

Nasazení korečku KU300 se zuby ESCO® na lomu ČSA

Ing. Vlastimil Moni, Ph.D.¹, Ing. Lubomír Donát²

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; moni@vuhu.cz

²Vršanská uhelná a.s., V. Řezáče 315, Most

Přijato: 24. 10. 2019, recenzováno: 11. 11. 2019, 27. 2. 2020

Abstrakt

Obsahem předmětného článku je popis zkušební nasazení nového korečku v reálných provozních podmínkách povrchového lomu a posouzení provozního povrchového oteplení nově použité geometrie zubů s původními zuby na dvou rýpadlech KU 300 při těžbě na stejné lokalitě lomu ČSA. Cílem bylo ověřit v provozních podmínkách funkčnost nového korečku se zuby ESCO U35T v porovnání s původním řešením a zajistit vhodnější geometrii zubů pro dané dobývací podmínky.

Installation of the bucket with ESCO teeth on bucket wheel excavator KU300 at the ČSA mine

The article provides the description of the test deployment of the new bucket in real operating conditions of the open pit mine and an assessment of the operational surface warming of the newly used geometry of teeth in comparison with the original teeth on two excavators KU 300 during mining at the ČSA mine. The aim was to verify the functionality of the new bucket with new ESCO U35T teeth in the operating conditions compared to the original solution and to ensure a more suitable tooth geometry for the given mining conditions.

Einsatz des Eimers KU 300 mit ESCO®-Zähnen auf dem Tagebau ČSA

Der Inhalt des vorgelegten Artikels ist die Beschreibung des Prüfeinsatzes eines neuen Eimers unter realen Betriebsbedingungen eines Tagebaus und die Bewertung der oberflächigen Betriebserwärmung der Zähnen mit der neuen Geometrie gegenüber den ursprünglichen Zähnen auf zwei Baggern KU 300 bei der Gewinnung an der gleichen Lokalität des Tagebaus ČSA. Das Ziel war unter Betriebsbedingungen die Funktionsfähigkeit des neuen Eimers mit den Zähnen ESCO U35T im Vergleich mit der ursprünglichen Lösung zu überprüfen und eine zweckmäßigere Zahngeometrie für gegebene Abbaubedingungen sicherzustellen.

Klíčová slova: dobývací orgán, koreček, zub, životnost, termodiagnostika, teplota, dobývací stroje.

Keywords: cutting elements, bucket, tooth, time of life, thermodiagnosics, temperature, mining machines.

1 Úvod

Těžba, respektive vlastní rozpojování hnědého uhlí v uhelných partiích hlavní porubní fronty na lomu ČSA, a to zejména ve spodním řezu, kde je přímý kontakt dobývacího orgánu kolesového rýpadla KU 300 s podložím, má vysoké nároky na rozpojovací části stroje. V těchto partiích jsou řezné orgány v obrovské zátěži, v jejímž důsledku dochází k velkému obrušování, vylamování částí zubů i destrukci bandáží korečků v místech jejich uložení. Těžba hnědého uhlí na lomu ČSA je realizována kolesovými rýpadly KU 300/S. Koleso rýpadla KU 300, které těží v této části lomu, je bezkomorové: po jeho obvodu je nasazeno 13 ks korečků - každý o objemu 650 litrů. Korečky jsou původní konstrukce, navržené výrobcem rýpadla - společností UNEX. Korečky jsou svařencem ocelolitiny a dalších částí z konstrukční oceli. Zuby jsou vsazeny do úchyťů, které jsou součástí odlité bandáže. Tvar úchyťů odpovídá tělu zubu, které je v úchyťu umístěno a je klínovitého tvaru. Zub s číselným označením „2672“ je v bandáži proti vysunutí zajištěn kulatinou, a ta je zajištěna vlastním ohnutím – viz obrázek č. 1. Tvar zubu vyrobený z ořezuvzdorné ocelolitiny s označením VP7 má příznivý vliv na kusovitost těženého hnědého uhlí, které lze následně drtit a třídit na požadované frakce. Zvýšená potřeba těchto zubů v posledních letech spolu s destrukcí bandáží korečků představovala citelné zvýšení finančních nákladů na provoz a údržbu kolesového rýpadla pracujícího při těžbě

hnědého uhlí na lomu ČSA. V této souvislosti vznikl požadavek na vytvoření nového řešení dobývacího orgánu s vyšší životností. Vršanská uhelná a.s. navázala spolupráci s firmou RENOMAG spol. s r.o. (dále jen RENOMAG) a výsledkem této spolupráce je nový prototyp korečku kolesového rýpadla KU 300.



