

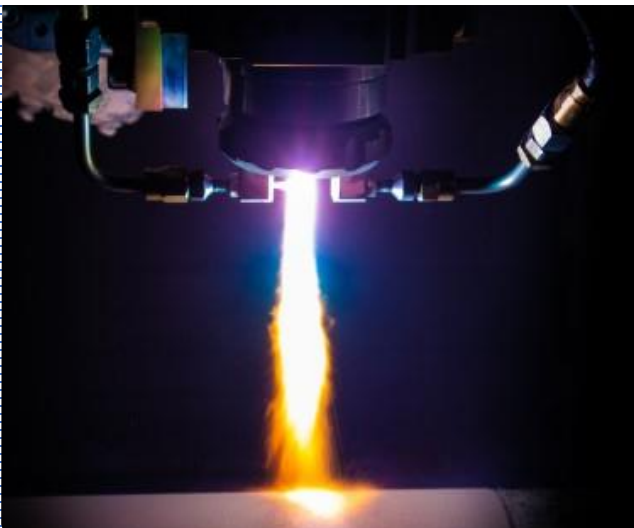
- **Strojové inspekce pomocí leteckého dronu**
- **Realizace povrchových úprav na klasických elektrárnách**
- **Mobilní diagnostické metody na klasických elektrárnách**

Zdeněk Česánek

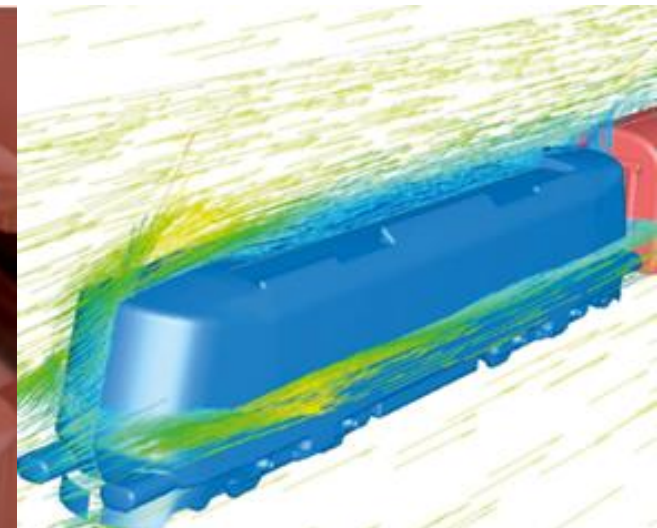
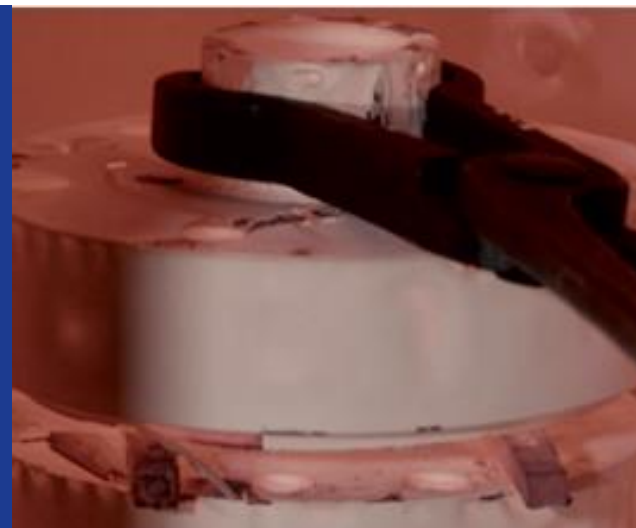
David Aišman

Zdeněk Kubín

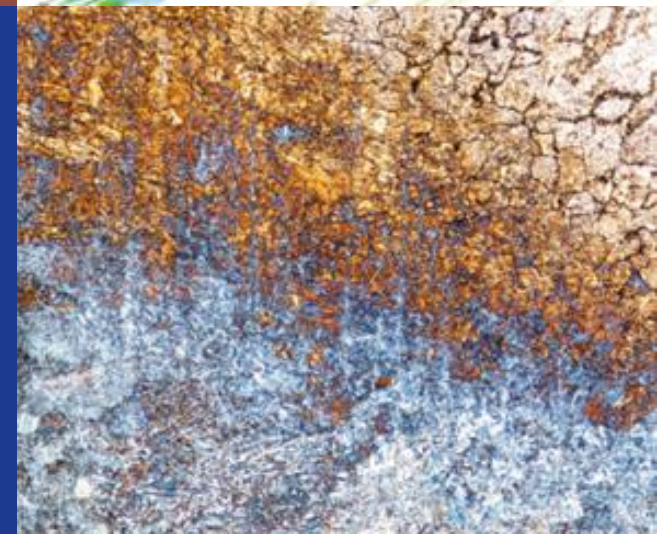
Struktura společnosti VZÚ Plzeň s.r.o.



Žárové nástřiky
Tepelné zpracování
Aplikovaná mechanika
Kalibrační laboratoř

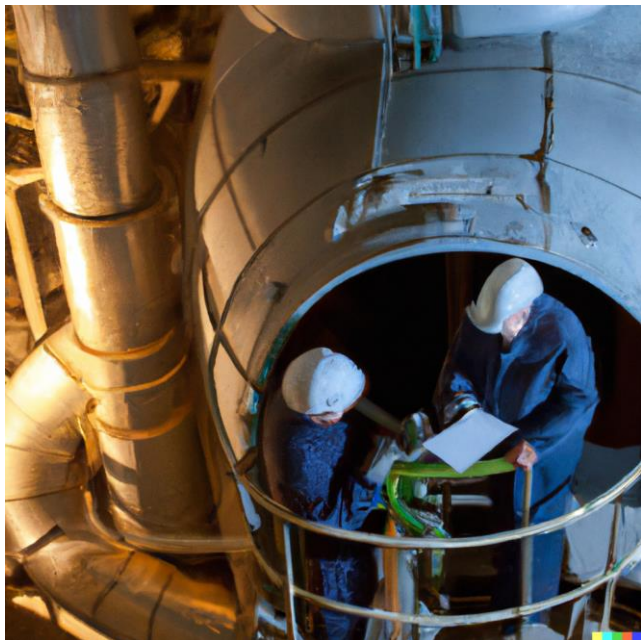


Mechanická zkušebna
Dynamická zkušebna
Laboratoř Metalografie
Měření hluku a vibrací



Vizuální inspekce

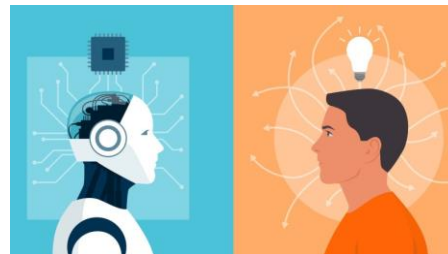
Používá se k hodnocení a kontrole výrobních procesů, zjišťování vad, měření, a zajištění kvality výrobků.
Provádí se na stavbách, aby se zkontroloval stav materiálů, konstrukce, ...



Přímá

Strojová

Nepřímá



Vizuální inspekce pomocí strojových procesů

Benefity použití inspekčního robota:

- **Rychlost** – okamžité nasazení a provedení dané inspekce
- **Bezpečí** – ochrana inspekčního personálu (živý obraz lze sledovat na tabletu na bezpečném místě)
- **Finanční úspora** – levnější provedení inspekčních prací (není nutno stavět lešení, zastavovat provoz strojů, redukce množství člověkohodin)
- **3D měření** – efektivní měření prostředí laserovým skenerem (LiDarem)

Inspekční možnosti:

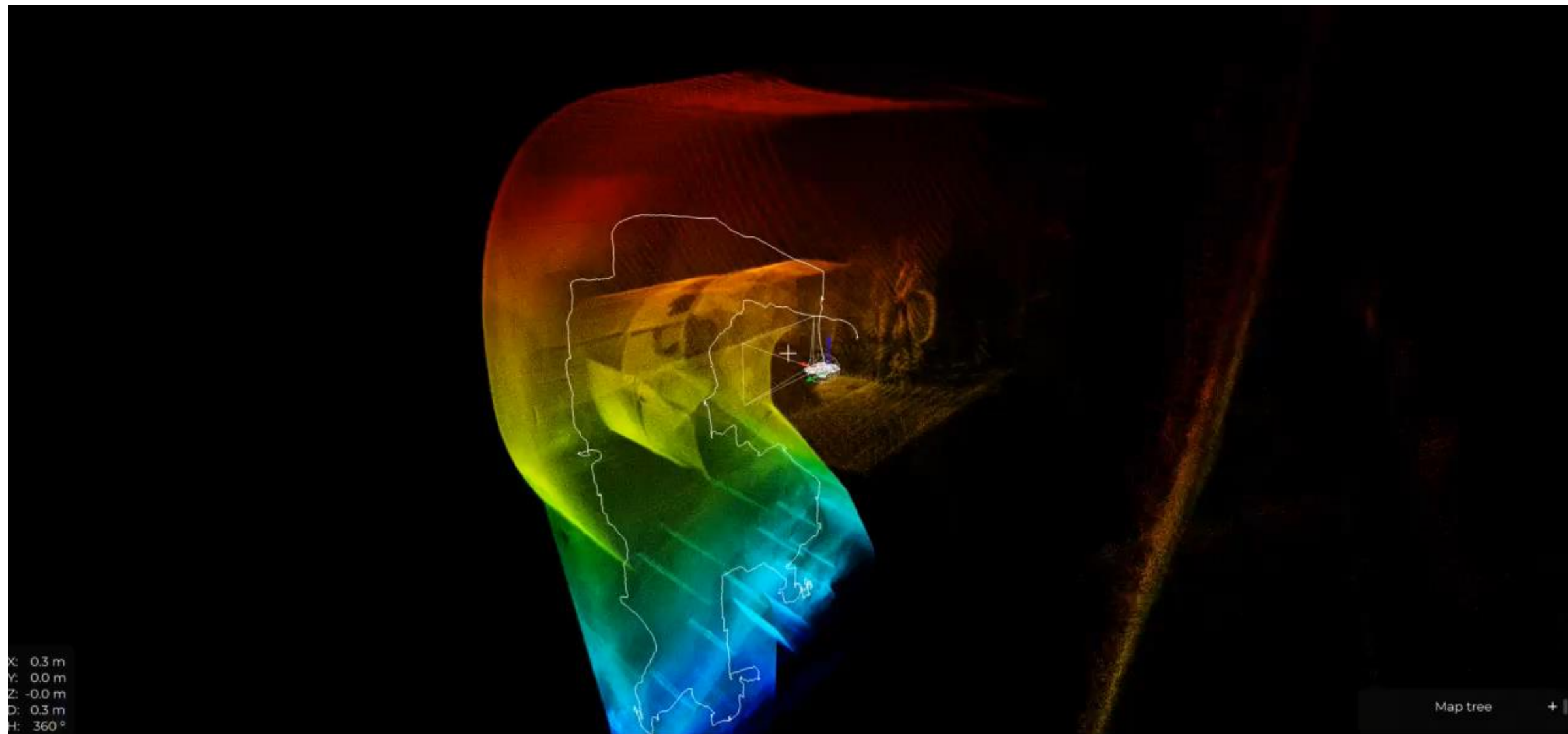
- Vizuální inspekce strojoven KE i JE
- Inspekce nepřístupných míst (vnitřní prostory kotlů, potrubí, základů, ocelové konstrukce, instrumentace, atp.)
- Lopatky větrných elektráren – vnitřní inspekce integrity
- Pohled termokamerou pro zjišťování tepelných úniků
- Vytvoření 3D modelu technologií
- Měření deformací potrubí a nosníků



