

Ergonomie kyslíkového kopí v průmyslové praxi

 21.11.2019

OXYGEN lance ERGONOMICS IN INDUSTRIAL PRACTICE

Josef Senčík^{1,2}, Jana Michálková³, Luboš Kelnar³, Marek Nechvátal¹, Jiří Vala¹, Pavlína Sedláčková¹, Petr Syrný¹

¹Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.

²Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava

³ISATech, s.r.o.

kyslíkové kopí

ergonomie

tavicí pece

Abstrakt

K odpichu strusky z tavicí šachtové pece je možné používat vícero nástrojů. Jedním z nich je i kyslíkové kopí. Na příkladu konkrétního pracoviště je prezentováno porovnání různých způsobů provádění odpichu. Z ergonomického pohledu je zároveň zhodnoceno zaměstnavatelem vyvíjené kyslíkové kopí a je navržena jeho optimalizace.

Klíčová slova: kyslíkové kopí, ergonomie, odpich strusky, tavicí šachtová pec

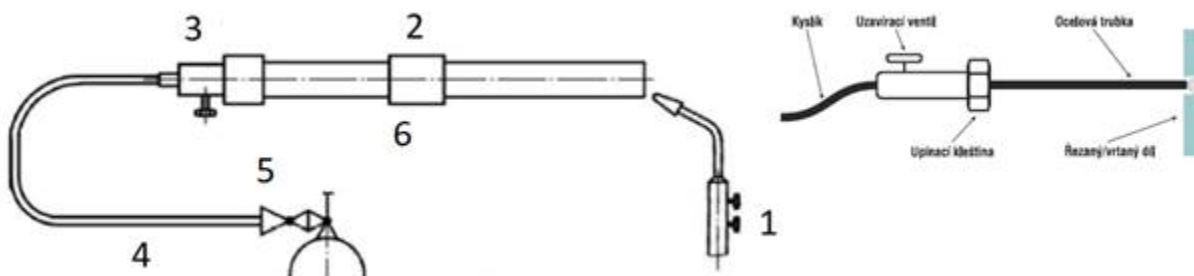
Abstract

The oxygen lance can also be used to tap slag from a melting shaft furnace, among other tools. The article presents a comparison of different ways of tapping on the example of a particular workplace. The oxygen lance, which is being developed by a private company, is evaluated from an ergonomic point of view and designed to optimize it.

Keywords: oxygen lance, ergonomics, metallurgical tapping, shaft melting furnace

Úvod

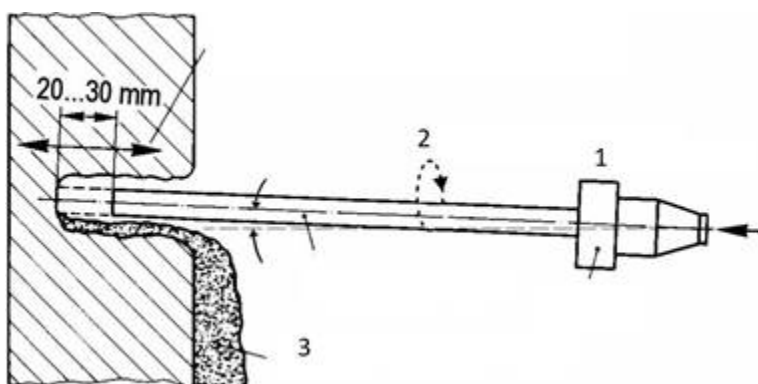
Kyslíkové kopí je starou, ale méně známou metodou termického řezání materiálů, která je založena na jednoduchém principu spalování kyslíku. Kyslíkové kopí bylo patentováno v roce 1901, ale poprvé bylo úspěšně vyzkoušeno v chemické laboratoři Thomase Fletchera v Londýně již v roce 1888. Kyslíkové kopí je tvořeno trubkou z nízkouhlíkaté oceli, kterou proudí technický kyslík (minimální čistota 99,5 %). Konec trubky se následně zahřeje na zápalnou teplotu kyslíku (cca 1 050 – 1 250 °C), čímž dojde k exotermické reakci a trubka začne hořet [1].



