

## Měření povrchových teplot rohových břitů rýpadla KU 800 při těžbě obtížně rozpojitelých materiálů

Ing. Vlastimil Moni, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Lubomír Donát<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most, moni@vuhu.cz

<sup>2</sup>Vršanská uhelná a.s., V. Řezáče 315, Most

Přijato: 24. 7. 2019, recenzováno: 12. 8. a 15. 10. 2019

### Abstrakt

Obsahem článku je posouzení provozního povrchového oteplení pěti nasazených variant geometrií břitů korečků dobývacího orgánu kolesového rýpadla KU 800/11 – K84 těžcího skryvkové horniny obsahující větší či menší objem obtížně rozpojitelých materiálů na lokalitě lomu Vršany, s cílem ověřit v provozních podmínkách funkčnost čtyř nových variant geometrií břitů v porovnání s původním řešením a zjistit nejvhodnější geometrii břitu pro dané dobývací podmínky.

### Surface temperatures of the corner edges of the bucket wheel excavator KU 800 in the mining of hard and difficult disconnectable materials

The article describes an assessment of the operational surface warming of the five variants of the cutting edge geometry of the bucket wheel excavator KU 800/11 – K84 extracting upper soils containing a larger or smaller volume of difficult disconnectable materials at the Vršany open pit mine. Main goal was verification of the functionality of four new geometries in the operating conditions compared to the original solution and to determine the most suitable cutting geometry for the given mining conditions.

### Die Messung von Oberflächentemperaturen der Eckschneiden des Baggers KU 800 bei der Förderung der schwer lösaren Materialien

Dieser Artikel bewertet die betriebliche oberflächige Erwärmung der fünf eingesetzten Varianten von den Geometrien der Eimer-schneiden des Abbauprozesses des Schaufelradbaggers KU 800/11 – K84, der die Abraumböden, welche größeres oder kleineres Volumen an schwer lösaren Materialien auf der Lokalität des Tagebaus Vršany enthalten, mit dem Ziel, unter Betriebsbedingungen die Funktionstüchtigkeit der vier neuen Varianten von Schneidegeometrien im Vergleich mit der ursprünglichen Lösung zu überprüfen, sowie auch die optimale Schneidegeometrie für gegebene Abbaubedingungen zu ermitteln.

Klíčová slova: dobývací orgán, břit, životnost, termodiagnostika, teplota, dobývací stroje.

Keywords: cutting elements, cutting edge, durability, thermodynamics, temperature, mining machines.

## 1 Úvod

Kolesové rýpadlo KU 800/11 – K84 nasazené na lokalitě Vršany aktuálně těží skryvkové horniny od třídy rozpojitelnosti A s indexem JKS pod 95 až po skryvkové horniny třídy rozpojitelnosti C-D s indexem JKS 110 a pevností v prostém tlaku 3,3 MPa. V některých partiích těží nesoudržné materiály a písky, v kterých jsou volně uloženy čocky prachovitých jílovců a karbonatiko-prachovitých jílovců o rozměrech až 2 x 2 x 1 m. V těchto partiích dochází k obrovské zátěži řezných orgánů, písky jsou velmi abrazivní a každý kontakt s pevnými polohami vystavuje řezné orgány velkému náporu. Dochází k velkému obrušování, vylamování částí i celých řezných orgánů. Na základě provozních zkušeností z dané lokality lze konstatovat, že plný koreček s rohovými břitmi rozpojování obtížně rozpojitelých materiálů a abrazivních materiálů, které obsahují pevné polohy, zvládá nejlépe, ale i na tomto korečku dochází při těžbě k velké degradaci řezných orgánů a jejich renovace a opravy jsou pracné, časově náročné a vyžadují vynaložení nemalých finančních prostředků. Následující text se věnuje popisu návrhu vývoje nové vhodnější varianty geometrie rohového břitu, která by měla v obtížných báňsko-geologických podmínkách dobývání nejvyšší možnou odolnost proti opotřebení za stejnou, popř. nižší pořizovací cenu a která by umožnila snadnější výměnu

při jeho opotřebení nebo poškození. Jedním ze sledovaných parametrů při ověřovacím provozním nasazení nových variant geometrií na kolese rýpadla nasazeného v reálných dobývacích podmínkách bylo provozní povrchové oteplení břitů. Opotřebení břitů dobývacího orgánu nezávisí pouze na hornině, nýbrž i na tvaru nástroje, podmínkách nasazení stroje, na jeho stabilitě a klidnému chodu, a zejména na teplotě dosažené při práci nástroje. Poslední uvedená veličina je významná především proto, že při určité teplotě (která je u používaných tvrdokovů v rozmezí od 400 do 600 °C) dochází ke značnému poklesu pevnosti struktury tvrdokovu, což má za následek rapidní zvýšení opotřebení. Dostí velká část příkonu na rozpojování horniny se transformuje na teplo [2]. Přitom se zvyšuje teplota zubu, resp. břitu, okolního prostředí a teplota třísky. Důvodem měření bylo porovnání aktuálního stavu provozního oteplení původních (navrhovaných) břitů se čtyřmi novými variantami geometrií břitů nasazených na kolese rýpadla KU 800/11 – K84 pomocí termovizní kamery.

