



# Automatizácia procesu odsávania zväračských splodín

Jednou z možností efektívnej inovácie existujúcich technických riešení je aj automatizácia procesov. Prezentované riešenie sa týka automatizácie existujúceho systému odsávania na pracoviskách zvárania a je jedným z príkladov efektívneho riešenia, ak nemožno hlavne z ekonomických dôvodov realizovať investične náročnejšiu zmenu. Takouto inováciou dosiaľ neautomatizovaného spôsobu odsávania škodlivých chemických látok a aerosólov z pracoviska zvárania možno ušetriť finančné prostriedky vynakladané na odsávací systém bez regulácie pri nezniženej účinnosti odsávacieho zariadenia.

Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci je v oblasti zvárania jednou z priorit. Je vhodné, ak je toto riešenie súčasne aj relatívne jednoduché a ekonomicky efektívne. Jednou z možností je inovácia existujúcich pracovísk a prevádzok, t. j. hľadanie optimálneho riešenia pre konkrétnu situáciu. Zavedenie inovácie prináša podnikom určité výhody. Treba si však uvedomiť, že nejde vždy o jednoduchý proces, a preto je nevyhnutné zohľadňovať širokú škálu faktorov a obmedzení, ktoré často limitujú rozsah zavádzaných inovácií. [1, 2, 3]

## Rizikové faktory procesu zvárania

Zváranie je technologický proces spájania materiálov do nerozobrateľných celkov. V závislosti od použitej technológie možno hovoriť o tavnom, tavno-tlakovom a tlakovom spôsobe zvárania. Z hľadiska škodlivosti majú najväčší dosah na ľudský organizmus tavné spôsoby zvárania. Pri týchto spôsoboch vzniká celý rad nežiaducich škodlivých – rizikových faktorov, ktoré možno na základe vyhlášky MZ SR č. 13/1986 [4] rozdeliť na:

- špecifické rizikové faktory,
- nešpecifické rizikové faktory.

K špecifickým rizikovým faktorom možno zaradiť prach (aerosóly), hluk, vibrácie, chemické látky a chemické karcinogény, infekcie, alergény, ionizujúce a elektromagnetické žiarenie, zvýšený tlak vzduchu na nervy končatín atď. [5, 6] K nešpecifickým rizikovým faktorom patrí fyzická záťaž, poloha práce, mikroklima, osvetlenie, psychická záťaž zvärača a pod. Tieto rizikové faktory umožňujú kategorizovať práce podľa miery pôsobenia zväračkej technológie na pracovné prostredie a vlastnej práce na zdravotný stav zväračov. Rizikové faktory a limitné hodnoty škodlivín pre zväračské pracoviská definujú STN 05 0600, STN 05 0601, STN 05 0610, STN 05 0630 a iné.

Zväraacie pracovisko definuje norma STN 05 0600 ako priestor vymedzený na zváranie a umiestnenie zväračieho, prípadne ďalšieho technologického zariadenia, technologických stanovišť a manipulačných plôch na operácie súvisiace so zváraním vykonávaným stále alebo len prechodne bez ohľadu na zabezpečenie pracovnej klímy [7].

Dymové splodiny pri zváraní sa tvoria ako výsledok vysokoteplotných metalurgických a fyzikálno-chemických reakcií. [5, 6]

Dlhodobé pôsobenie dymu na ľudský organizmus môže spôsobovať intoxikáciu a patologické zmeny. Škodlivosť dymu závisí od chemického zloženia prídavných a zváraných materiálov, použitého režimu a parametrov zvárania, povrchovej úpravy zváraných materiálov, aplikácie ochranných plynov, technológie a teploty zvárania. Toxické zložky zváracích dymov sa rozdeľujú na [7]:

- kontamináty s najväčším škodlivým účinkom – s NPK-P  $\leq 0,1$  mg. m<sup>-3</sup>; sem patria Cr, Ni, Co, V, Cd, Pb, Be, hydrazín a ozón;
- kontamináty s veľkým škodlivým účinkom – s NPK -P = 0,1 až 3,0 mg. m<sup>-3</sup>; sem patria Cu, As, Mn, Sn, NaOH, KOH, CaO, Cl, F, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, formaldehyd;
- kontamináty s malým škodlivým účinkom – s NPK -P > 3,0 mg. m<sup>-3</sup>.