Obr. 1: Zub s číselným označením „2672“.

2 Nový koreček KU 300

Koreček byl vytvořený ve spolupráci s firmou RENOMAG. Byl navržen a vyroben jako svařenec. Toto řešení může přinést další výhody, zejména ve zkrácení dodacích lhůt výrobku (korečku), a nové možnosti při jeho opravách a repasích. Základ tvoří konstrukční ocel tř. 11 523, bandáž je vytvořena z vysoko pevnostního a ořezávacího materiálu Strenx 700 a úchyty z ořezávacího materiálu Hardox 400. Bandáž je navržena a vytvořena tak, aby její geometrie plně odpovídala potřebám správného usazení adaptéru a obrys řezných orgánů přesně odpovídá obrysu řezných orgánů původního korečku. Jako osazení břitu korečku byl zvolen zubový systém Ultralok® s integrovanou pojistkou – viz obrázek č. 4. Při volbě zubů bylo přihlédnuto k původně používanému tvaru zubu 2672, který má rozeklaný tvar a kusovitost, již vytváří; tak vyhovuje další úpravě těžného uhlénného produktu. Byl zvolen tvar „T“, který značí „dvojšpicí“, jež maximalizuje výkony v těžko prostupných materiálech (obrázek č. 2). Pokud jde o velikostní řadu zubu, byla zvolena řada 35 – označení zubu ESCO U35T. [1]



Obr. 2: Zub tvaru "T".