## 2 Variantní geometrie rohových břitů

Pro těžbu obtížně rozpojitelých a abrazivních materiálů korečkovými rýpadly se v provozní praxi nejvíce osvědčily korečky s rohovými břitmi. Rohové břitmi, nejčastěji odlité,

jsou přivařeny k upravené stykové ploše na bandáži korečku. Výhodou tohoto řešení je spolehlivost uchycení rohového břítu k bandáži korečku [3].

Hlavní nevýhodou je obtížná výměna rohového břítu při jeho opotřebení nebo poškození. Tato výměna obvykle vyžaduje demontáž korečku z kola a dílenskou opravu. Původní břit se musí celý odstranit, po té je nutno zarovnat dosedací plochy bandáže korečku a připravit plochu pro svár, následně je nutno, za dodržení předepsaného technologického postupu, přivařit nový rohový břit a ten na funkčních částech opatřit návarem tvrdokovu. Další nevýhodou tohoto provedení rohových břitů je velmi omezený výběr materiálů pro jejich výrobu. Při požadavku na svařitelnost materiálů rohového břítu jsou výrazně omezeny mechanické vlastnosti tohoto materiálu. Za nevýhodu lze považovat i delší dodávky výroby ocelolitinových polotovarů rohových břitů.

Snahou je navrhnout a v provozních podmínkách odzkoušet bříty takové konstrukce, které budou schopny rozpojovat materiál po celou požadovanou dobu, tj. odtěžit celý blok obtížně rozpojitelných materiálů až do přechodu do prostoru s materiály těženými dalšími typy korečků, nebo břit snadno výměnný a snadno renovovatelný. Obě uvedené možnosti mohou přinést výrazné zlepšení časového fondu těžby a tím i velké finanční úspory.

V první fázi vývoje inovovaného konstrukčního provedení řezného orgánu byly navrženy čtyři nové varianty geometrie břítu. První tři varianty pevných (pevně přivařených břitů) a jedna, čtvrtá varianta s pevně přivařeným adaptérem, unášečem břítu a samostatným výměnným břitem. V návrzích byly využity „nové“ pevnostní a ořezuvzdorné materiály Hardox 500, CHOCOBLOK a OVERLAY 700 [4].

#### I. Varianta

Přivařený rohový břit vytvořený jako svařenec z materiálu Hardox 500 a osazený z čelní hrany ořezuvzdorným materiálem CHOCOBLOK o tloušťce 25 mm a z bočních stran ořezuvzdorným materiálem OVERLAY 700 s tvrdostí 700 HB o tloušťce 6 mm.



Obr. 1: Rohový břit Varianta I.

#### II. Varianta

Přivařený rohový břit vytvořený jako svařenec z materiálu Hardox 500 a osazený z čelní hrany ořezuvzdorným materiálem OVERLAY 700 s tvrdostí 700 HB o tloušťce 10 mm a z bočních stran ořezuvzdorným materiálem OVERLAY 700 s tvrdostí 700 HB o tloušťce 6 mm.



Obr. 2: Rohový břit Varianta II.

#### III. Varianta

Přivařený rohový břit vytvořený jako svařenec z materiálu Hardox 500 a osazený z čelní hrany ořezuvzdorným materiálem OVERLAY 700 s tvrdostí 700 HB o tloušťce 10 mm a z bočních stran ořezuvzdorným materiálem OVERLAY 700 s tvrdostí 700 HB o tloušťce 6 mm. U této varianty je vytvořena užší horní hrana.



Obr. 3: Rohový břit Varianta III.

#### IV. Varianta

Přivařený adaptér (úchyt břítu) z materiálu Hardox 500 s výměnným rohovým břitem vytvořeným jako svařenec z materiálu Hardox 500 a osazený z čelní hrany ořezuvzdorným materiálem OVERLAY 700 s tvrdostí 700 HB o tloušťce 10 mm a z bočních stran ořezuvzdorným materiálem OVERLAY 700 s tvrdostí 700 HB o tloušťce 6 mm.