(NPK-P – najvyššia prípustná koncentrácia plynov, pár a aerosólov)

Ako už bolo spomenuté, z hľadiska škodlivosti majú najväčší vplyv na ľudský organizmus tavné spôsoby zvárania, kde je najintenzívnejšia produkcia škodlivých plynov najmä pri oblúkových metódach zvárania, ako sú: metóda ručného oblúkového zvárania obalenými elektródami metódou MMA (Manual Metal Arc Welding), oblúková metóda zvárania v ochranných atmosférach plynov GMAW (Gas Metal Arc Welding), GTAW (Gas Tungsten Arc Welding). Množstvo škodlivých výparov sa uvoľňuje pri zváraní, resp. spájkovaní (pri oblúkových procesoch spájkovania, napr. MIG spájkovaní) materiálov s povrchovou úpravou zinkovaním. Odparený zinok z povlaku treba efektívne odvieť z miesta zvárania, aby nedochádzalo ku kontaminácii dýchacích ciest zvärača zinkovými výparmi, čo spôsobuje nemalé zdravotné problémy.

Na zdravotný stav zváračov v najväčšej miere negatívne vplyvajú tieto zložky [10]:

Be – vytvára vysoko toxické zlúčeniny spôsobujúce vážne poškodenie zdravia,

Cd – karcinogén spôsobujúci trvalé poškodenie zdravia,

CO – v závislosti od koncentrácie spôsobuje bolesti hlavy, únavu a otravu,

Cr – poškodzuje dýchacie cesty, spojivky, spôsobuje bolesť hlavy, chronickú bronchitídu, zmeny farby kože a Cr<sup>+VI</sup> rakovinu dýchacích ciest,

Cu – dráždi horné dýchacie cesty,

fluoridy (F-1) – spôsobujú zápaly spojiviek, horných dýchacích ciest a sklerózu kostí,

Pb – jeho jedovaté (toxické) výpary spôsobujú anémiu, svalovú slabosť až otravu končiacu sa smrťou,

Mn – prach a jeho spodiny dráždia oči a sliznicu dýchacieho ústrojenstva, spôsobuje anémiu, podráždenosť, bolesti hlavy, svalov a kĺbov, poruchy reči,

O<sub>3</sub> – vzniká pri reakcii elektrického oblúka a okolitej atmosféry, dráždi oči a nosohltan, príliš veľké množstvo môže spôsobiť smrť,

Zn – spôsobuje tzv. zinkovú horúčku,

fosgén – je vysokotoxický, vzniká pri vyparovaní zvyškov chlórových roztokov, napr. trichlóretylénu, jeho negatívny účinok je oneskorený, nemá okamžité dráždivé účinky, spôsobuje podráždenie očí a dýchacích ciest, opuch pľúc.

Pre ochranu zdravia treba zabezpečiť, aby všetky tieto zložky boli účinne odvádzané z pracoviska. Najčastejšie sa na to používajú odsávacie systémy.

## Odsávacie systémy

Odsávanie na zväračských pracoviskách možno zabezpečiť:

- pomocou prenosných odsávačov, ktoré umožňujú operatívny presun,
- pomocou stabilného odsávacieho systému.

## Mobilné a prenosné odsávacie zariadenia

Prenosné odsávacie zariadenia sa zvyčajne používajú na pracoviskách, kde nie je predpoklad dlhodobého zvárania, prípadne pri opravách alebo jednorazových zväračských prácach. Tieto zariadenia možno vzhľadom na ich malé rozmery jednoducho prenášať na rôzne miesta. Vyrábajú sa vo vyhoveniach na ručné prenášanie

alebo ako výkonnejšie a ťažšie zariadenia na vlastných kolieskach v mobilnom vyhotovení.

Prenosné odsávacie zariadenia sú určené na odsávanie jedného pracoviska a dosahujú výkon do 1 kW; možno ich použiť aj na odsávanie dvoch pracovísk súčasne a sú výkonne do 2 kW.

### Statické odsávacie zariadenia s centrálnym odsávaním

Tieto zariadenia sa používajú na pracoviskách, kde je zváranie častou alebo pravidelnou činnosťou, ako sú výrobné zváracie haly alebo zváracie školy, kde treba zabezpečiť odsávanie z väčšieho množstva zváracích pracovísk súčasne.