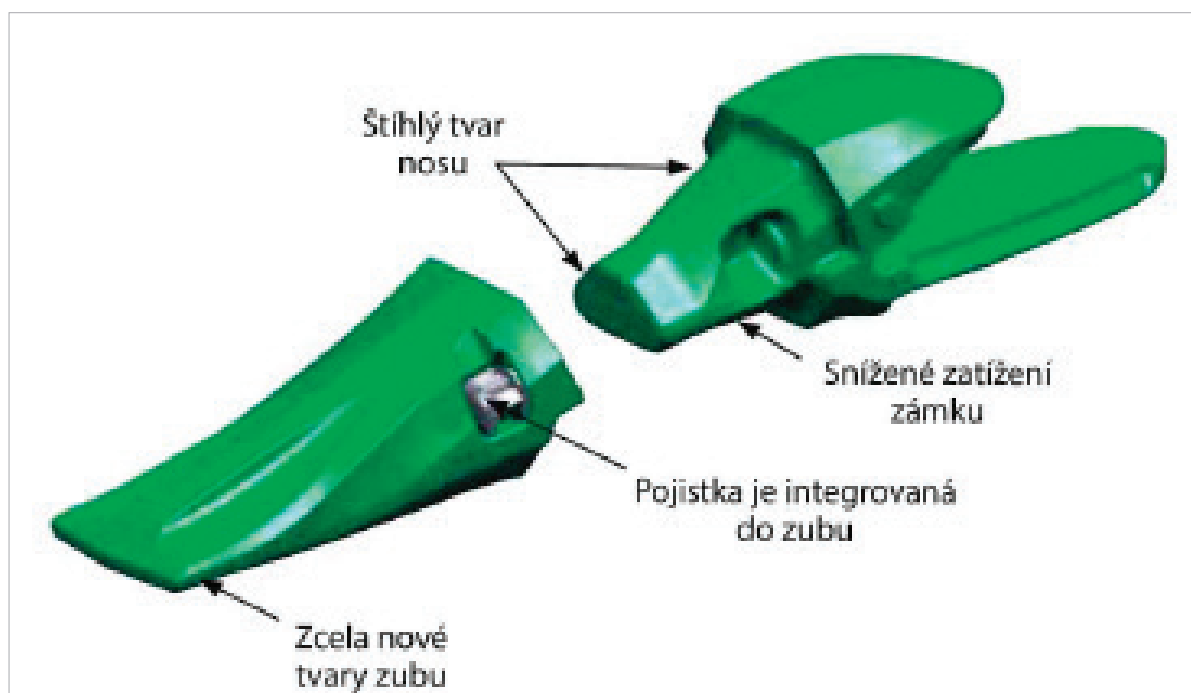
3 Zuby ESCO U35T

Společnost ESCO® patří mezi přední návrháře, vývojáře a dodavatele vysoce technicky vyspělých ořezávacích nástrojů a dílů používaných v těžbě, rozvoji infrastruktury, energetice, letectví a průmyslu. ESCO® zuby se u nás nejvíce používají u zemních strojů, zejména nakladačů. Jedním z jejich výrobků jsou zuby se zubovým systémem Ultralok®. Zub s adaptérem, na který je nasazen, je navržen tak, aby zub po celou svou pracovní životnost chránil adaptér. Adaptér je přivařen bandáží k řezné hraně korečku. [1]



Obr. 3: Nový koreček se zuby ESCO [1].

Pro relevantní ověření a posouzení přínosu „nového“ korečku byl koreček navržen tak, že jeho obrys řezných hran a řezných orgánů je shodný s obrysem řezných orgánů korečku původního.



Obr. 4: Zubový systém Ultralok®.



Obr. 5: Rýpadlo KU 300S-24/K86 – příprava na měření [3].

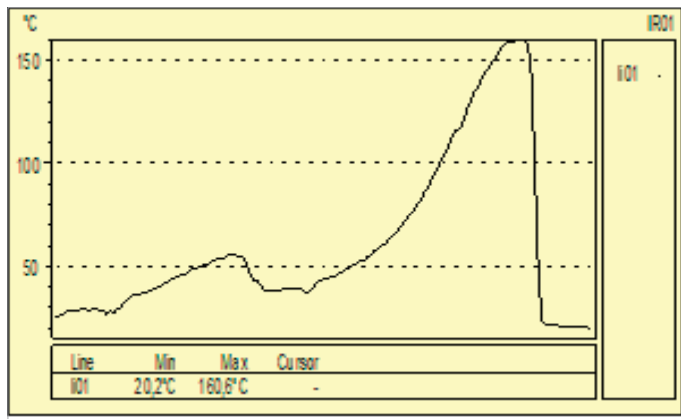
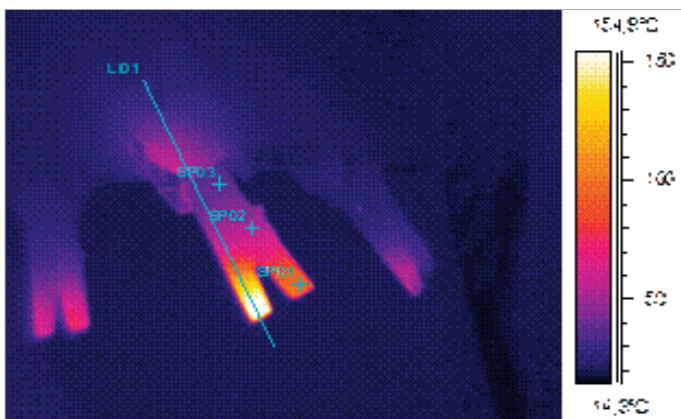
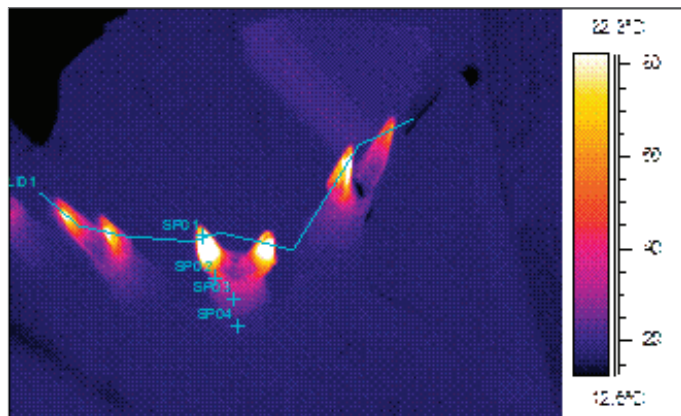


Obr. 6: Rýpadlo KU 300S-23/K82 – příprava na měření [3].