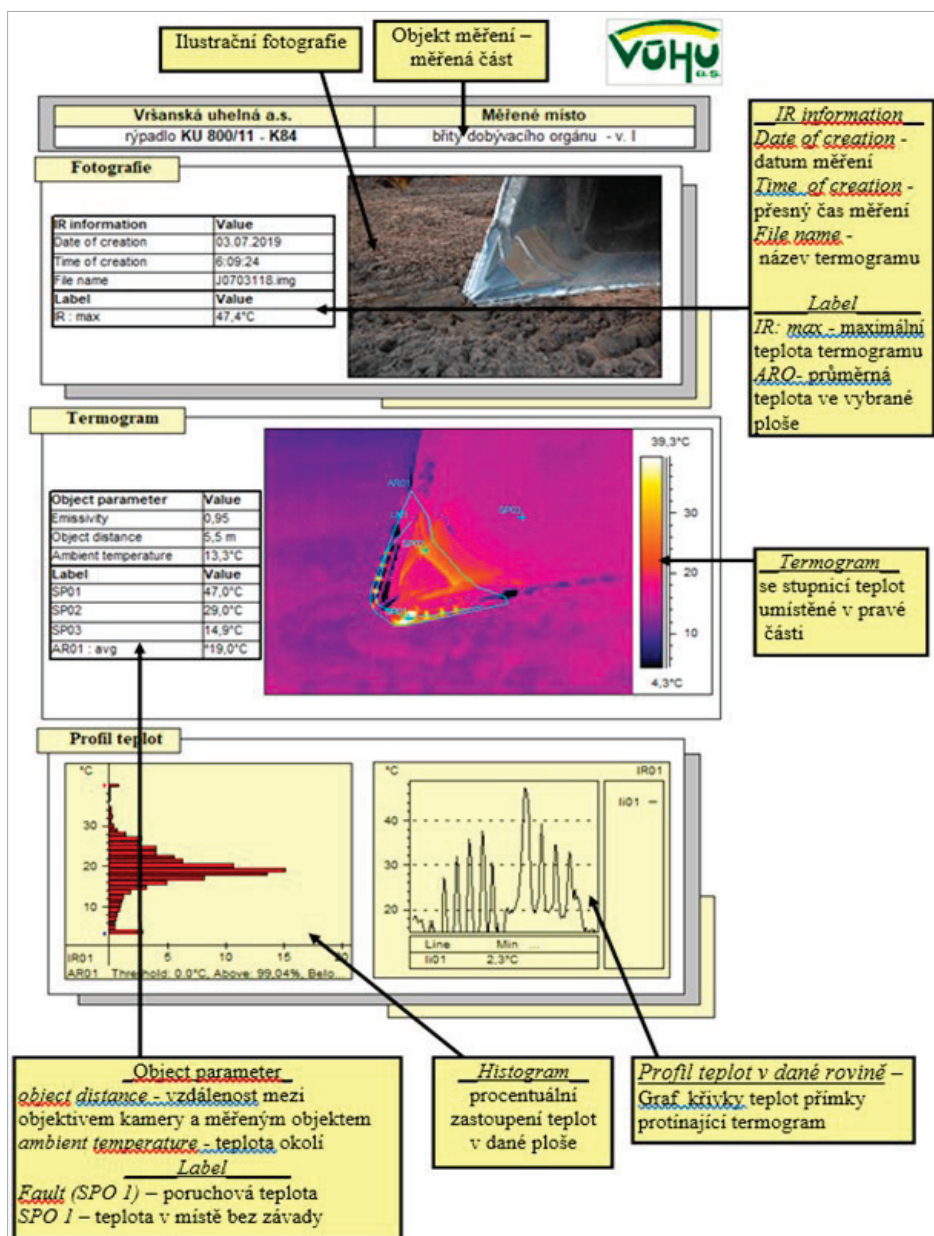


Obr. 4: Rohový břit Varianta IV – výměnný.