Odsávanie je zabezpečené potrubím z každého zváracieho pracoviska, ktoré je zvedené cez filter do spoločného odsávacieho ventilátora. Tento ventilátor je poháňaný vysoko výkonným elektromotorom, s výkonom 10 – 20 kW v závislosti od počtu zváracích pracovísk a tým aj od požadovaného odsávacieho výkonu.

Nevýhodou tohto systému je, že aj pri prevádzke minimálneho počtu zváracích pracovísk v tom istom čase sa odsáva zo všetkých pracovísk v zváracíj hale, čo je neefektívne hlavne z hľadiska vysokej spotreby elektrickej energie.

### Statické odsávacie zariadenia s lokálnym odsávaním

Podobne ako predtým prezentované zariadenia sú aj tieto určené na použitie v halách s väčším počtom zváracích pracovísk, prípadne v zváracích školách, a sú pevne namontované. Hlavný rozdiel je v použití odsávacieho ventilátora, čo v tomto prípade znamená použitie viacerých ventilátorov. Tieto zariadenia sú konštruované tak, že každé zváracie pracovisko využíva vlastný odsávací ventilátor. Jednotlivé potrubia z ventilátorov sú ďalej napojené buď na spoločné zberné výfukové potrubie, alebo má každý ventilátor vlastné výstupné potrubie s filtrom.

Výhodou tohto systému odsávania je, že v prevádzke možno mať iba potrebný počet ventilátorov podľa počtu momentálne využívaných zváracích pracovísk, čo je podstatne energeticky výhodnejšie oproti systému s centrálnym odsávaním. Elektromotory týchto ventilátorov sú vzhľadom na danú potrebu značne menej výkonné. Jeden elektromotor poskytuje výkon maximálne 1 kW.

Vzhľadom na množstvo škodlivých emisií pri zváraní sú odsávacie systémy dôležitou súčasťou každého zváracieho pracoviska na ochranu zdravia pracovníkov, či už ide o malé pracovisko, veľkovýrobnú halu alebo zváracíjskú školu.

### Projekt inovácie odsávania zváracieho pracoviska formou automatizácie

Inovácia odsávania bola realizovaná vo zváracíjskej škole (obr. 1), ktorá je vybavená statickým odsávacím zariadením s lokálnym odsávacím systémom so samostatnými odsávacími ventilátormi, spoločným zberným potrubím a manuálnym ovládaním pomocou spínačov. Nevýhodou celého systému je jeho manuálne ovládanie, čím sa značne stráca jeho efektívnosť. To možno vyriešiť odstránením ľudského faktora, čiže náhradou manuálneho ovládania automatizovaným riadením, čím sa značne zvýši jeho efektívnosť.

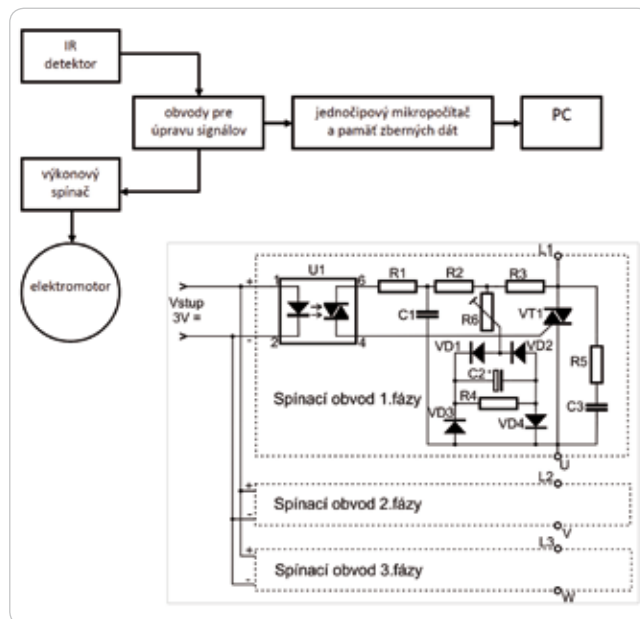


Obr. 1 Zváracíjská škola

Koncept riešenia je založený na tom, že každé zváracie pracovisko (box) má samostatný a nezávislý obvod na riadenie odsávania; jednočipový mikročítač (MCU) údaje z každého samostatného pracoviska zbiera a uchováva v pamäti. Bežným PC možno potom tieto údaje z tohto jednočipového mikročítača prevziať a samostatne ďalej spracovať (obr. 2). Použitím tohto riadenia sa v prípade poruchy odstavi iba konkrétne samostatné zváracie pracovisko a ostatné môžu pracovať bez problémov ďalej. Tým sa minimalizujú časové straty pri prípadnej poruche alebo servise určitého zariadenia.