4 Porovnání řezných orgánů korečků původní a nové konstrukce

První otestování prototypu nového korečku se zuby ESCO U35T v provozních podmínkách lomu ČSA proběhlo v období od 11. 3. do 12. 4. 2019. Pro zkoušku a porovnání bylo na koleso ze 13 ks korečků instalováno 12 ks korečků původní konstrukce, osazených zuby typu 6272 z materiálu VP7, a jedním korečkem nově navržené konstrukce se zuby ESCO U35T. Oba typy korečků mají shodný počet zubů, tj. 6 ks zubů, a obrys řezných orgánů obou typů je shodný. Provozní zkouška probíhala v oblasti těžby hnědého uhlí, v závěrečných svazích

demarkace směrem na prostor Obránců míru, které je velmi abrazivní a při jehož rozpojování dochází k velmi rychlému opotřebení řezných orgánů, což dokazovala i četnost výměny zubů při samotné zkoušce. Za výše uvedené časové období došlo k výměně, popř. k doplnění celkem 360 zubů na původních korečcích (tzn. zub 2762) a zkouška byla ukončena v okamžiku, kdy byly zuby ESCO U35T již natolik zkráceny, že by následující zkouška nebyla dostatečně vypovídající. Při tomto prvním zkušebním testu realizovaném v provozních podmínkách stroje KU 300 bylo spotřebováno 6 sad zubů 2762 oproti 1 sadě zubů ESCO U35T. Je nutné připomenout, že zub ESCO U35T je oproti zubu typu 2762 dražší, ale výsledný poměr



Obr. 7: Termogram - analýza povrchové teploty zubů [3].

spotřeby zubů jej dostal do úrovně, že je jeho nasazení výrazně levnější [3].

Jedním ze sledovaných parametrů při ověřovacím provozním nasazení nových variant geometrií na kolese rýpadla je provozní povrchové oteplení zubů. Opotřebení zubů dobývacího orgánu nezávisí pouze na hornině, nýbrž i na tvaru nástroje, podmínkách nasazení stroje, stabilitě stroje, klidnému chodu stroje 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 [2,5]. Přitom se zvyšuje teplota zubu, okolního prostředí a také teplota třísky.

V další fázi provozního testování nového korečku se zuby ESCO U35T bylo proto v souladu s výše uvedeným provedeno termografické porovnání provozního povrchového oteplení nově použité geometrie zubů s původními zuby na dvou rýpadlech KU 300 při těžbě na stejné lokalitě lomu ČSA ve srovnatelných dobývacích podmínkách. Termovizní měření aktuálního stavu provozního oteplení původních a nových zubů bylo provedeno 16. 7. 2019 v časných ranních hodinách při vhodných klimatických podmínkách.

Termovizní záznam aktuálního provozního tepelného stavu původních zubů s číselným označením „2672“ nasazených na rýpadle KU 300S-23/K82 a nově použité geometrie zubů s označením „ESCO“ typu ESCO U35T nasazené na kolese rýpadla KU 300S-24/K86 byl důkladně vyhotoven ze třech různých míst za provozu rýpadla a následně byl detailně změřen po bezprostředním zastavení kola na pláni porubu. Ke každému pořízenému termogramu byla vždy zajištěna digitální fotografie.