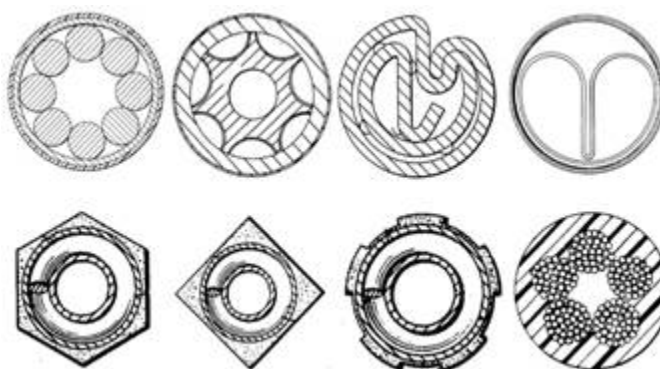
Obr. č. 1: Princip kyslíkového kopí (1 - Zápalné zařízení; 2 - kyslíkové kopí; 3 - redukční ventil na rukojeti; 4 - hadice s kyslíkem; 5 - redukční ventil na zdroji kyslíku; 6 - objímka spojující kyslíková kopí) (upraveno podle: [1],[7]).

Maximální dosažená teplota pak závisí na prostředí [2]. Např. Kosanke udává maximální teplotu 4 500 °C[3], zatímco Wang [4] ji vypočítává na 2 730 °C. Někteří výrobci pak uvádějí dosažitelnou teplotu až kolem 5 500 °C. V reálu však lze odhadovat teploty kolem 4 000 °C.

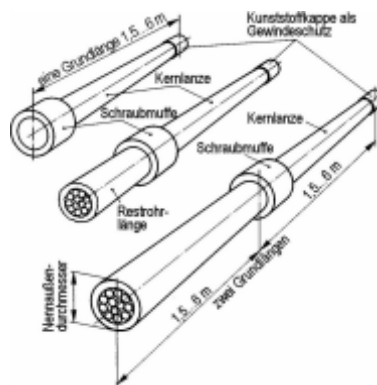
Všechny tyto teploty jsou dostačující k řezání (resp. penetraci) celé řady materiálů. Řezaný materiál je v místě řezu nataven a proudem kyslíku vyfukován ven z řezné spáry. Lze takto řezat, prorážet (vrtat) a drážkovat celou řadu materiálů. Nejčastěji se kyslíkové kopí využívá na řezání kovových materiálů, betonu a železobetonu. [5]



Obr. č. 2: Princip řezání - penetrace materiálu. Za otáčivého pohybu (2) se pomocí rukojeti (1) tlačí na penetrovaný materiál, ze kterého vytéká struska (3). (Upraveno podle: [7]).



Obr. č. 3: Konstrukce kyslíkového kopí (Zdroj: [6])



Obr. č. 4: Možné podoby kyslíkového kopí (vlastní spalované tyče) (Kernlanze - kopí; Schraubmuffe - závitová objímka; zwei Grundlängen - Dvě základní délky) (zdroj: [6])

Vlastní používání kyslíkového kopí je řešeno například v Návodu pro manipulaci s kyslíkovým kopím [7]. V případě kyslíkového kopí, které je uvažováno dále, počítá princip prací s tím, že je kyslík (6-12 bar) vháněn do spalovací trubice, která je naplněna exotermně reagujícím materiálem, který je zapálen svařovacím hořákem. To vede ke spalování materiálu trubice podporované proudem čistého kyslíku, jako u duté elektrody. Teploty dosažené během procesu spalování jsou mezi 2 000 °C až 2 200 °C.

Toto je důvod, proč se u šachtové pece uvažuje o použití kyslíkového kopí. V současné době jsou odpichy strusky prováděny především pomocí prosté železné tyče, popřípadě pomocí pneumatického kladiva. Toto není příliš vhodné řešení, které zaměstnance zatěžuje až na hraně únosnosti, především s ohledem na vibrace a fyzickou zátěž, popřípadě nevhodnou pracovní polohou. Obdobný způsob provádění odpichů úspěšně využívá větší počet firem. Podle interních údajů VÚBP, v. v. i. je to několik firem v České republice i několik podniků v okolních zemích. Toto dokládají i počty výrobců či dodavatelů, které je možné dohledat.

Níže uvedený text pak představuje porovnání stávajícího způsobu provádění odpichů a postupný vývoj kyslíkového kopí určeného pro konkrétní pracoviště.

Stávající způsoby provádění odpichu

V rámci stávajícího provozu se odpich provádí pomocí tří druhů prostředků:

I. Nejčastěji se jedná o odpich pomocí prosté železné tyče (délka cca 3 m; hmotnost odhadem do cca 6 kg). Odpich se provádí tak, že obsluha za pomoci vlastní síly propichuje zátku. Touto tyčí zároveň čistí odtokový žlábek. Výhodou této metody je, že tyč může být obsluhou držena v celé své délce, čímž je eliminován negativní vliv velké páky.