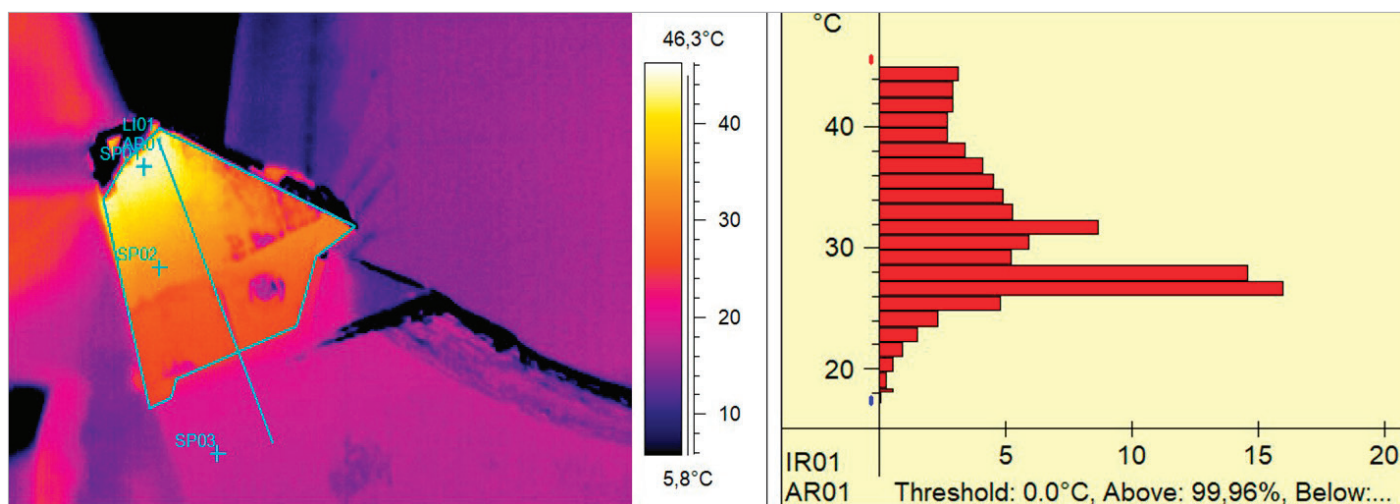
### 3 Termovizní měření

Termovizní měření aktuálního stavu provozního oteplení původních břitů a čtyř nových variant břitů nasazených na kolese rýpadla KU 800/11 – K84 bylo provedeno ve dnech 2. a 3. července 2019 v časných ranních hodinách. Měření povrchové teploty předmětných částí dobývacího orgánu kolesového rýpadla bylo provedeno při těžbě spodní lávky, při 85% otáčkách kola, kdy byl důkladně vyhotoven termovizní záznam aktuálního provozního tepelného stavu rohových břitů ze třech různých míst za provozu rýpadla a následného detailního měření po bezprostředním zastavení kola na pláni porubu. Ke každému pořízenému termogramu byla vždy zajištěna digitální fotografie (rovněž za účelem snadnější identifikace měřené varianty geometrie břitů).

Pro správné vyhodnocení pořízených termogramů byla při měření provozního oteplení břitů současně měřena teplota okolního vzduchu kalibrovaným digitálním teploměrem