Pro správné vyhodnocení pořízených termogramů byla při měření provozního oteplení zubů současně měřena teplota

okolního vzduchu kalibrováním digitálním teploměrem a vlhkost vzduchu kalibrováním digitálním anemometrem. Teplota okolního vzduchu se během měření pohybovala v intervalu od 19 °C (první měření) do 20 °C (druhé měření). Pro určení správné hodnoty emisivity povrchu zubů korečku byl vybrán reprezentativní zkušební vzorek, jehož teplota byla změřena kalibrováním kontaktním digitálním teploměrem a po dosazení 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 vyhodnoceno při prvním měření na rýpadle KU 300S-24/K86 - 45 termogramů a při druhém měření na rýpadle KU 300S-23/K82 - 52 termogramů. [3]

5 Výsledky měření teplot

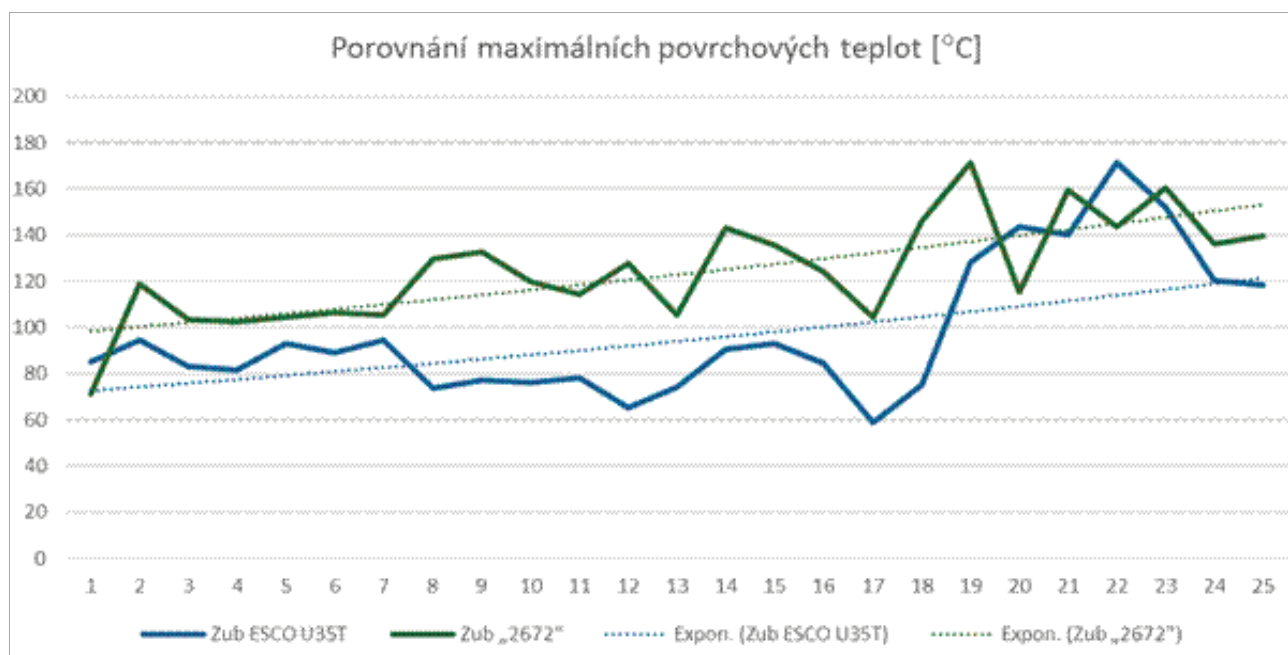
Vypočtení průměrné a maximální teploty zubů v jednotlivých pozicích je prováděno z analýzy pořízených termogramů a z nich vytvořených profilů teplot - viz obrázek č. 7.

Vytvořením samostatných křivek teplot protínající termogram je možné pomocí grafů teplot v dané rovině provést výpočet průměrné a maximální teploty potřebné pro zjištění provozního oteplení každého zubu v korečku dobývacího orgánu kolesového rýpadla.