Obr. č. 5: Odpich prováděný pomocí prosté železné tyče. (foto: VÚBP, v. v. i.)

II. V případě, kdy se odpich nedaří provést ručně, pomocí prosté železné tyče, využívá se ruční pneumatické bourací kladivo (délka odhadem do cca 2 m; hmotnost cca 17 kg). Odpich se provádí tak, že se pomocí ručního pneumatického kladiva protluče zátka. Čištění odtokového žlábků se provádí obdobně.

III. V minulosti se užívalo také odhořívající železné trubky (délka cca 5 m; hmotnost do cca 10 kg), ve které se spaloval zemní plyn. Před vlastním odpichem uchopí obsluha železnou trubku do ruky a po dohodě s druhým zaměstnancem reguluje průtok kyslíku trubkou, zatím co druhý zaměstnanec tuto trubku zapaluje. Se zapálenou trubkou pak zaměstnanec postupuje obdobně jako v případě kyslíkového kopí.



Obr. č. 6: Odpich prováděný pomocí odhořívající železné trubky. Z obrázku je zřejmé, že odhořívající železnou trubku není potřebné držet pouze v konkrétní části, ale je možné ji uchopit i dále od hadice dodávající zemní plyn. (foto: VÚBP, v. v. i.)

Původně zvažovaná podoba kyslíkového kopí

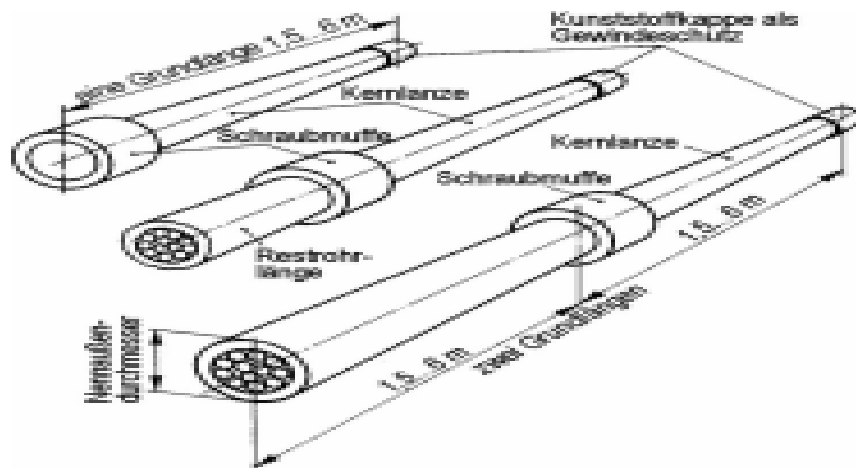
Původně navrhované kyslíkové kopí se skládá ze tří základních částí:

- kyslíková hadice (část 0);
- rukojeť (část Ia a Ib);
- kopí (část II).

Kyslíková hadice je tvořena pancéřovanou hadicí a je napojena na rukojeť.

Na rukojeti je umístěn závitový uzávěr přívodu kyslíku, ochranný štít, madlo rukojeti a pevná část upínání kopí.

Vlastní kopí se skládá ze dvou tyčí, které postupně odhořívají.



**Obr. č. 7: Kyslíkové kopí na stojanu před zapálením. Vyobrazeno je kyslíkové kopí v plné velikosti (4,8 m).
 0 - kyslíková hadice; Ia - rukojeť s kolovým kyslíkovým ventilem a ochranným štítem; Ib - pevná část kyslíkového kopí; II - vlastní kopí, zde spojeno z obou jeden a půl metru dlouhých tyčí. (foto: VÚBP, v. v. i.)**

Rozměry kyslíkového kopí jsou následující:

- část Ia) rukojeť od napojení kyslíkové hadice po ochranný štít:
 - o cca 0,6 m;
- část Ib) pevná část od ochranného štítu po napojení kopí:
 - o -- cca 1,2 m;
- část II) kopí (dvě tyče):
 - o --až 2 x 1,5 m; tedy až 3,0 m.

Celková délka kopí se může pohybovat v rozmezí:

- od cca $0,6 + 1,2 + 0,3$ (nepoužitelný zbytek odhořívajících tyčí) = 2,1 m
- do cca $0,6 + 1,2 + 3,0 = 4,8$ m.