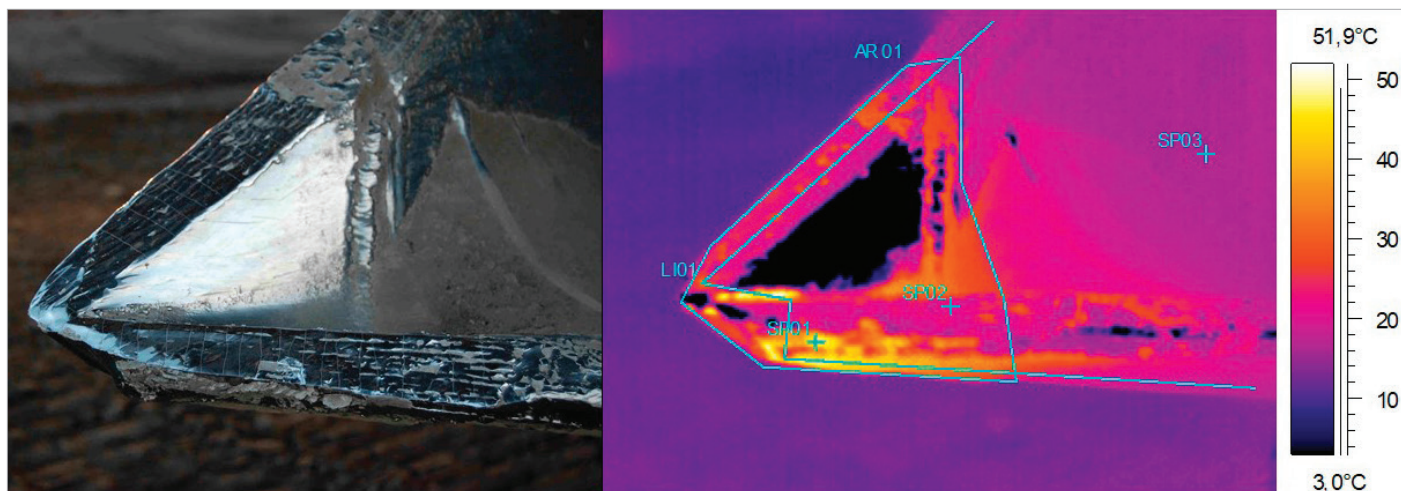
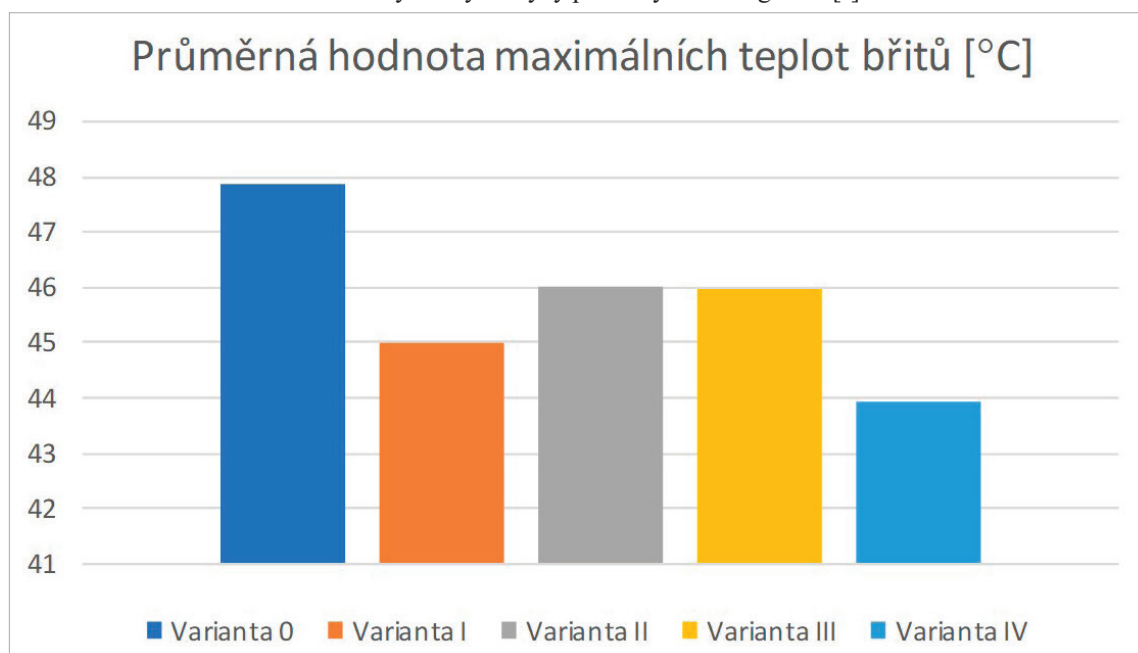


Obr. 5: Formulář pro vyhodnocení termogramů.