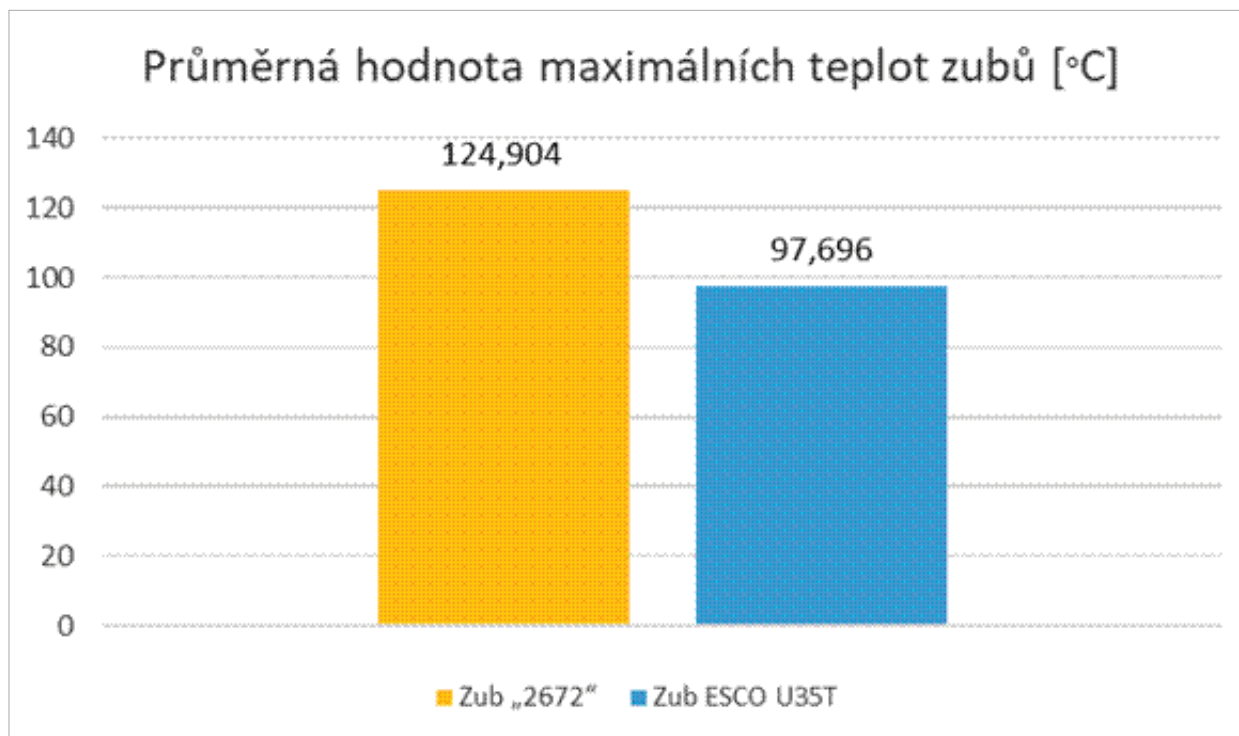
Výsledky termovizního měření rozložení povrchových teplot obou variant zubů nasazených na kolese rýpadla KU 300S-24/K86 a KU 300S-23/K82 jsou podrobně zaznamenány v příloze technické zprávy, která tvoří její nejdůležitější část. Sumarizace těchto výsledků je patrná z grafu 1 a 2.

6 Závěr

Povrchové teploty zubů nasazených na kolese rýpadla KU 300S-24/K86 a KU 300S-23/K82 se v době měření pohybovaly v intervalu od 59 °C do 172 °C.



Graf 1: Výsledky analýzy pořízených termogramů [3].



Graf 2: Porovnání teplot zubů [3].

Nejvyšší naměřená povrchová teplota byla zaznamenána v jednom případě u obou variant zubů. Tato maximální teplota v obou případech atakovala hranici 172 °C.

Nejnižší maximum naměřené povrchové teploty bylo zaznamenáno v jednom případě u zubu ESCO U35T. Tato teplota měla hodnotu 59 °C.

Nejvyšší teploty jednoznačně vykazovaly v obou variantách zuby umístěné v rozích korečku na pozicích č. 2 a 5 – viz obrázek č. 8, a to v závislosti na skutečnosti, zda těžba probíhala otočí kola z levé strany do pravé či naopak.