Celková hmotnost kyslíkového kopí je cca 12 kg, kdy:

- část Ia a Ib: cca 7,5 kg;
- část II: až cca 4,5 kg.

Rychlost odhořívání kopí se pohybuje v rozsahu cca (5)10 až 40 cm za jeden odpich. Délka odhořívání závisí na zručnosti obsluhy kyslíkového kopí, stavu taveniny, znečištění strusky (např. zaseknuté překážky v místě výtoku z pece) apod. Jedna tyč (1,5 m) tak vystačí na minimálně 3 odpichy.

I. Zapálení

Kyslíkové kopí je před zapálením a v průběhu zapalování umístěno na stojanu. Zapálení kyslíkového kopí probíhá tak, že jeden zaměstnanec obsluhuje kyslíkové kopí a reguluje kyslíkový ventil. Druhý zaměstnanec pak s pomocí hořáku

napojeného na rozvod zemního plynu kyslíkové kopí zapaluje. Oba zaměstnanci spolu komunikují.



Obr. Č. 8: Zapalování kyslíkového kopí, kdy jeden zaměstnanec reguluje průtok kyslíku a druhý zaměstnanec zapaluje kopí pomocí hořáku. (Foto: VÚBP, v. v. i.)

II. Provádění odpichu a čištění odtokového žlábků

Po zapálení kyslíkového kopí se přenesení k místu, kde má odpichu a s jeho pomocí se provede odpich.

Při vlastním odpichu je podstatné to, že mezi obsluhou a místem odpichu není zcela volný prostor. Při pohledu z předu (od obsluhy kyslíkového kopí) je situace následující.

Před obsluhou kyslíkového kopí je umístěna kokila na strusku, nad kterou je umístěn ochranný kryt. Tento ochranný kryt brání úletu jisker ze strusky, rozletu strusky mimo kokilu a zároveň slouží jako nasávací klobouk nad kokilou pro odtah nebezpečných par a plynů, které se uvolňují z pece a odtékající strusky.

Ve směru k šachtové peci za kokilou se pak nachází výtokový kanálek a na jeho konci je místo odpichu. Spolu s odpichem se provádí také čištění výtokového kanálku.

Celková vzdálenost mezi místem, kde je prováděn odpich a místem, kam se může obsluha dostat k peci nejbližší je cca 1,8 m.

V rámci odpichu dochází k tomu, že obsluha kyslíkového kopí přistoupí k šachtové peci, zapálené kopí si opře o spodní okraj ochranného krytu, který je umístěn nad kokilou (ochranný kryt je ve směru k obsluze nad kokilou vybaven vstupním otvorem) a kopí posouvá odtokovým kanálkem až k místu odpichu. Zde propálí zátku. Dle potřeby provádí zároveň očištění odtokového kanálku.

III. Ukončení činnosti s kyslíkovým kopím

Ukončení činnosti s kyslíkovým kopím přichází na řadu několik okamžiků před naplněním kokily struskou. Ukončení probíhá tak, že je před vytažením kyslíkového kopí z místa odpichu zastaven přívod kyslíku do kopí (kopí zhasne) a následně je kopí vytaženo a odloženo na stojan.

IV. Opětovné ucpání šachtové pece

Po naplnění kokily struskou je pomocí tyče vtlačena do místa výtoku ze šachtové pece zátka.

Diskuse a následný návrh úpravy kyslíkového kopí

Při porovnání kyslíkového kopí a pneumatického kladiva je kyslíkové kopí vhodnější. Kyslíkové kopí má hmotnost do cca 12 kg, pneumatické bourací kladivo má hmotnost cca 17 kg. V případě, kdy je kyslíkové kopí složeno z obou dvou tyčí kopí, tak je při jeho manipulaci potřebná velká páka, což však výrazně zhoršuje užívání kyslíkového kopí. V plné velikosti kyslíkového kopí tak není výsledné zlepšení nikterak významné. Po odhoření cca ½ kopí (jedna tyč) je však již situace výrazně ve prospěch kyslíkového kopí. Po odhoření ½ kopí se navíc kyslíkové kopí odlehčí o cca 2 kg.

Při porovnání kyslíkového kopí a prosté tyče záleží na tom, zda se odpich daří provést. V případě, kdy se odpich prostou železnou tyčí daří, je vhodnější využívat pouze tuto tyč. Její výhodou je nižší hmotnost a pohodlná manipulace.