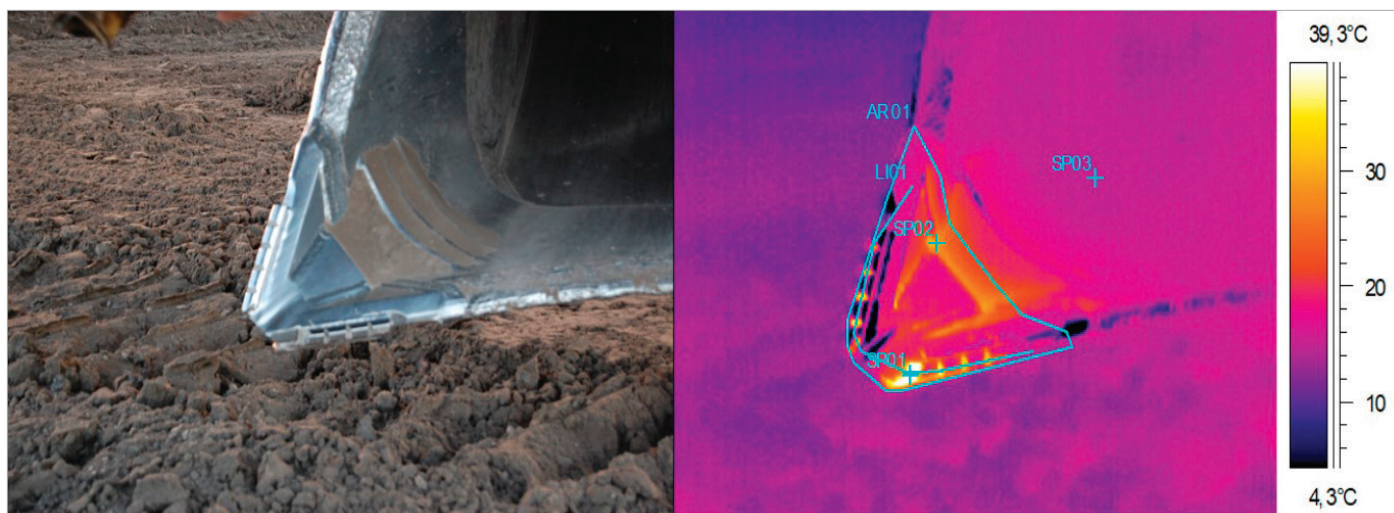


Obr. 6: Termogram - analýza povrchové teploty břitů.

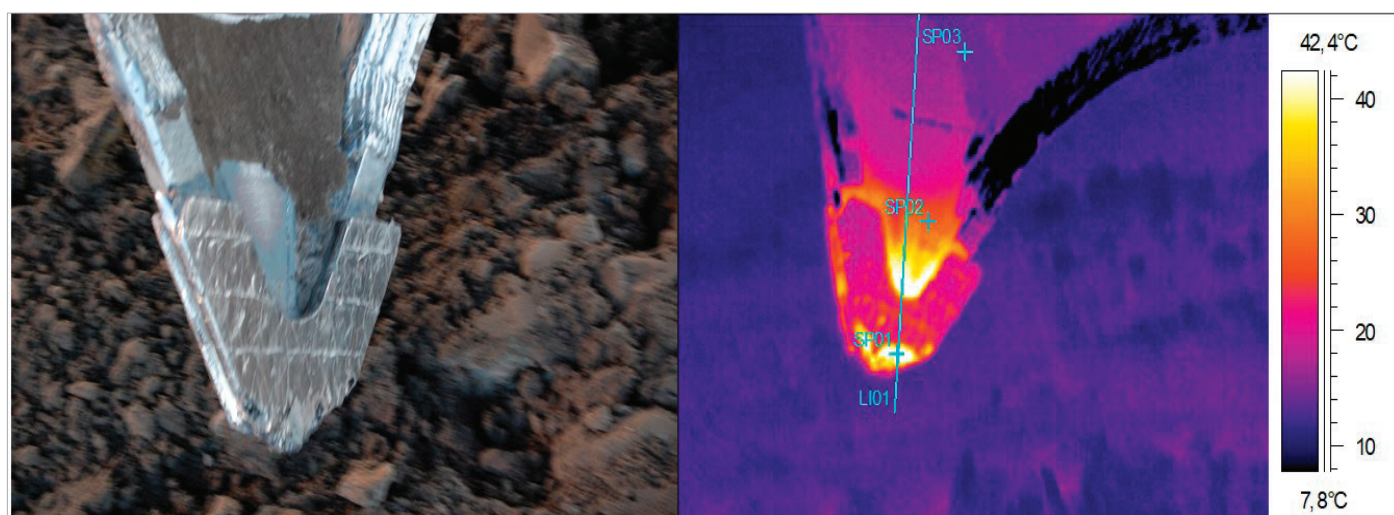
Graf 1: Výsledky analýzy pořízených termogramů [1]