Strojové systémy pro inspekční činnosti



Strojové systémy pro inspekční činnosti



Nepřímé metody – Vibrační kamera

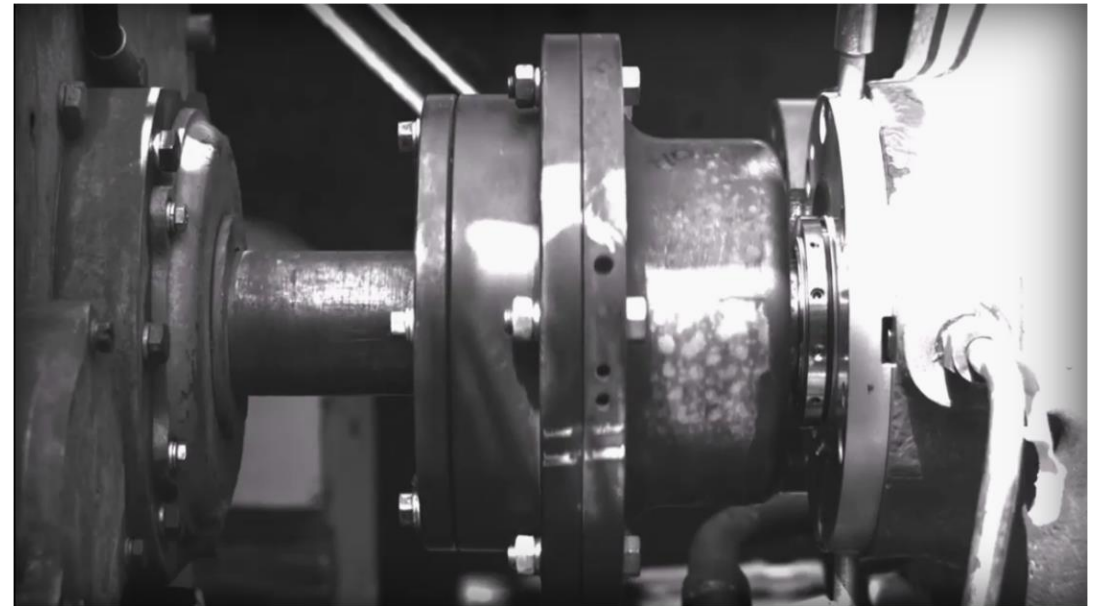
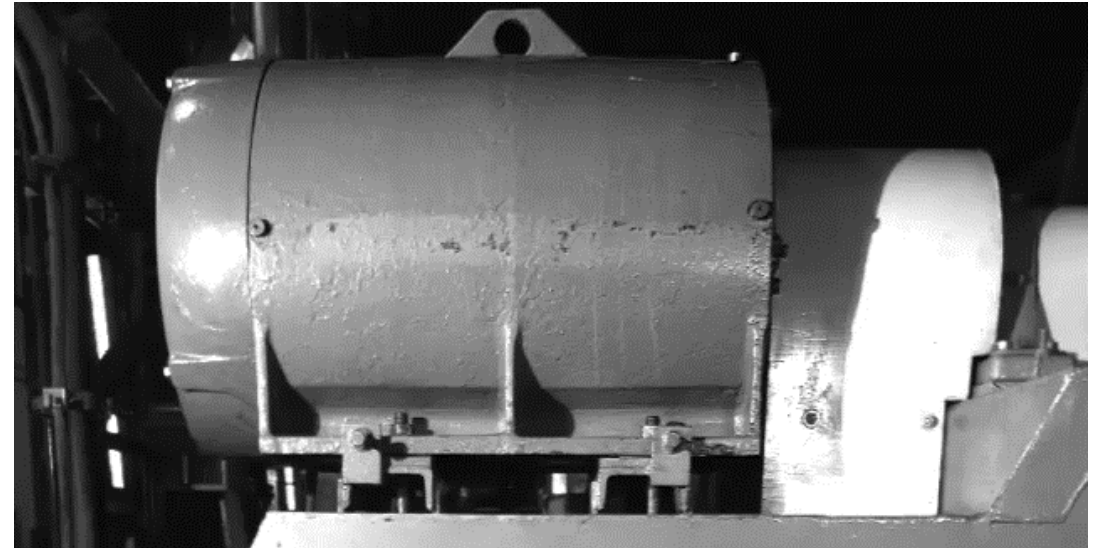
Technická a vibrační diagnostika

V týmu máme **3 certifikované Specialisty vibrační diagnostiky** (kategorie II. dle ISO 18436-2)

Jsme schopni změřit vibrace téměř jakéhokoliv zařízení, umíme vizualizovat jeho pohyby, odhalit problémy a doporučit nápravná opatření.

Používáme nejnovější techniku:

- vysokorychlostní kamery
- nevodivé snímače
- mobilní měřidla vibrací
- profesionální systémy pro sběr dat



Nepřímé metody – Hluková kamera

Určení hladiny akustického výkonu

- Měření akustického tlaku (ČSN ISO 3740 ÷ ČSN ISO 3747, technologický postup ČEZ TSE/HLUK/14, Metodika ČEZ ME 1151r00)
- Měření akustické intenzity (ČSN ISO 9614-1 ÷ ČSN ISO 9614-3)

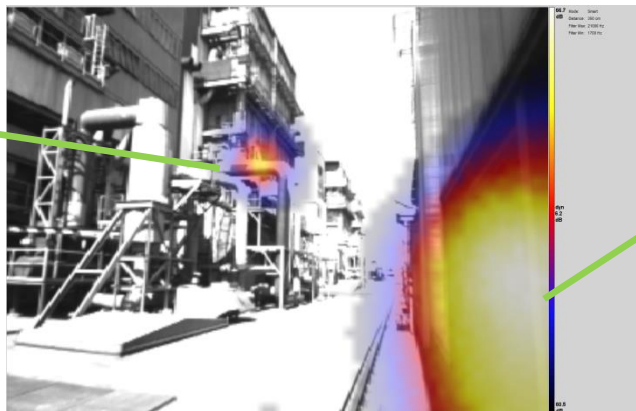
Přímé měření emisních hladin

- Měření akustického tlaku (ČSN EN 11200 ÷ ČSN EN 11204)

Lokalizace zdrojů hluku

- Měření pomocí akustické kamery

Únik páry z
odvětrávacího
komínku



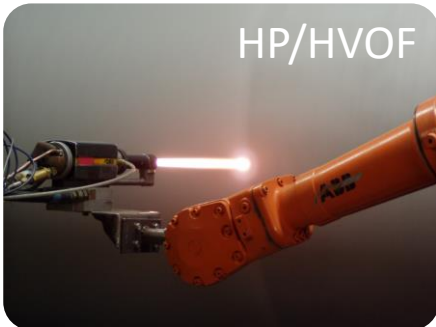
Hluk šířící se z
otevřených vrat



Technologie žárového nástřiku

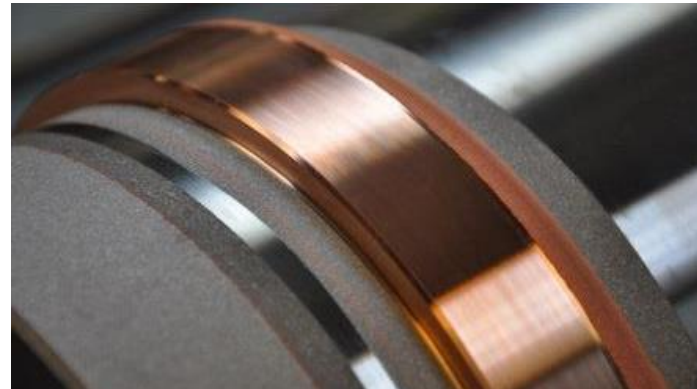
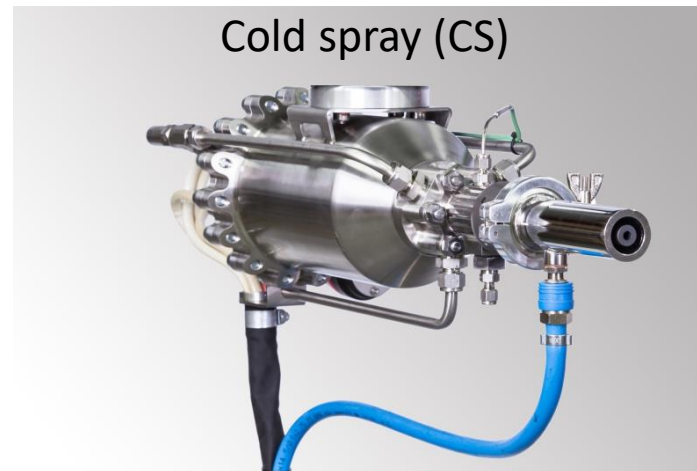
Energie spalování paliva