Navrhané riešenie, ktoré zautomatizuje doterajší odsávací systém vo zváracíjskej škole, sa skladá z nasledujúcich základných častí:

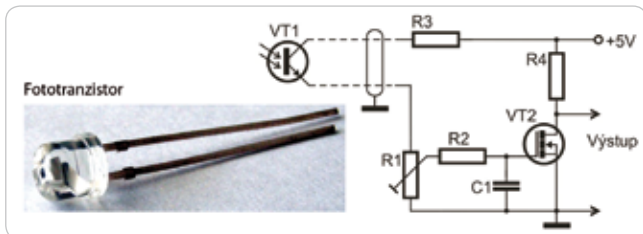
- snímač svetelného žiarenia,
- obvody na úpravu signálu,
- výkonové spínače elektromotora,
- jednočipový mikročítač s pamäťou na uchovávanie údajov,
- PC s programom na spracovanie a prehľad zozbieraných údajov.



Obr. 2 Bloková schéma samostatného riadenia odsávania zberom údajov pomocou MCU

Elektrický oblúk pri zváraní vyžaruje do okolitého prostredia okrem rôznych spodín aj zmes rôznych druhov žiarenia, ako sú napr. elektromagnetické a elektrostatické žiarenie a celé svetelné spektrum vrátane ultrafialového (UV) a infračerveného (IR) žiarenia. UV, prípadne IR svetelné žiarenie, ktoré je vyžarované z elektrického oblúka, možno jednoduchým spôsobom sledovať pomocou rôznych detektorov, ako sú UV/IR fotodiódy a fototranzistory, v tomto prípade je to fototranzistor. Na snímanie prítomnosti IR žiarenia bol použitý fototranzistor (VT1), ktorý má rozsah snímania svetelného spektra s vlnovou dĺžkou 360 – 930 nm. Pri osvetlení bázy fototranzistora je jeho prechodový prúd 20 – 75  $\mu$ A, takže tento prúd treba zosilniť. Presné parametre sú v katalógu na stránkach výrobcu Vishay Intertechnology. Pri použití bežných bipolárnych tranzistorov by musel byť využitý zosilňovač, ktorý dodá potrebný viacstupňový prúd, preto bol z dôvodu minimalizácie počtu súčiastok navrhnutý zosilňovač s unipolárnym (polom riadeným) tranzistorom MOS-FET. Vďaka jeho citlivosti stačí ako zosilňovač jediný tranzistor (VT2). Citlivosť zosilňovača a zároveň citlivosť celého zariadenia na svetelné žiarenie sa doладуje trimrom (R1). Na odrušenie nežiaducich rušivých napätí, ktoré sa môžu naindukovať vo vodičoch spájajúcich fototranzistor a vstup zosilňovača, je na radiacu elektródu tranzistora (VT2) zapojený kondenzátor (C1). Na prepojenie je namiesto bežných vodičov vhodnejšie použiť tienené, čím sa tiež minimalizujú rušivé napätia. Výstupom tohto zosilňovača je pri neosvetlení/osvetlení fototranzistora zmena jednosmerného napätia 0/5V (obr. 3). Ak dôjde k zmene napätia, odošle sa tento signál do výkonového spínača elektromotora, ktorý na základe malého napätia signálu zopne, resp. vypne, silové trojfázové napájanie a rozbehne, resp. zastaví, elektromotor, ktorý bude napájaný ešte približne minútu po skončení zvárania kvôli dostatočnému odsatiu spodín a dymu.

Zároveň je signál odoslaný do jednočipového mikropočítača (obr. 4), ktorý si zaznamená údaj od začatia zvárania až do jeho ukončenia. Jednočipový mikropočítač je prepojený s bežným PC, ktorý je pomocou programového vybavenia schopný nazbierať údaje o zváraní stiahnuť, spracovať, zobraziť a archivovať. Každé zváracie pracovisko (zvárací box) je vybavený tiež bežným manuálnym spínačom, aby bolo možné v prípade poruchy či už optického snímača, alebo inej časti obvodu ovládať odsávanie aj manuálne. Ručne zapnuté odsávanie je takisto zaznamenané jednočipovým mikropočítačom.