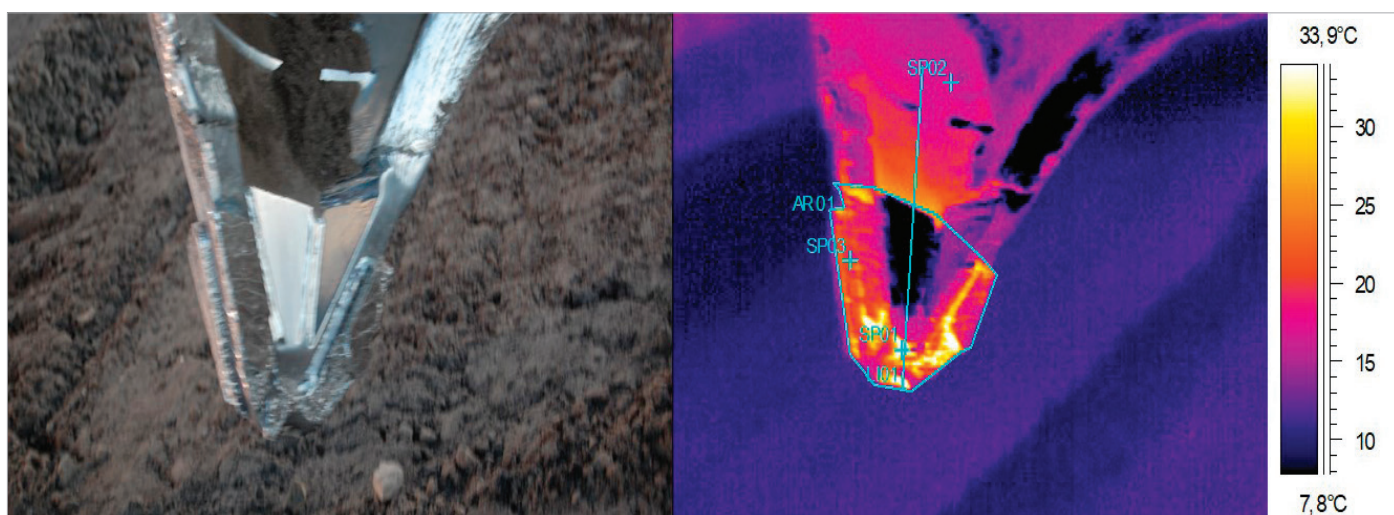
Obr. 7: Termogram - Původní varianta bříty.



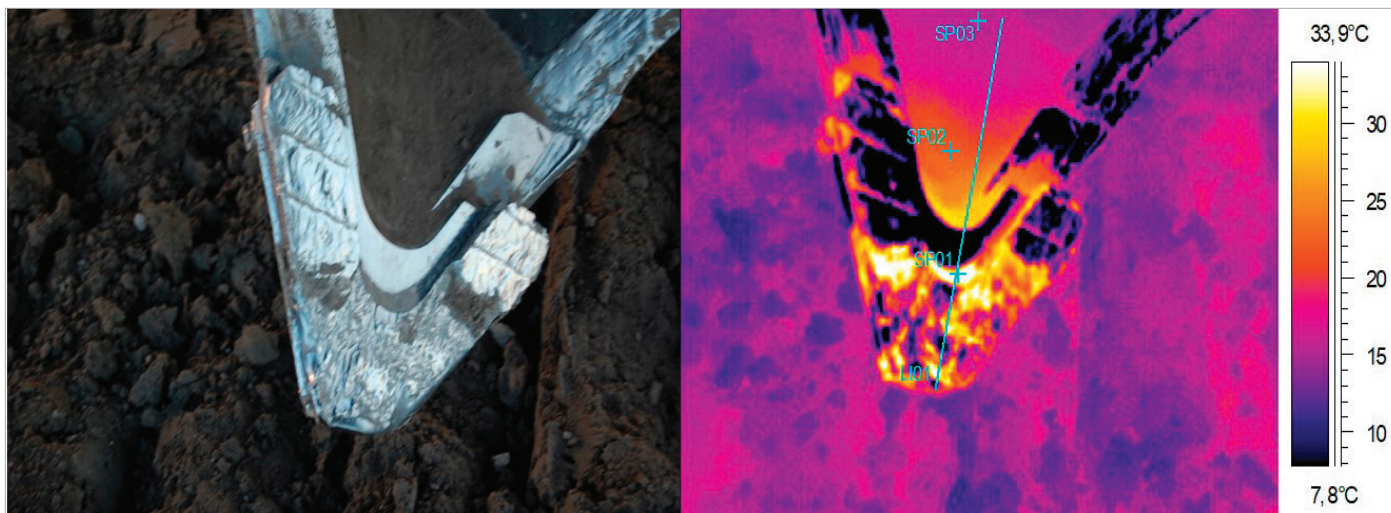
Obr. 8: Termogram - Varianta břitu I.



Obr. 9: Termogram - Varianta břitu II.



Obr. 10: Termogram - Varianta břitu III.



Obr. 11: Termogram - Varianta břitu IV.

a vlhkost vzduchu kalibrovaným digitálním anemometrem. Pro určení správné hodnoty emisivity povrchu zubů korečku byl vybrán reprezentativní zkušební vzorek, jehož teplota byla změřena kalibrovaným kontaktním digitálním teploměrem a po dosažení hodnot teploty okolí a vzdálenosti do kamery byl tento vzorek změřen termokamerou. Upravováním hodnot emisivity se kamera zkalibrovala na správnou teplotu změřenou kontaktním teploměrem. Celkem bylo pomocí termovizní kamery nasnímáno a následně na PC vyhodnoceno při prvním měření 85 termogramů a při druhém měření 99 termogramů.