- Nástřik plamenem FS
- Vysokorychlostní nástřik plamenem HVOF/HVAF



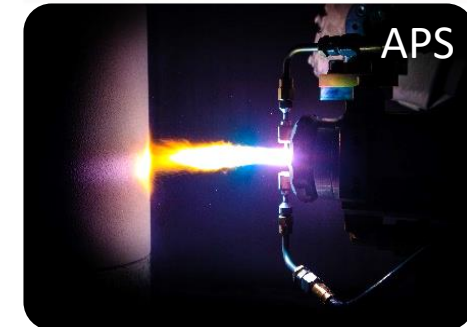
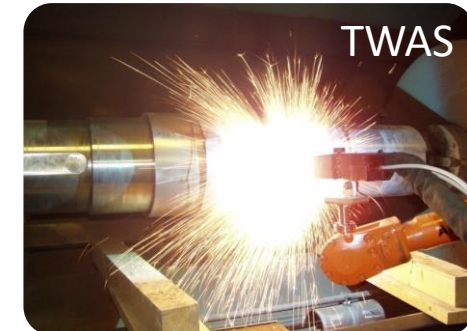
Kinetická energie

- Nástřik za studena CS



Elektrická energie

- Nástřik drátu elektrickým obloukem TWAS
- Nástřik plazmatem APS/VPS/WSPS



Časté příčiny poškození komponent energetických zařízení

Vysokoteplotní koroze

- Jedná se o ukládání solí na povrchu materiálů, kdy za provozních podmínek jsou některé soli v kapalném stavu nebo vytvářejí komplexní solné směsi za přítomnosti plynů obsahujících síru.
- Příkladem může být tavenina síranů. Čistý Na_2SO_4 se taví při $884\text{ }^\circ\text{C}$, ale když se spojí s dalšími solemi, jako jsou NaCl nebo NiSO_4 je bod tavení této směsi nižší.



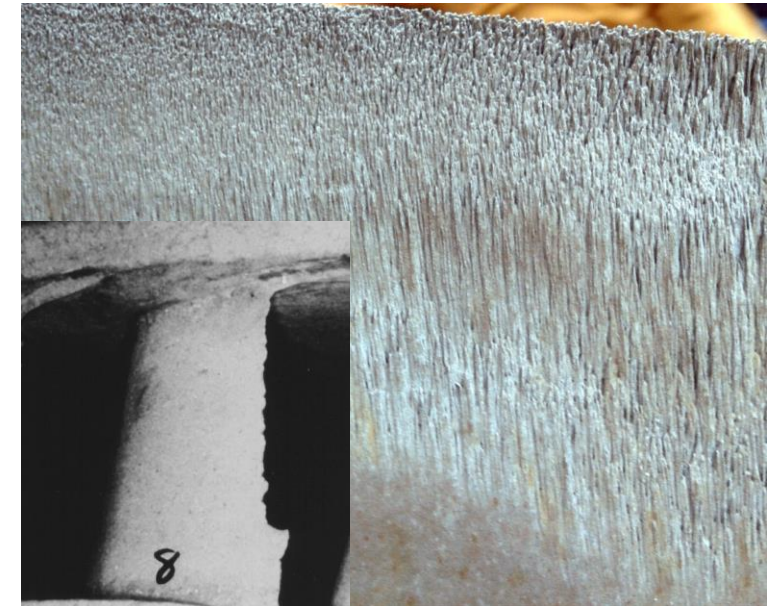
Abraze

- Abrazivní opotřebení je charakterizováno oddělováním a přemísťováním částic materiálu při rýhování a řezání tvrdými částicemi. Částice mohou být volné nebo určitým způsobem vázané.
- V technické praxi je znám i druhý případ abrazivního opotřebení, kdy tvrdé částice jsou přítomny mezi dvěma funkčními povrchy, které jsou v relativním pohybu.



Eroze

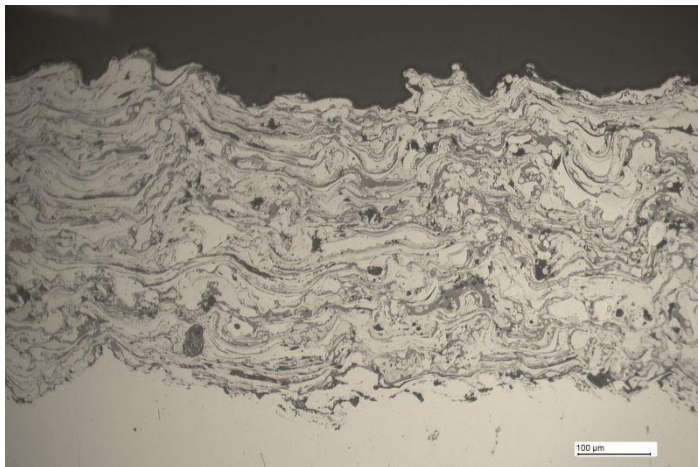
- Rozrušování kovů způsobené mechanickým účinkem při pohybu rozrušovaného předmětu vzhledem k prostředí. Téměř vždy je doplňováno chemickými účinky a korozí.





Nástřik elektrickým obloukem

- Vysoká pórovitost
- Vysoká depoziční účinnost
- Možnost nástřiku "z ruky"
- Mobilita
- Nízké náklady
- Nízká úroveň hluku



Typické materiály povlaků

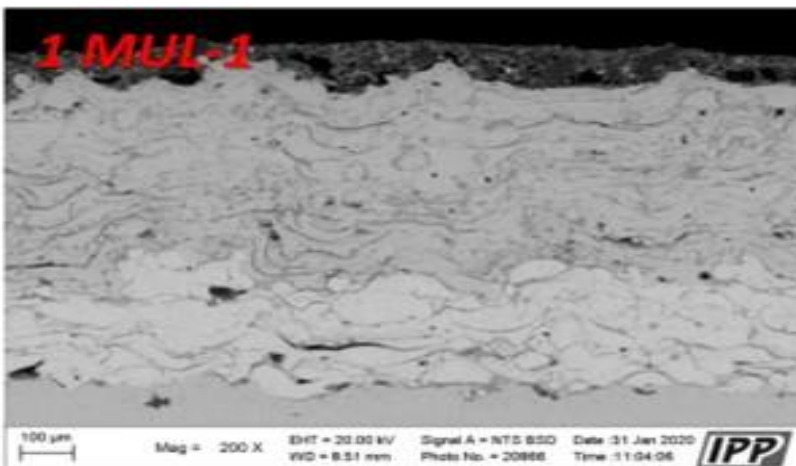
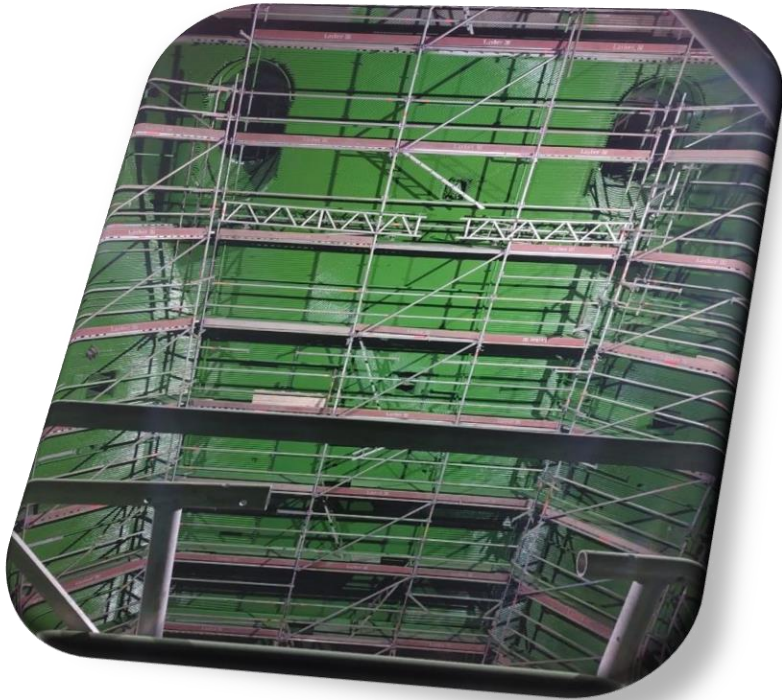
- slitiny na bázi Fe
- slitiny na bázi Ni
- slitiny na bázi Cu
- slitiny na bázi Al, Zn Al/Zn

Typické aplikace

- odolnost proti opotřebení
- protikorozní ochrana
- kluzné povrchy
- doplnění na rozměr

Keramické nátěry

- Vysoká pórovitost
- Vysoká depoziční účinnost
- Možnost nástřiku “z ruky”
- Mobilita
- Nízké náklady
- Nízká úroveň hluku