V případě, kdy se však odpich prostou tyčí nedaří, je využití kyslíkového kopí vhodnější, a to i přesto, že má kyslíkové kopí větší hmotnost. Na vlastní odpich však není potřeba vynakládat zvýšeného úsilí. Odpich je proveden propálením. V době, kdy je kyslíkové kopí v plné velikosti, je však jeho velkou nevýhodou špatná manipulace s ním. Po odhoření cca ½ kopí je již situace výrazně lepší ve prospěch kyslíkového kopí.

Porovná-li se použití kyslíkového kopí s odhořívající železnou tyčí, jsou oba nástroje přibližně na stejné úrovni. V případě odhořívající železné trubky je totiž možné ji uchopit v celé její délce a eliminuje se tak vliv velké páky, která je spojena s velkou délkou této trubky. Kyslíkové kopí má však větší výhřevnost, odpich s jeho pomocí je rychlejší a tedy lehčí, především po odhoření alespoň ½ kopí.

Pro vlastní manipulaci s kyslíkovým kopím, které může mít délku až 4,8 m, je vhodné, aby oproti původním úvahám zaměstnavatele toto kopí ovládali dva zaměstnanci.

Jak bylo uvedeno, v rámci stávajícího provozu je využíváno tří druhů prostředků (I. až III.). Ani jeden z užívaných prostředků nebyl opatřen žádným prvkem, který by obsluhu chránil před odstříkující struskou.

Navrhované kyslíkové kopí je vybaveno novým prvkem ochrany (ochranný štít). Po provedení terénního šetření se však tato ochrana jeví jako nepotřebná. Zaměstnanci jsou vybaveni dostatečně účinnými osobními ochrannými prostředky (rukavice, ochrana těla a kukla).

Původně navržené kyslíkové kopí dosahuje délky až 4,8 m. Manipulace s takto dlouhým nástrojem je značně nepohodlná a zvyšuje riziko poškození šachtové pece a dalších zařízení, která se nacházejí v dosahu kyslíkového kopí. Zvýšeno je také riziko úrazu.

Proto je vhodné, aby bylo kyslíkové kopí upraveno ideálně do max. 3,6 m délky, kdy by se kyslíkové kopí skládalo z částí Ia a II. Část Ia by byla provedena bez ochranného štítu. Takovéto provedení je v praxi běžné (viz obrázky dále).

V případě, kdy ochranný štít nebude na kyslíkové kopí instalován, bude toto kopí odlehčeno. Odlehčeno bude také tím, že bude odstraněna část IIb. V takovémto provedení bude moci obsluha s kyslíkovým kopím pohodlně manipulovat nejen za rukojeť (část Ia), ale také za vlastní kopí. Manipulace tak bude moci probíhat blíže těžišti kyslíkového kopí a minimalizuje se vliv velké páky.

Uvedená úprava zároveň kyslíkové kopí odlehčí o více jak 3 kg. Celková hmotnost kyslíkového kopí by tak mohla být do cca 9 kg. Po těchto úpravách je možné, že může dojít k překvalifikování kategorizace prací – stávající kategorie 3 (v případě pracovní pozice Hutník obsluha šachtové pece) by mohla být překvalifikována na kategorii 2.

Obdobné hmotnosti je možné dosáhnout, pokud by nebylo kyslíkové kopí vyrobeno samotným zaměstnavatelem, ale pokud by využil některou z komerčních nabídek. Například kombinací ocelové řezací tyče a držáku řezací tyče z následujícími parametry: ocelová řezací tyč 12 mm x 2,75 m = 3 kg, 16 mm x 2,75 m = 4 kg, 19 mm x 2,75 m = 5 kg, držák řezacích tyčí 12 mm, 16mm, 19mm = 2,8 kg (viz [8]).



Obr. č. 10: Příklad použití kyslíkového kopí při řezání železného šrotu. Z obrázku je zřejmé, že manipulace s kyslíkovým kopím může probíhat i tak, že jej není potřeba ovládat za držadlo. (foto: [9])



Obr. č. 11: Příklad použití kyslíkového kopí při řezání betonu. Z obrázku je zřejmé, že kyslíkové kopí není opatřeno žádným ochranným štítem. (foto: [10])



Obr. č. 12: Detail rukojeti kyslíkového kopí s použitím závitového uzávěru přívodu kyslíku. (foto: [10])



Obr. č. 15: Příklad použití kyslíkového kopí při řezání betonu. Z obrázku je zřejmé, že kyslíkové kopí není opatřeno žádným ochranným štítem a jeho držení je tak možné i za vlastní tyče kopí. (foto: [7])

Závěr

Kyslíkové kopí je jeden z nástrojů, který je možné využívat v rámci odpichu pece. Toto bylo doloženo na příkladu šachtové pece, kde byla k odpichu původně využívána pneumatická kladiva, popřípadě prostá železná tyč a omezeně také odhořívající železná trubka.