Pro vyhodnocování termogramů byly použity přehledné formuláře, do kterých jsou zapsány veškeré potřebné údaje pro správné vyhodnocení. Každému termogramu přísluší jeden formulář. Ukázka formuláře je uvedena na obrázku č. 5.

#### 4 Výsledky měření teplot

Vypočtení průměrné a maximální teploty zubů v jednotlivých pozicích je prováděno z analýzy pořízených termogramů a z nich vytvořených histogramů - viz obrázek č. 6.

Vytvořením samostatných ploch na ploše termogramu, které kopírují hranice stěn jednotlivých břitů korečků, je možné pomocí histogramů provést výpočet průměrné a maximální teploty potřebné pro zjištění provozního oteplení každého břitu v korečku dobývacího orgánu kolesového rýpadla. Takto vzniklá rozsáhlá databáze informací o rozložení povrchových teplot jednotlivých variant geometrií břitů nasazených na kolese rýpadla je podrobně analyzována [1]. Sumarizace těchto výsledků je patrná z následujícího grafu.

#### 5 Závěr

Povrchové teploty břitů nasazených na kolese rýpadla se v době měření pohybovaly v intervalu od 30 °C do 76 °C. Nejnížší průměrná teplota vypočtená z maximálních teplot byla zaznamenána u varianty geometrie č. 4 a dále u varianty geometrie č. 1. Nejvyšší průměrná teplota vypočtená z maximálních teplot byla u varianty geometrie č. 0 – původní navařovaný břit.

V době termovizního měření realizovaného za provozu stroje KU 800/11 – K84 na lokalitě lomu Vršany vykazovala předmětná část snímané části dobývacího orgánu kolesového rýpadla pouze ty tepelné anomálie, které jsou obvyklé pro použitou geometrii břitů a použité materiály, z kterých jsou tvořeny. Jednotlivé varianty geometrií břitů nevykazují výrazné teplotní anomálie a korespondují s výsledky z obdobných měření břitů na dalších lokalitách (na rozdíl od měření zubů, kdy rozdíly povrchových teplot dosahují mnohem výraznějšího kontrastu) při použití stejného postupu a dodržení stejných (resp. podobných) podmínek při měření. I přes tuto skutečnost je rozbořem naměřených teplot možné pozorovat rozdíly rozložení povrchové teploty v rámci jednotlivých variant geometrií, viz graf 1 s výsledky analýzy pořízených termogramů.

S odkazem na výsledky grantového projektu GA ČR č. 105/07/1031 s názvem „Výzkum vlivu tvaru a geometrie břitu rozpojovacích orgánů kolesových rýpadel pomocí nových metod na energetickou náročnost a životnost“ a na další pozdější práce, kde byla prokázána statisticky významná pozitivní korelace mezi opotřebením a oteplením břitu, lze konstatovat, že u předmětné geometrie s vyšší provozní teplotou bude docházet k rychlejšímu opotřebení a naopak.

Realizované provozní zkoušky jednoznačně prokázaly možnost použití nových variant geometrií v nejtěžších báňsko-geologických podmínkách dané lokality a byly schopny rozpojovat materiál po celou požadovanou dobu, tj. odtěžit celý blok obtížně rozpojitelných materiálů. Výhody plynoucí ze snadnější manipulace a zkrácení času při výměně bude nutné ještě vyhodnotit.

#### Poděkování

Príspevek vznikl za finanční podpory projektu TA ČR s názvem „Výzkum optimalizace tvaru a materiálu řezných orgánů zemních a dobývacích strojů“ a značné spolupráce partnerů z Vršanské uhelné a.s., jejichž výsledků výzkumu bylo v článku použito.

**Literatura**

- [1] MONI, V.: Měření povrchových teplot rohových břitů za provozu rýpadla KU 800. VÚHU a.s., TPD - 023/19, 2019.
- [2] MONI, V.: Vliv teplotního obrazu zubu korečku kola na jeho životnost. VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní 2011, Disertační práce, 120 s, + 67 s. příloh.
- [3] MONI V., TÄUBER J., MILETIČ T.: Výzkum optimalizace materiálu a tvaru řezných orgánů pracovních strojů, Zpravodaj Hnědé uhlí, no. 1, str. 40-43, ISSN 1213-1660.
- [4] MONI, V., ŘEHOŘ, M., MILETIČ, T., TÄUBER, J.: Research of the new materials and these materials adjustment for cutting bodies of excavators. Scientific Geoconference SGEM 2018, Albena, 6-7/2018, s. 647 – 654, ISSN 1314-2704.