Top Coat/Těsnící nátěr
kompozitní keramický nátěr

Mezivrstva
NiCrTi

Bond Coat
NiCrMoNbTa

REFERNECE za poslední dva roky

Název realizované zakázky	Stručný popis předmětu zakázky	Jméno objednavatele	Termín zakázky	Název realizované zakázky	Stručný popis předmětu zakázky	Jméno objednavatele	Termín zakázky
GO-AK-Výparník bloku A, B, C, D – Obnova žárového nástřiku	Aplikace povrchové ochrany na membránové stěny (MeS) vnitřních stěn kotlů - Speciální příprava ploch výsypky a MeS spalovací komory (tryskáním) a realizace žárového nástřiku + keramického nástřiku. Plocha 611 m2 / kotel.	ČEZ, a.s., ETU II.	Kotel bloku A – 17.4.2021 - 4.9.2021 Kotel bloku B – 17.6.2021 - 23.9.2021 Kotel bloku C – 20.4.2022 - 21.8.2022 Kotel bloku D – 18.5.2022 - 25.9.2022	Kompletní obnova ochranného nástřiku proti erozi na přední a části bočních vertikálních membránových stěn spalovací komory fluidního kotle K4	Aplikace žárového nástřiku a keramického nátěru proti erozi na přední a části bočních vertikálních membránových stěn spalovací komory fluidního kotle K4. Rozsah 24,44 m2.	Teplárna Kladno s.r.o.	23.8. 2021 – 30.8. 2021
Výměna dožitých částí tlakového celku výparníku a přehříváku kotlů bloku A, B, C, D, ETU II.	Aplikace povrchové ochrany na membránové stěny (MeS) vnitřních stěn kotlů - Speciální příprava ploch MeS spalovací komory (tryskáním) a realizace keramického nástřiku, ETU II. Plocha 1100 m2 / kotel.	DTZ s.r.o.	Kotel bloku A – 16.8.2021 – 29.8.2021 Kotel bloku B – 6.9.2021 – 17.9.2021 Kotel bloku C – 21.8.2022 – 26.8.2022 Kotel bloku D – 26.9.2022 – 6.10.2022	Aplikace otěruvzdorného povlaku na část membránové stěny ve spalovací komoře kotle K12 na teplárně E3 Energetiky Třinec, a.s.	Realizace aplikace keramických nátěrů na poptávaných plochách membránové stěny spalovací komory kotle K12 na teplárně E3 v Třinci. Rozsah 40 m2.	ENERGETIKA TŘINEC, a.s.	12.4. 2022 – 14.4. 2022
Keramický nátěr specifikovaných ploch pro lokalitu ETU- Údržba	Aplikace keramického nástřiku na povrch komor MPK1, EK2, PK12 a ohyby trubek u zadní stěny ve střední a spodní sekci mezipřehříváku v zadním tahu dvoutahového průtlačného kotle, ETU II., plocha 250 m2	ČEZ, Energetické produkty, s.r.o.	Kotel bloku A - 23.7.2021 – 5.8. 2021 Kotel bloku B – 10.8.2021 – 18.8.2021 Kotel bloku C - 1.8.2022 – 9.8. 2022 Kotel bloku D – 29.8.2022 – 2.9.2022	Aplikace keramického povlaku na strop spalovací komory kotle K3	Realizace keramického nátěru na stropě spalovací komory K3. Aplikace z důvodu zabránění tvorby nálepů. Rozsah 64 m2.	Plzeňská teplárenská, a.s.	23.6. 2022 – 25.6. 2022
Elektrárna Ledvice – blok č.6 Aplikace keramického nátěru v prostoru průchodu mezi membránovou stěnou na zadní stěně bloku č.6	Realizace aplikace keramického nátěru na špatně přístupných silně erodovaných spodních stranách trubek (RH1 průchod mezi membránovou stěnou na zadní stěně bloku č. 6, 23. NP), plocha cca 35 m2.	Energetické opravy, a.s.	1.10.2021 – 4.10.2021	Aplikace zkušebního keramického nátěru – ZEVO Chotíkov – II. tah	Aplikace ochranného nástřiku proti nálepům a nápekům strusky a proti erozi popílkem – nástřik trubek II. tahu – kotel ZEVO Chotíkov. Rozsah 8 m2	Plzeňská teplárenská, a.s.	17.7.2022

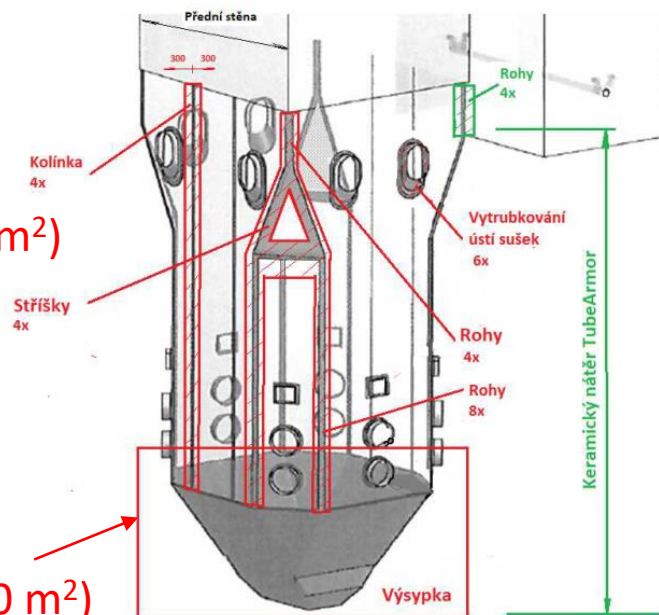
Rozsah realizace ETU II. (žárové nástřiky a keramické nátěry)

Praktické dopady realizace:

1. Pro použití v redukční atmosféře kotle je vhodné použít materiály povlaku stabilizované Ti (NiCrTi)
2. Výsypka ošetřena materiálem FeCrAlY
3. Na plochy, které jsou méně namáhané, může být dostatečným řešením nanesení keramického nátěru (opakovaně v cca dvouletých intervalech dle provozu a expozičních parametrů), jehož náklady jsou významně nižší. Výhodou je vysoká emisivita nátěru, umožňující velký přestup tepla.

TWAS nástřik materiálem NiCrTi (cca 300 m²)

TWAS nástřik materiálem FeCrAlY (cca 500 m²)



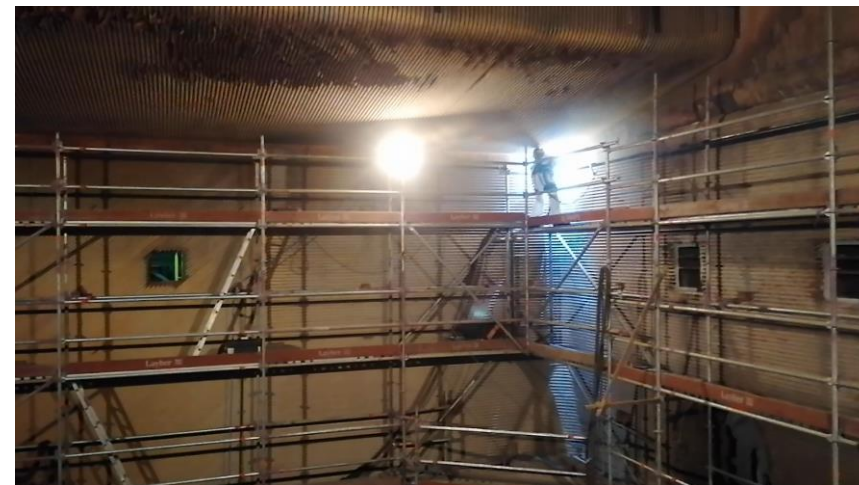
Keramický nátěr s odolností proti korozi, erozi a vysokou emisivitou (1430 m²)

GO-AK-Výparník bloku A, B, C, D – Obnova žárového nástřiku

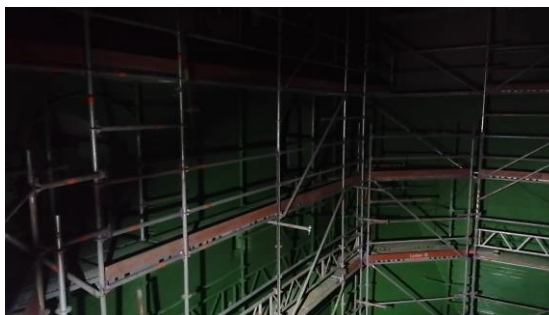
Nástřik ústí sušek mat. NiCrTi (tech. TWAS)



Nástřik svislých stěn výparníku mat. NiCrTi (tech. TWAS)



Finální prohlídka po ukončení aplikace žárových nástřiků a keramických nátěrů ve výparníku



Nástřik výsypky mat. FeCrAlY (tech. TWAS)

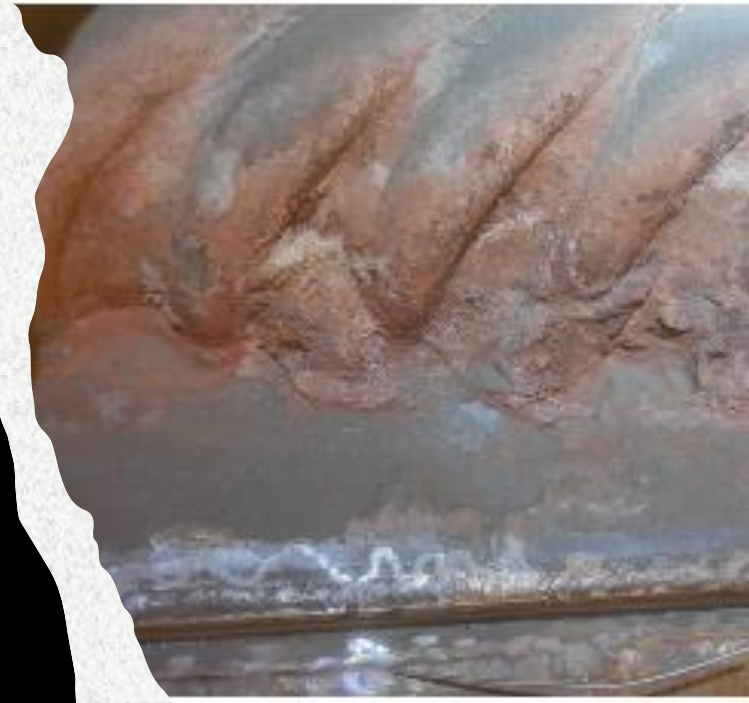


Nástřik výsypky pod záklopem mat. FeCrAlY (tech. TWAS)



Realizace (žárové nástřiky a keramické nátěry)

- Povrch vnitřní MeS před realizací v SK a ve výsypce.
- Pro potřeby žárového nástřiku byla zvolena technologie tryskání – tryskání ocelovou drtí a umělým korundem.
- Pro potřeby keramických nátěrů byla zvolena technologie pomocí strusky.