Při správné úpravě kyslíkového kopí je možné snížit náročnost prováděných prací. Je však nutné dbát na optimální navržení podoby kyslíkového kopí. Jednak s ohledem na jeho hmotnostní parametry a umístění měnícího se těžiště (kyslíkové kopí se odhoříváním zkracuje), tak i na to, že je při zapalování potřeba dostatečně regulovat přísun kyslíku. V opačném případě hrozí sfouknutí plamene zapalovacího hořáku, popřípadě i vlastního hořícího kopí.

Při porovnání použití kyslíkového kopí s aktuálně užívanými prostředky dochází ke zlepšení především při porovnání kyslíkového kopí a pneumatického bouracího kladiva. Určité zlepšení lze pozorovat také v případě odhořívající železné trubky (především po odhoření cca ½ kopí). V případě, kdy se odpich daří provádět ručně, pomocí prosté železné tyče, je kyslíkové kopí méně vhodné. To však neplatí pro případ, kdy se nedaří zátku jednoduše propíchnout. Z pohledu ergonomie je tak možné konstatovat, že z uvedených způsobů prováděných prací, je využití kyslíkového kopí velmi vhodné.

Vhodnou optimalizací kyslíkového kopí může zároveň dojít k významnějšímu ulehčení, oproti stávajícímu návrhu tohoto kopí.

Literatura

- [1] Kyslíkové kopí. *Svarinfo.cz* [online]. 15. 3. 2008 [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2008031201>.
- [2] LaGUARDIA, Thomas S. 2004. Chapter 16.3: Characterization; Description of Select Technologies. In: *The Decommissioning Handbook*. New York: ASME Press, 2004. S. 446. ISBN 978-0-89448-041-6.
- [3] KOSANKE, B. J. ...[et al.]. 2004. Pyrotechnic Chemistry. *Journal of Pyrotechnics*. 2004, s. 124. ISBN 978-1-889526-15-7.
- [4] WANG, Haorong; HLAVACEK, Vladimír; PRANDA, Pavol. 2004. Model Analysis of Thermal Lance Combustion. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2004, vol. 43, no. 16, s. 4703.
- [5] STEINET, H. 2012. 12-Dismantling and demolition processes and technologies in nuclear decommissioning projects. LARAIA, Michele (eds.). In: *Woodhead Publishing Series in Energy, Nuclear Decommissioning*. Woodhead Publishing, 2012. ISBN 9780857091154.
- [6] ZMYDLENÝ, T. 2018. *Tepelné dělení materiálů: stručný úvod do řezání kyslíkem, plazmou a laserem* [online] [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/70572546-Tepelne-deleni-materialu.html>.
- [7] *Umgang mit Sauerstoff-Kernlanzen: Merkblatt DVS 2101* [online]. 2008. DVS, Oktober 2008 [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://www.spezialbrennrohre.de/upload/12014755-dvs-2101.pdf>.
- [8] BLACKWOODS. 2019. *Thermic Lance Handles* [online]. Blackwoods, 2019 [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://www.blackwoods.com.au/welding-gas/thermiclances-accessories/thermic-lancehandles/c/307826452/207782486/variants?q=%3Arelevance#attr-filt-container>.
- [9] Bourač. 2014. *Svarforum.cz* [online]. 2014 [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <http://www.svarforum.cz/forum/viewtopic.php?pid=3571>.
- [10] Sauerstoff-Kernlanze. 2015. *TH Wiki* [online]. 17. März 2015 [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <http://thwiki.org/t=Sauerstoff-Kernlanze>.

Vzorová citace

SENČÍK, Josef ...[et al.]. Ergonomie kyslíkového kopí v průmyslové praxi. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2019, roč. 12, speciální č. Nové trendy v BOZP 2019. Dostupný z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/ergonomie-kyslikoveho-kopi-v-prumyslove-praxi>. ISSN 1803-3687.

Mgr. et Mgr. Josef Senčík

Jana Michálková

Luboš Kelnar

Ing. Marek Nechvátal

Ing. Jiří Vala, Ph.D.

Mgr. Pavlína Sedláčková