Obr. 3 IR detektor a schéma jeho zapojenia [9]



Obr. 4 Umiestnenie jednočipového počítača – 3D model zvárackej školy [9]

Na overenie funkčnosti riešenia bol zostavený obvod riadiacej elektroniky s detektorom svetelného žiarenia a elektromotor s triakovým spínačom. Po zapálení elektrického oblúka na dlhšie ako 0,5 sekundy dostane riadiaci obvod signál na zapnutie elektromotora, čo v praxi znamená zapnutie ventilátora odsávania. Tento moment bol experimentálne vyskúšaný (pozri obr. 5 krátkodobé škrtnutie oblúka) – jasne bol viditeľný horiaci elektrický oblúk a zapnutý elektromotor (točiaci sa vrtuľa na elektromotore). Elektromotor je zapnutý aj po ukončení zvárania. Tento čas možno nastaviť v obvode časového spínača až do dĺžky trvania jednej minúty. V praxi to znamená, že zariadenie ešte zadaný čas po skončení zvárania odsáva zostatkové splodiny, ktoré sa nachádzajú v ovzduší. Po uplynutí tohto času sa motor (odsávanie) automaticky vypne.

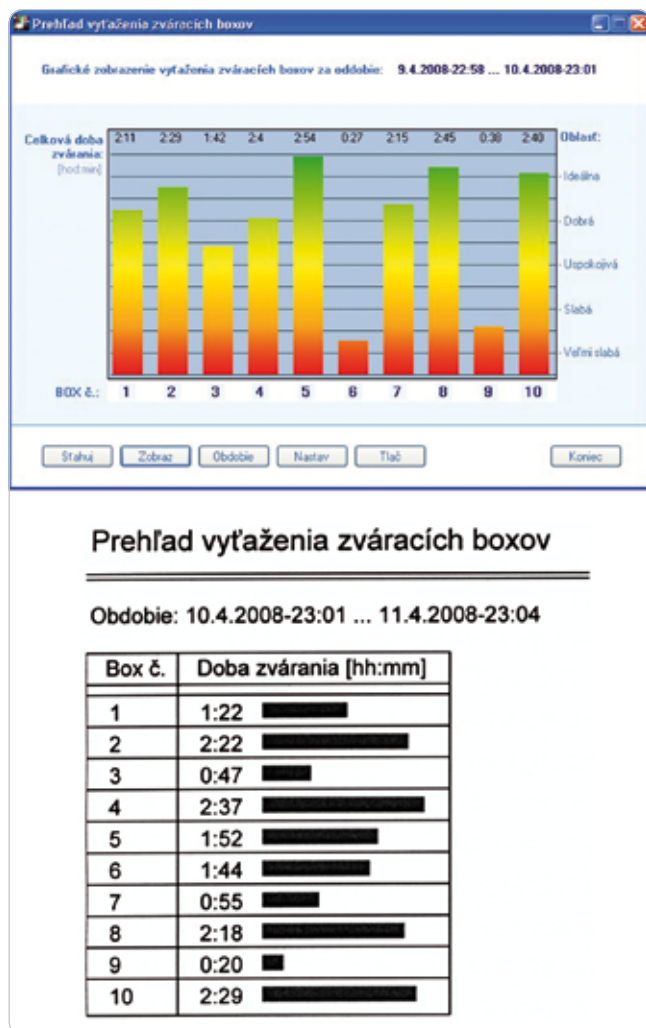


Obr. 5 Overenie funkčnosti – krátkodobé škrtnutie oblúka

## Programové vybavenie

Na uchovanie a spracovanie údajov o vyťaženi jednotlivých zväracích pracovísk bol vytvorený špeciálny softvér vo vývojovom prostredí MS Visual Studio. NET. Signál na spracovanie potrebných údajov je odoberaný z obvodu oneskorenia a použitý aj ako výstup pre MCU. Na tomto mieste signalizuje výstup obvodu reálny stav činnosti zväracieho pracoviska. Zväracích boxov je v danej hale 10, to znamená, že je potrebný obvod, ktorý bude schopný spracúvať 10 vstupov súčasne. Na to bude dostatočne vyhovovať veľmi často používaný jednočipový počítač (MCU) od firmy Microchip, známy pod označením PIC 16F88.