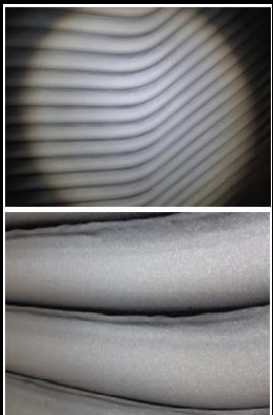




Realizace plynotěsného záklopu a patek pod speciální konstrukci lešení



Realizace žárových nástřiků





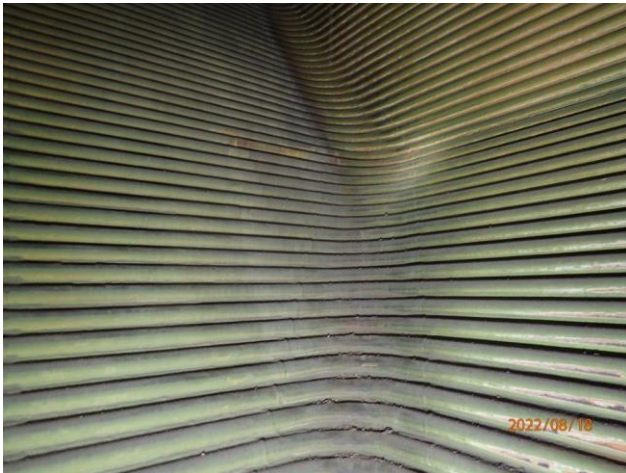
Realizace keramických nátěrů



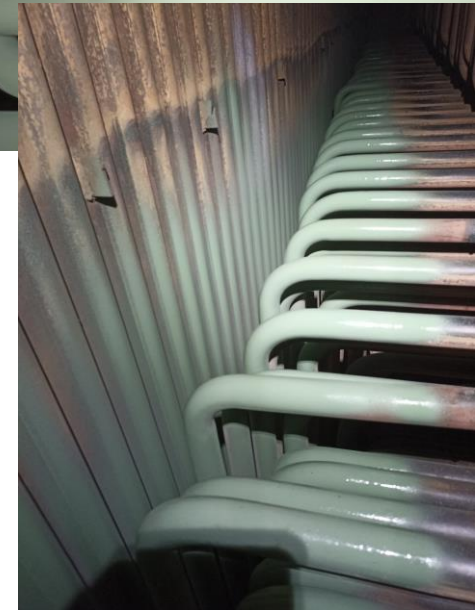
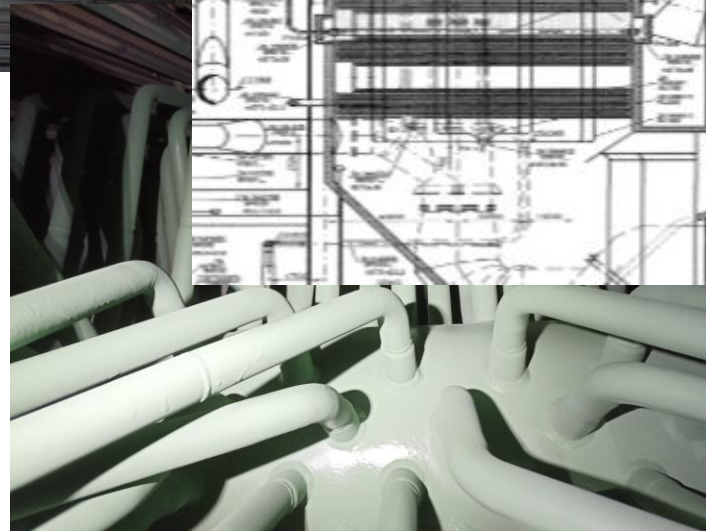
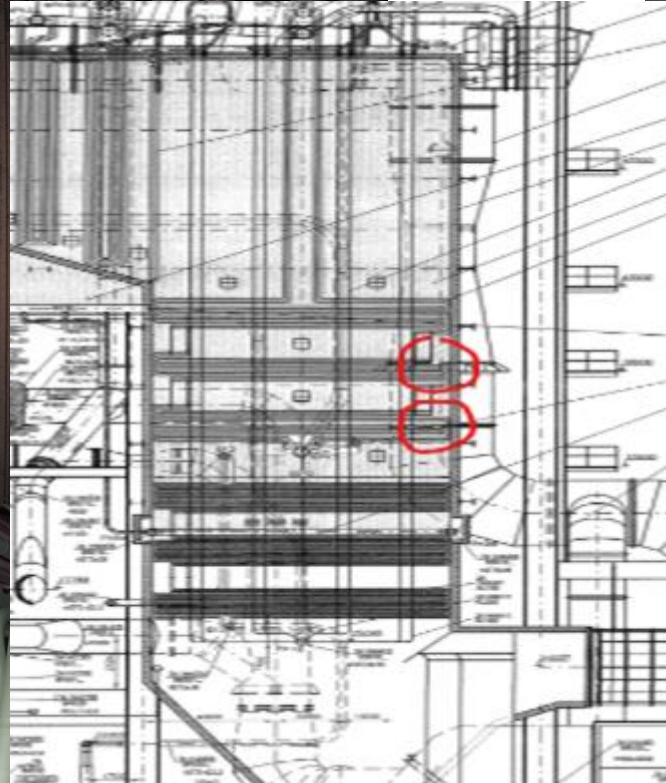
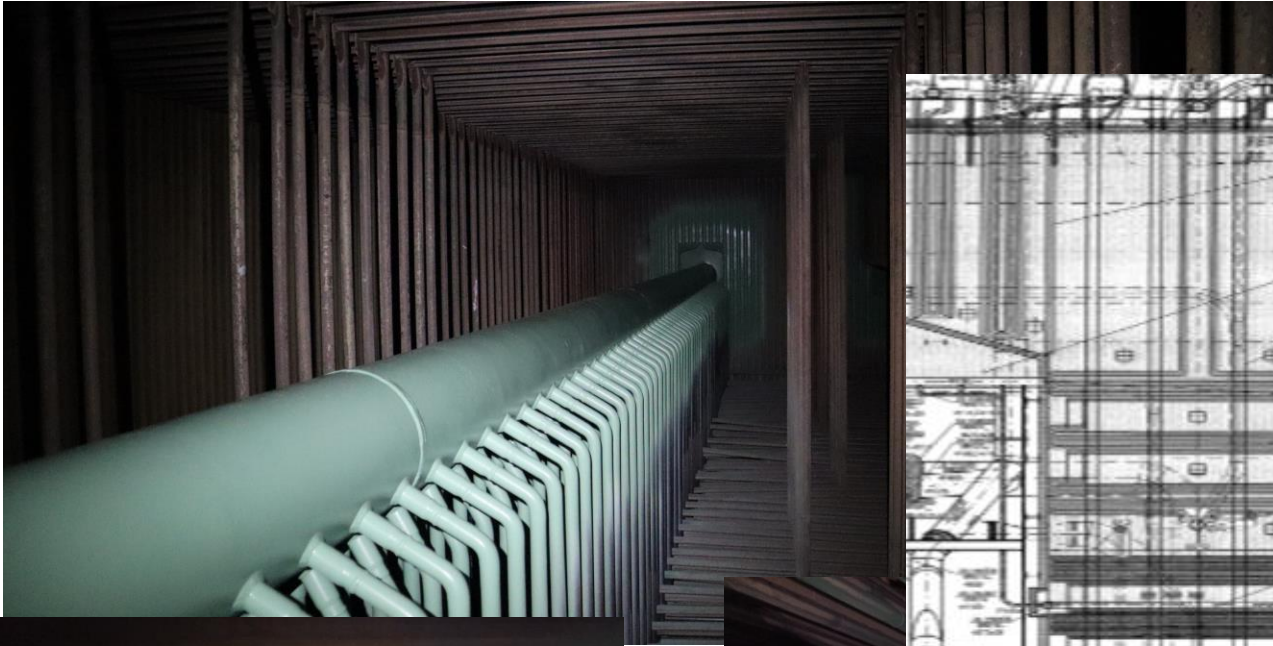
Zjišťování kvality



Výsledky po dvou letech provozu a cca 12 tis. hodinách



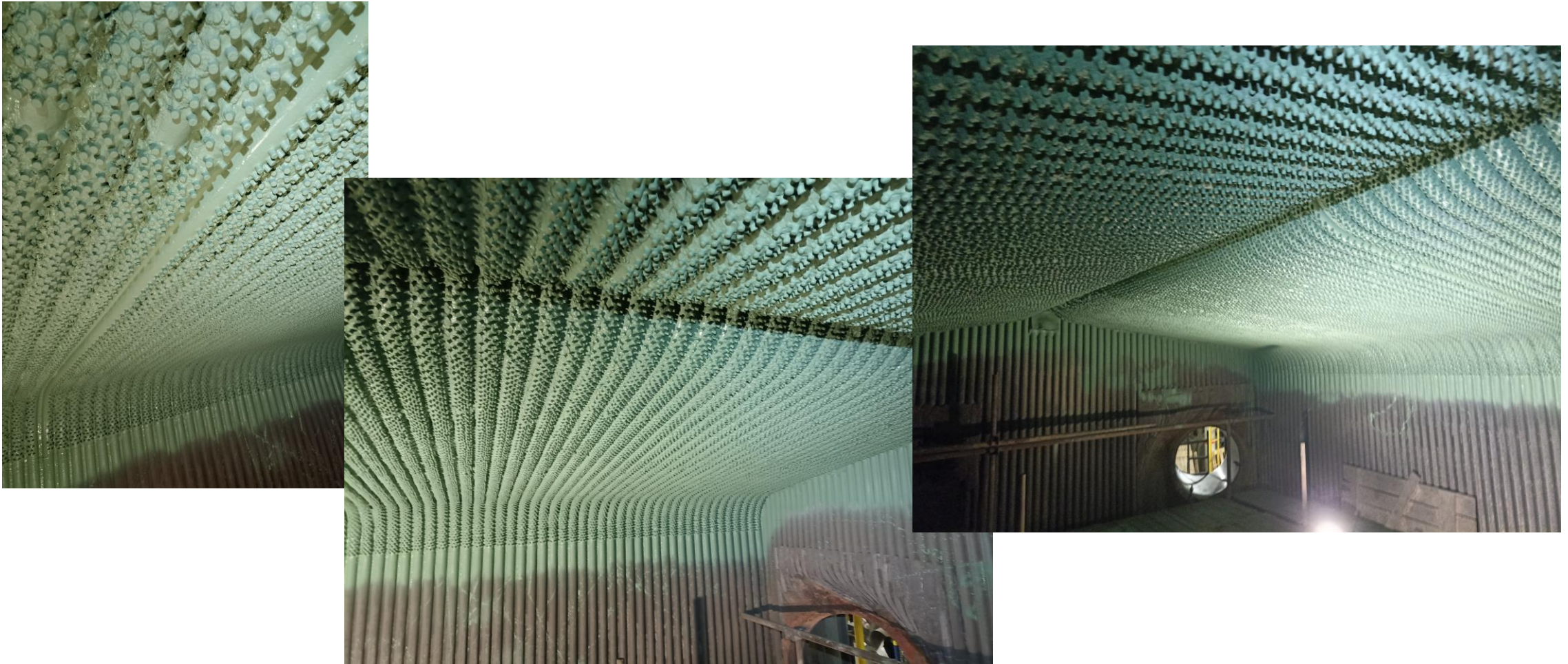
Keramický nátěr specifikovaných ploch pro lokalitu ETU- Údržba



Aplikace otěruvzdorného povlaku na část membránové stěny ve spalovací komoře kotle K12 na teplárně E3 Energetiky Třinec, a.s.