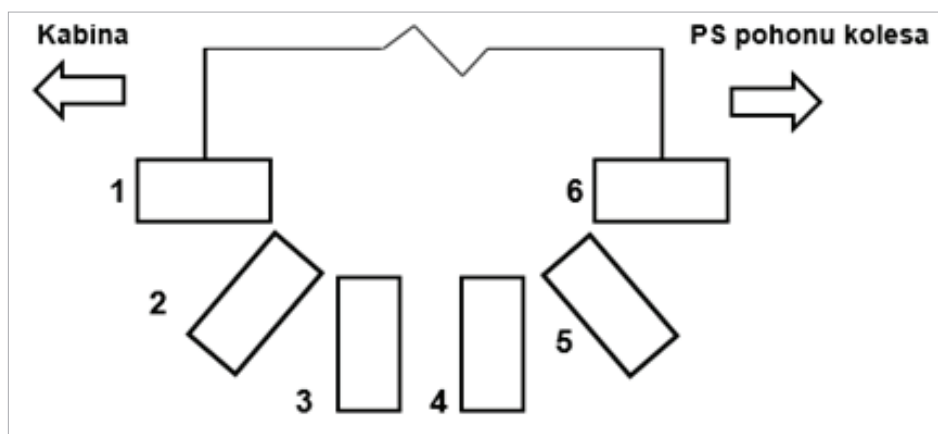
Nejnižší teploty jednoznačně vykazovaly v obou variantách zuby umístěné v korečku na pozicích č. 1 a 6.

Průměrná teplota vypočtená z maximálních teplot samostatných křivek teplot protínající termogram měla hodnotu cca 125 °C u zubu s číselným označením „2672“ a hodnotu cca 98 °C u zubu ESCO U35T. Pokles teplot představoval u nově

testovaných zubů ESCO U35T téměř 30 °C, což představuje pokles maximálních povrchových teplot o cca 22 %.

S odkazem na výsledky grantového projektu GAČR č. 105/07/1031 s názvem „Výzkum vlivu tvaru a geometrie břitů 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 zubu, lze konstatovat, že u předmětné varianty zubu s vyšší provozní teplotou bude docházet k rychlejšímu opotřebením a naopak. [4]

V době termovizního měření realizovaného za provozu strojů KU 300S-24/K86 a KU 300S-23/K82 v lokalitě lomu ČSA vykazovala předmětná část snímané části dobývacího orgánu kolesového rýpadla pouze ty tepelné anomálie, které jsou obvyklé pro použitou geometrii zubů a použité materiály, z kterých jsou tvořeny.



Obr. 8: Číslování zubů v průběhu zkoušky [1].

Realizované provozní zkoušky jednoznačně prokázaly možnost použití nového korečku se zuby ESCO U35T v předmětných báňsko-geologických podmínkách dané lokality lomu ČSA a byly schopny rozpojovat materiál po celou požadovanou dobu. Výhody nového korečku se zuby ESCO U35T v podmínkách lomu ČSA dále spočívají v úspoře pořizovacích i provozních nákladů, ve snížení proudových odběrů el. energie motoru pohonu kola, snížení vibrací při rozpojování a úspoře manipulačních časů při výměně. Dále odpadá potřeba renovování a oprav „kapes“ bandáží jako u původních korečků.

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory projektu TAČR č. TH03020368 s názvem „Výzkum optimalizace tvaru a materiálu řezných orgánů zemních a dobývacích strojů“ a značné spolupráce partnerů z Vršanské uhelné a.s. a společnosti RENOMAG, jejichž výsledků výzkumu bylo v článku použito.

Literatura

- [1] DONÁT, L.: Zvyšování životnosti konstrukce řezných orgánů kolesových rypadel. VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní 2011, Disertační práce.
- [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.: Porovnání povrchových teplot zubů za provozu rýpadla KU 300S-23 a KU 300S-24. VÚHU a.s., TPD - 031/19, 2019.
- [4] 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.
- [5] 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.