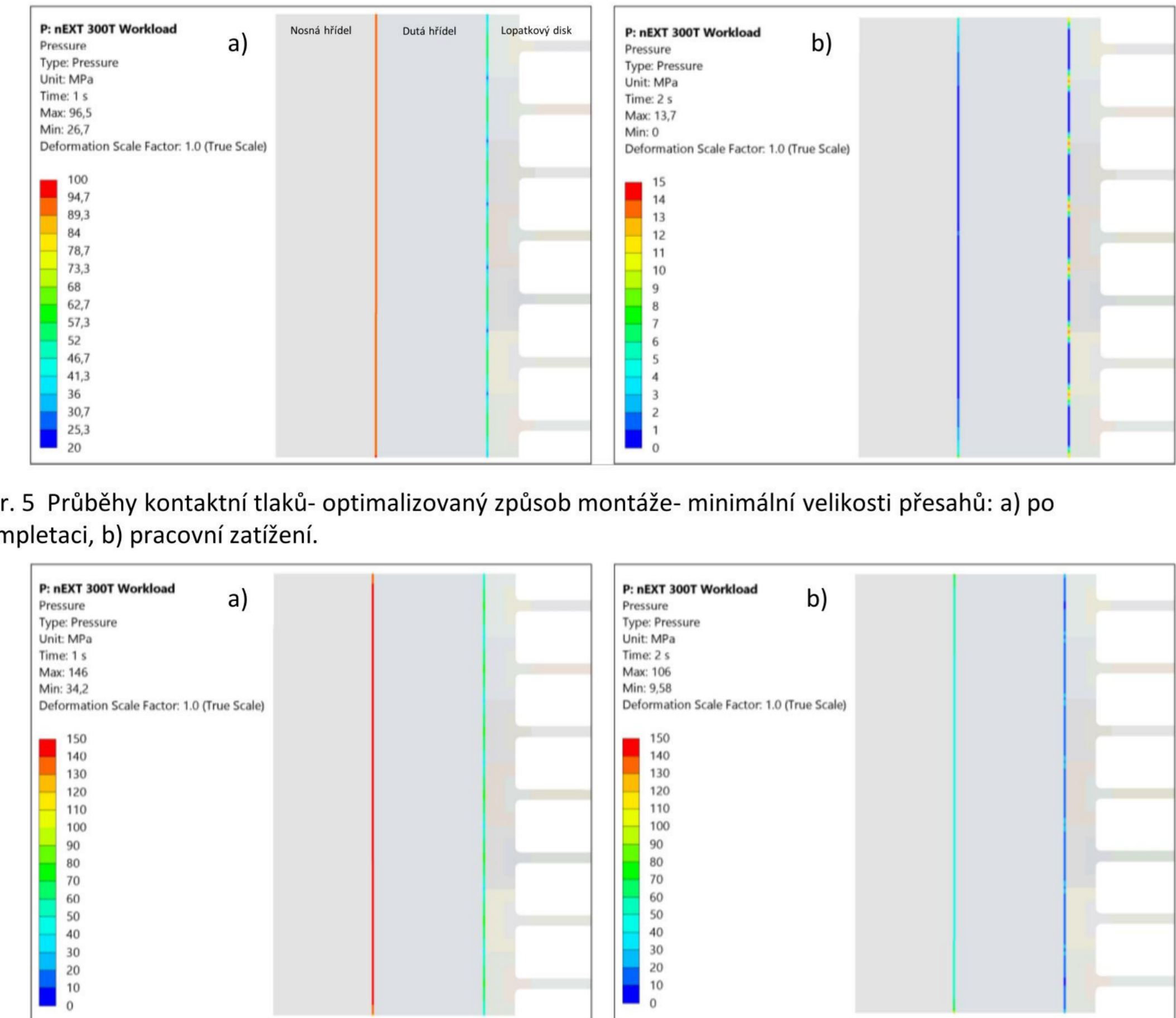
Maximální redukované napětí dle von Misesovy podmínky plasticity

- Po kompletaci (maximální přesahy): 300 MPa
- Při pracovním zatížení (maximální přesahy): 295 MPa



Obr. 4 Odezvové plochy provozních kontaktních tlaků - optimalizovaný způsob montáže: a) mezi lopátkovým diskem a dutou hřídelí, b) mezi nosnou hřídelí a dutou hřídelí.