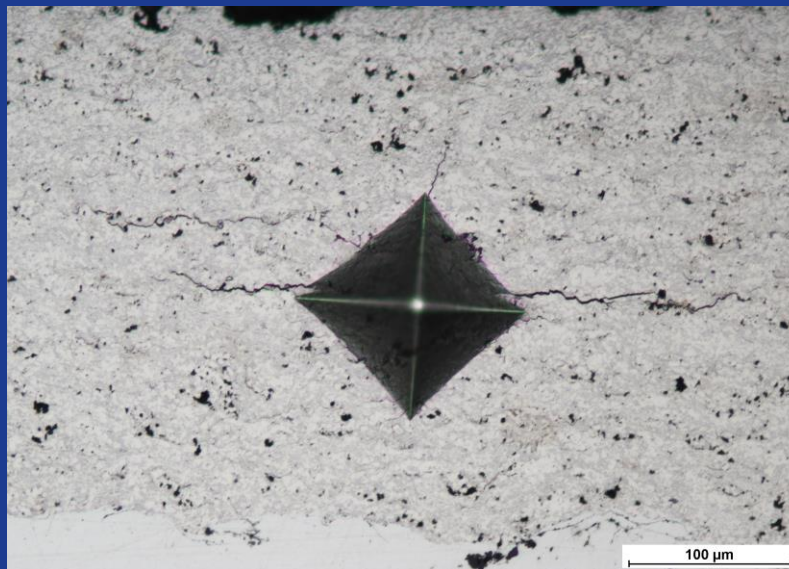
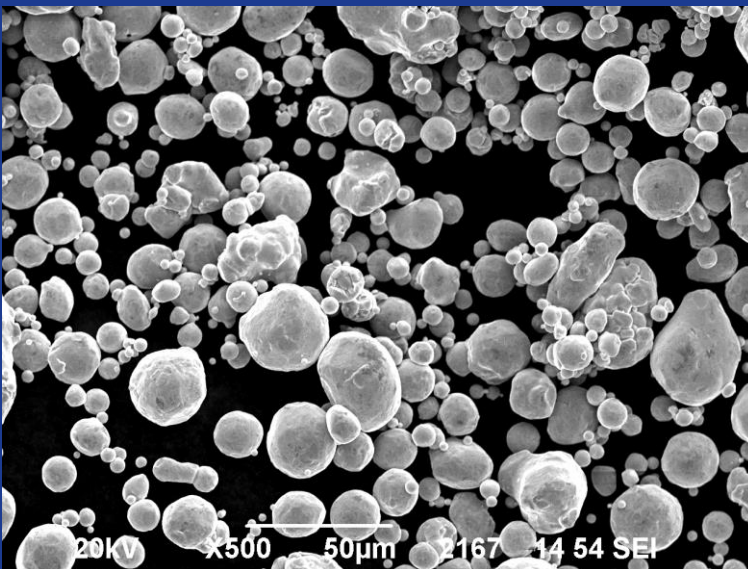
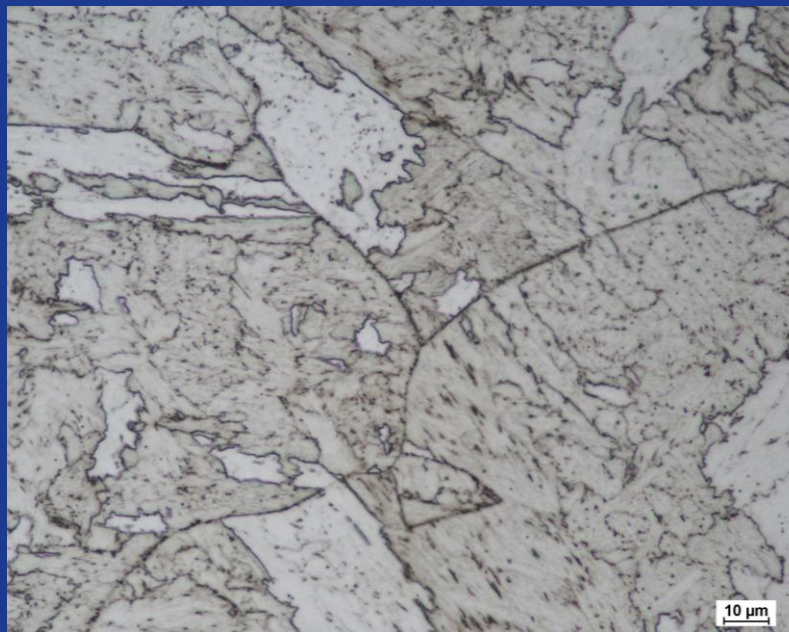
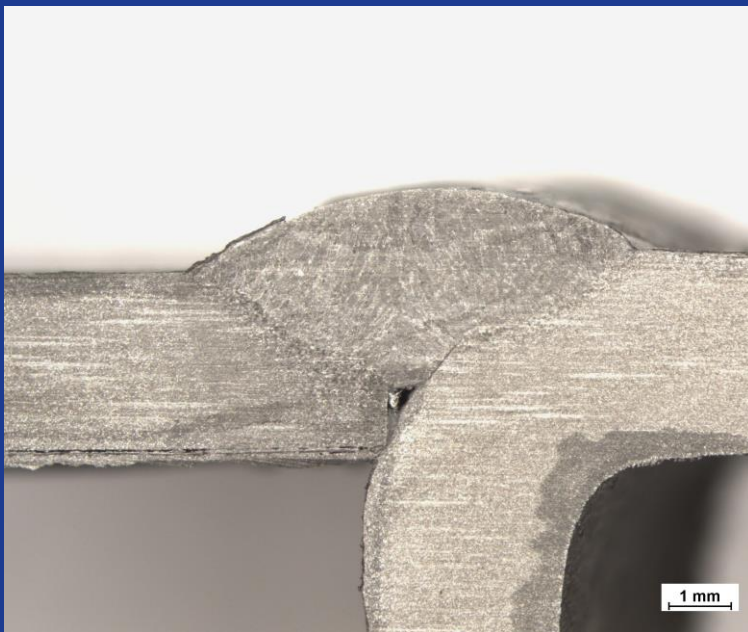


Aplikace keramického povlaku na strop spalovací komory kotle K3



Nástřik roštu fluidního kotle – Žatecká teplárenská



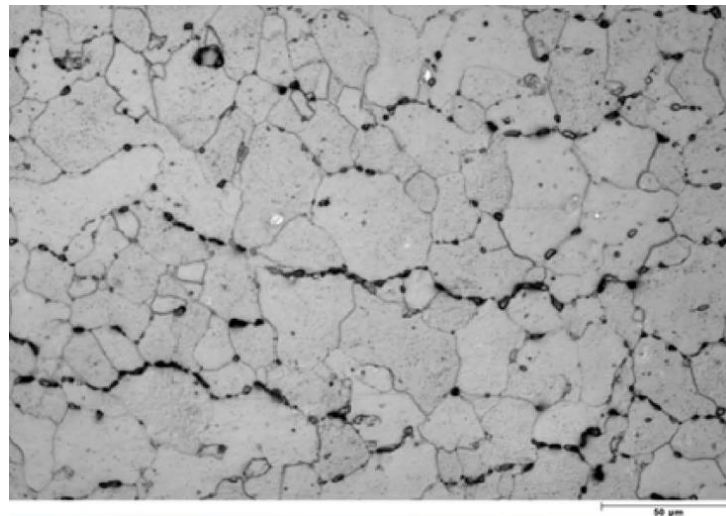


Materiálové laboratoře

- Metalografie
- Chemie
- Mechanická zkušebna
- Defektoskopie

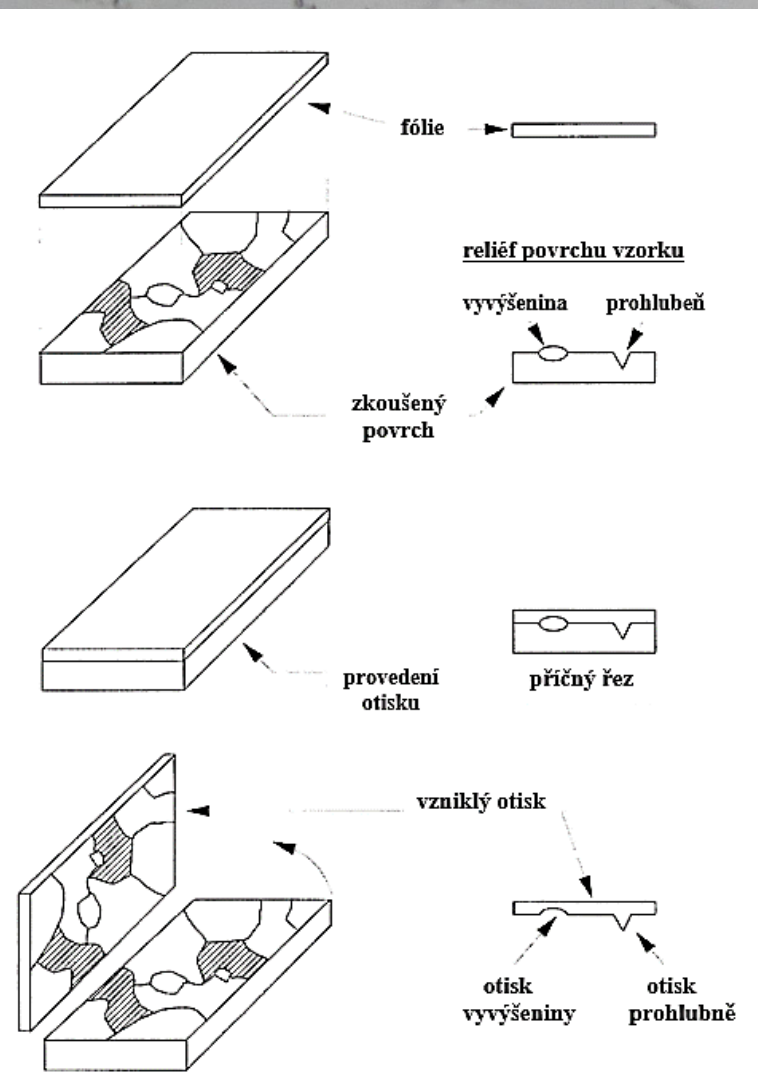
Materiálová diagnostika komponent turbín, parovodů, kotlů, parních bubnů a potrubí

- Analýza technického stavu zařízení
- Defektoskopické zkoušky VT, MT, UT, PT, ET
- Měření tvrdosti a síly stěn
- Nedestruktivní kontrola mikrostruktury
- Stanovení creepového poškození dle NTD A.S.I
- Měření a vyhodnocování korozních důlků oběžných lopatek
- Odběr malých vzorků semi-destruktivní metodou
- Únavové a creepové zkoušky
- Chemické rozborů úsad
- Rozborů olejů
- Stanovení příčin selhání materiálů



Nedestruktivní kontrola materiálu metodou replik

- „Otisk“ mikrostruktury a jeho následné hodnocení
- Stanovení creepového poškození,
- Návrh rozsahu kontrol



100 μm

Odběr pomocí EDSE (Electric Discharge Sampling Equipment)

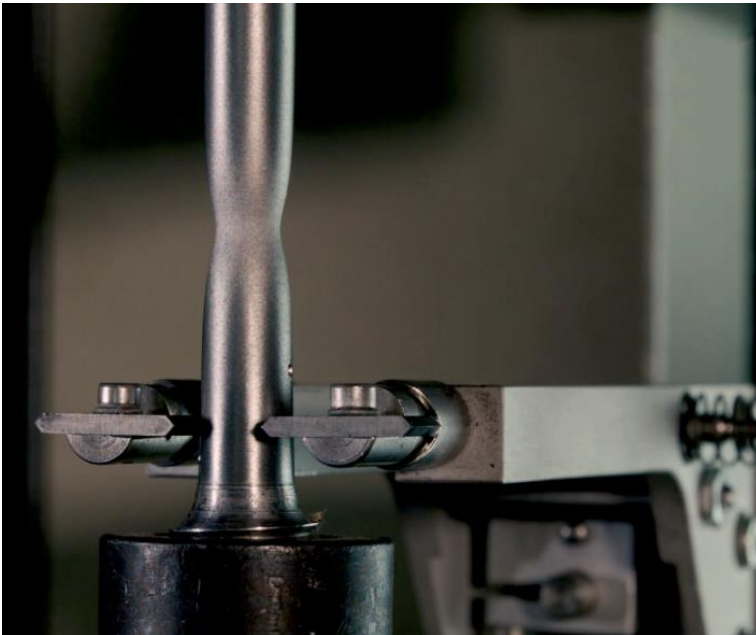


- Odběr malých vzorků semi-destruktivní metodou
- Zkoušený díl je nadále možné provozovat
- Vhodné pro stanovení zbytkové životnosti silnostěnných dílů
- Typické aplikace na rotorech a tělesech parních turbín, parních bubnech, parních rozdělovačích, směšovacích kusech a parovodech

Mechanické zkoušení

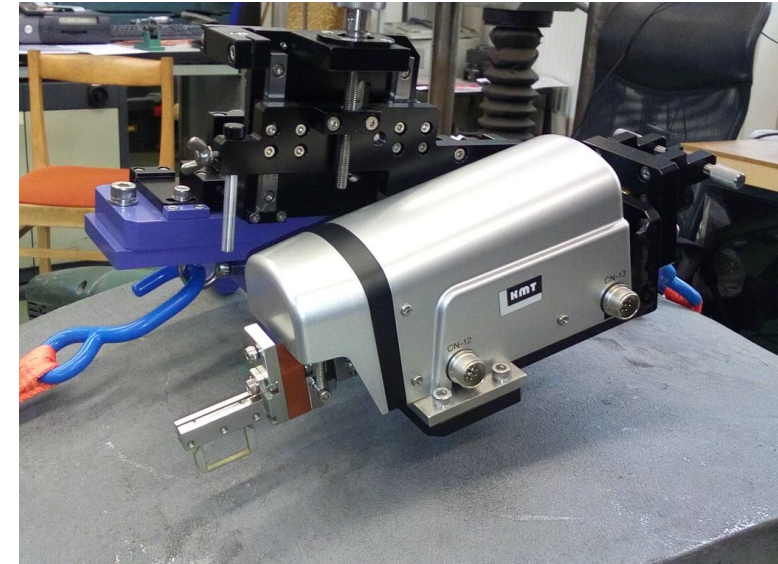
Konvenční zkoušky – zničení zkoušeného dílu

- Zkouška tahem
- Zkouška rázem v ohybu
- Únavové zkoušky
- Creepové zkoušky



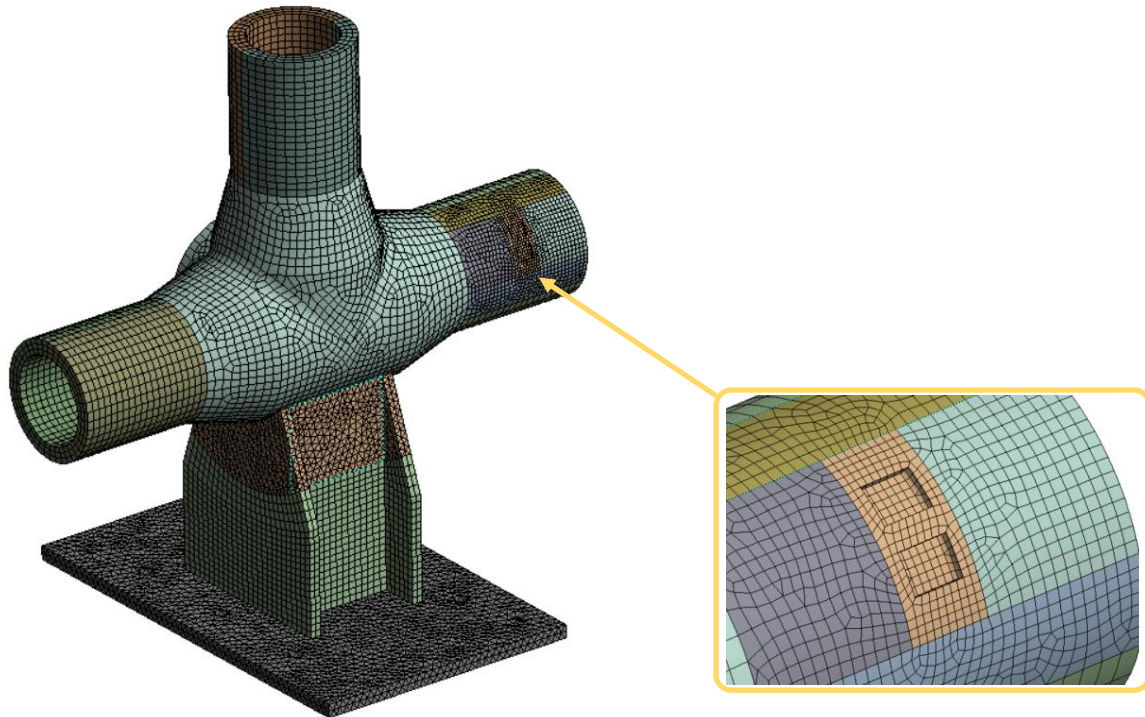
Mini-vzorky, semi-destruktivní odběr – možný další provoz

- Zkouška tahem
- Zkouška rázem v ohybu
- Únavové zkoušky
- Creepové zkoušky

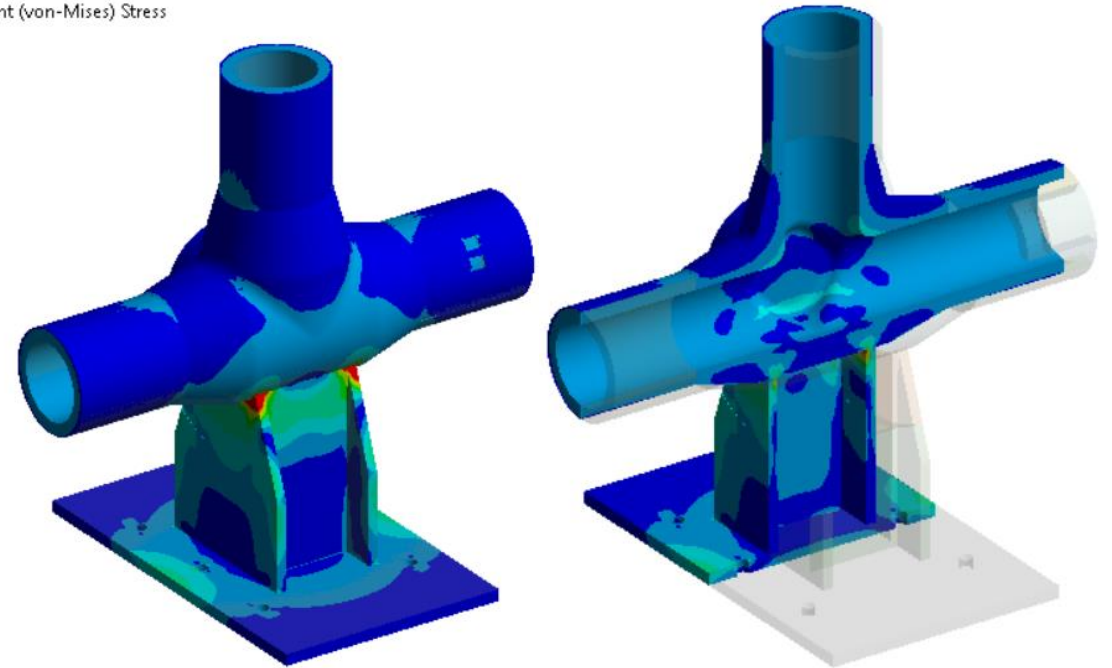
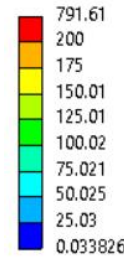


Stanovení zbytkové životnosti

- Stanovení potřebných materiálových parametrů použité oceli, tj. vč. creepových charakteristik, dle normy
- Výpočet tepelného a mechanického namáhání konstrukce.
- Kontrola konstrukce při tečení dle normy ČSN EN 13445-3, přílohy B a C (výpočet plánované životnosti)



Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 3 s
Custom
Max: 791.61
Min: 0.033826



- Zpracování výsledků creepových zkoušek materiálu odebraného z konstrukce, formulace vhodného modelu závislosti těchto veličin: teplota (T), napětí (σ), doba do lomu (t_{rupt})
- Odhad zbytkové životnosti konstrukce na základě výsledků creepových zkoušek.