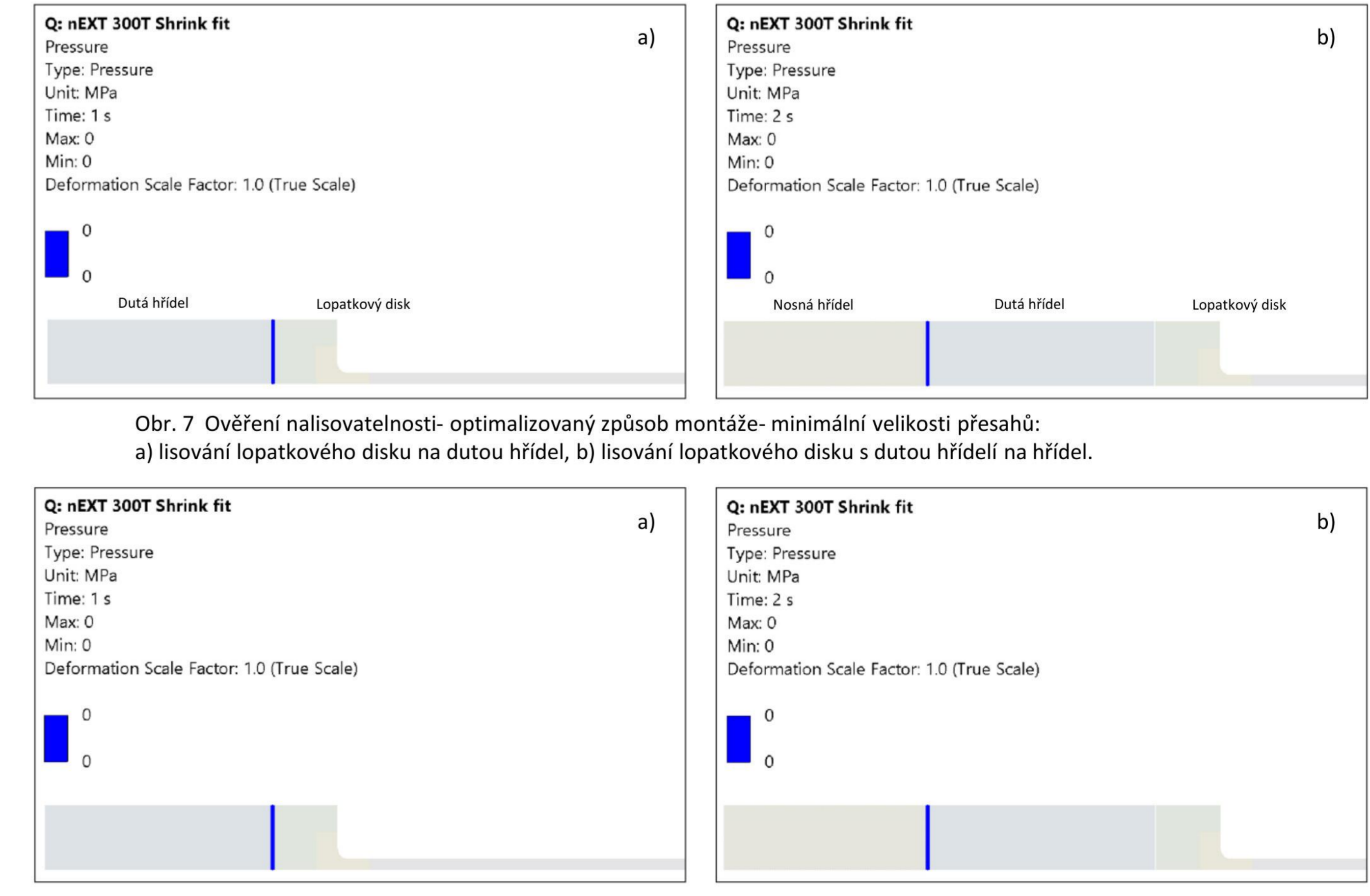
Průběhy kontaktních tlaků



Obr. 5 Průběhy kontaktní tlaků - optimalizovaný způsob montáže- minimální velikosti přesahů: a) po kompletaci, b) pracovní zatížení.

Obr. 6 Průběhy kontaktní tlaků - optimalizovaný způsob montáže- maximální velikosti přesahů: a) po kompletaci, b) pracovní zatížení.

Ověření nalisovatelnosti



Obr. 7 Ověření nalisovatelnosti- optimalizovaný způsob montáže- minimální velikosti přesahů: a) lisování lopátkového disku na dutou hřídel, b) lisování lopátkového disku s dutou hřídelí na hřídel.

Obr. Ověření nalisovatelnosti- optimalizovaný způsob montáže- maximální velikosti přesahů: a) lisování lopátkového disku na dutou hřídel, b) lisování lopátkového disku s dutou hřídelí na hřídel.