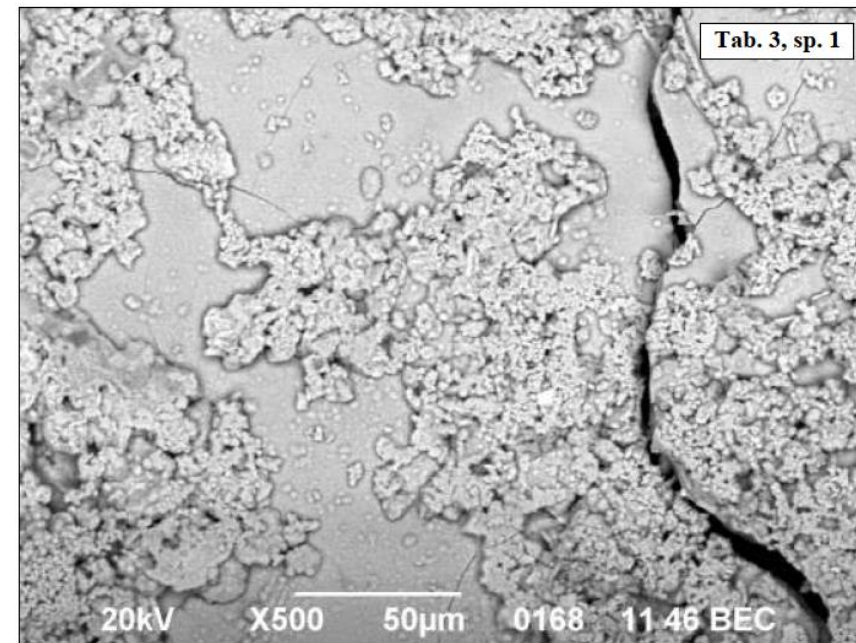
Analýza turbínových olejů



- Opotřebení (otěrové prvky v oleji)
- Aditiva – přísady
- Obsah vody
- Viskozita 40°C a 100°C
- Třída čistoty
- Číslo kyselosti
- Spektrum FTIR
- RPVOT – Test
- Inhibitor fenolový FTIR
- Deemulgační číslo
- Pěnivost
- Bod vzplanutí
- Homologační zkoušky

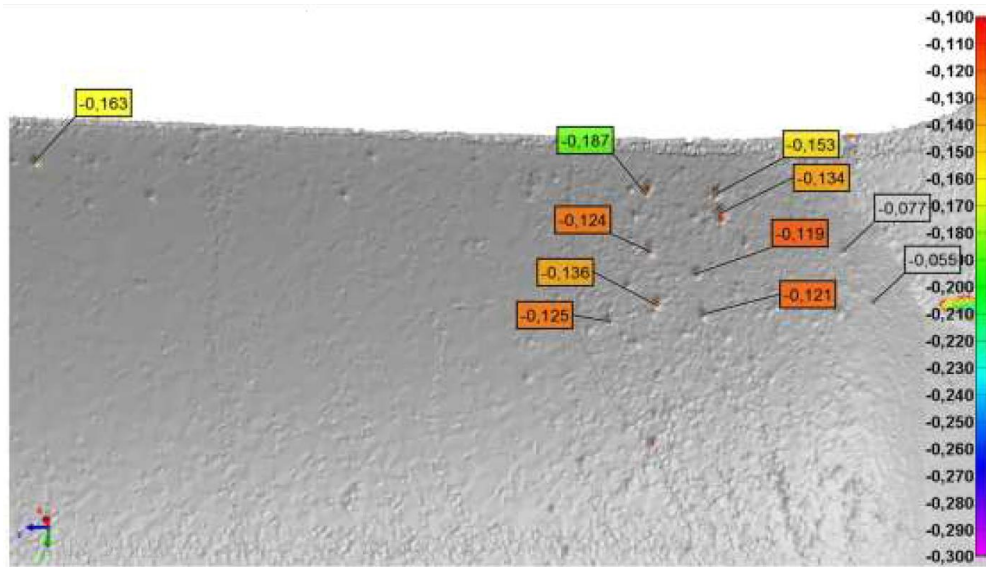
Stanovení příčin selhání materiálu

- Stanovení příčin selhání oběžných i rozváděcích lopatek turbín
- Analýza defektů parovodů
- Praskání svorníků turbíny
- Stanovení korozního napadení nerezavých ocelí (např. výměníky)



Komplexní hodnocení stavu a plánování údržby

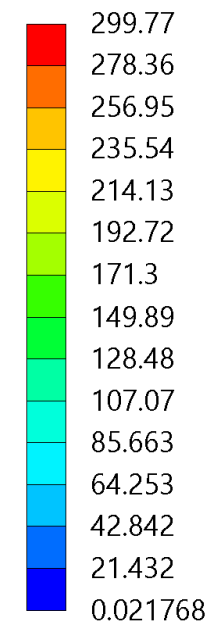
Výpočty a simulace



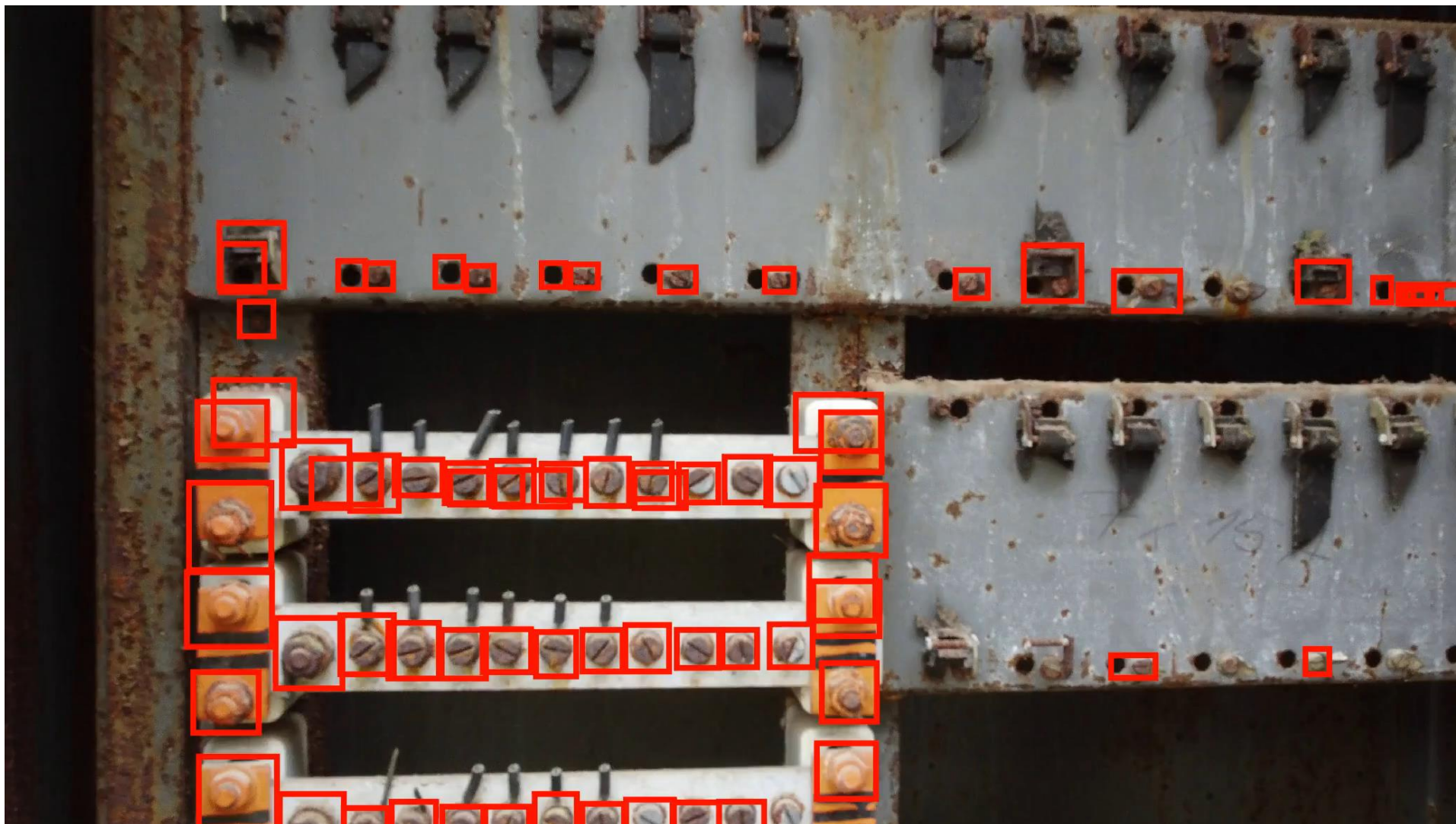
3D sken povrchu lopatky

- Analýza profilu povrchu
- Identifikace důlků
- Export údajů o důlcích

- Výpočet statického předpětí a dynamického napětí na lopatce
- Výpočet map kritických velikostí důlků
- Stanovení hodnot napětí v místech důlků



Pokročilá diagnostika



Pro naše zákazníky



VZÚ Plzeň

Centrum žárových nástřiků



Bluefactory Fribourg

Pivovar

20.5.2022 – inspekce pivovarské věže



Děkuji za pozornost