Všetky nasnímané a uložené údaje treba nakoniec určitým spôsobom zviditeľniť a urobiť z nich štatistický prehľad. Na to bude využitý bežný osobný počítač s operačným systémom MS Windows XP, ktorý sa nachádza v kancelárskych priestoroch zvärackej školy. V tomto počítači bude nainštalovaný program, ktorý vie komunikovať s jednočipovým mikropočítačom a ním poskytnuté údaje spracovať a zobrazíť v grafickom štatistickom výstupe. Program je napísaný v programovacom jazyku MS Visual Basic. NET. Je jednoduchý na obsluhu a má minimálne nároky na výkon počítača, čo znamená, že je schopný pracovať v počítači s jednojadrovým procesorom, napríklad typu Intel Celeron pracujúcim na frekvencii už od 500 MHz s minimálnymi pamäťovými požiadavkami. Jediná nutná požiadavka je nainštalované prostredie. NET v. 2 v operačnom systéme Windows XP.



Obr. 6 Príklady obrazoviek softvéru [9]

Na komunikáciu s jednočipovým mikropočítačom sa využíva paralelný komunikačný port počítača (LPT). Po spustení programu vyšle program cez paralelný port PC jednočipovému mikropočítaču požiadavku na komunikáciu. Ten, ak nie je zaneprázdnený, napríklad ak nie je silná pracovná prevádzka vo zväracích boxoch, povolí komunikáciu a začne nahrávať údaje do osobného počítača.



Po odovzdaní údajov vyprázdni údaje uložené vo svojej pamäti. V opačnom prípade, ak by bol výkonovo zaneprázdnený, ponechá na komunikačnom výstupe logickú nulu, čo znamená, že program má používateľovi oznámiť, že prenos zatiaľ nie je možný a treba to zopakovať neskôr. Po nahrať údajov do PC sa údaje zobrazia v grafickej forme (obr. 6). Každému zväraciemu boxu prináleží samostatný grafický stĺpec, nad ktorým je zobrazená hodnota čistého času zvärania za dané obdobie, čo je obdobie od posledného stiahnutia údajov z jednočipového mikropočítača. Časové zobrazenie môže byť rozlíšené farebne (závisí od nastavenia parametrov programu).

Uchovávané údaje sú uložené v databáze. Veľkosť záznamu je minimálna (maximálne 50 b), čo znamená, že možno uchovávať všetky záznamy bez potreby triedenia alebo vymazávania starých záznamov. Štruktúra databázy (súbor „databaza.dbs“) je z dôvodu jednoduchosti a ľahkého prístupu k jej údajom pomocou iných programov riešená formou štandardného textu, t. j. jednotlivé záznamy sú zapísané ako samostatné riadky a hodnoty sú oddelené čiarkou.

Podobne je formátovaný aj konfiguračný súbor nastavenia programu (súbor „konfigur.cfg“). V programe si možno späť prezrieť aj predošlé uložené záznamy. Kliknutím na tlačidlo „Obdobie“ možno zmeniť zobrazované obdobie zo zoznamu údajov uložených v databáze.

## Záver

Inovačné riešenia sú v súčasnosti potrebné vo všetkých oblastiach priemyslu. Jednou z možností je aj nájdenie riešení, ktoré reagujú na nevyhovujúci stav a riešia problém relatívne lacno s využitím existujúcich technických zariadení. Takýmto riešením je aj prezentovaná možnosť úpravy staršieho typu stabilného odsávacieho zariadenia používaného vo zvaračskej škole. Impulzom na inováciu systému odsávania bol neustály nárast cien energií. Aplikáciou navrhnutého riešenia možno náklady na elektrickú energiu potrebnú pre pohon elektromotora znížiť na minimálnu úroveň a tiež predĺžiť jeho životnosť, pretože odsávanie je zabezpečované iba na čas nevyhnutný na zváranie. Zablokovaním vzduchovodov v nevyužívaných boxoch možno zvýšiť výkon odsávania na používaných pracoviskách. Zariadenie automatického riadenia odsávania je nadstavba pôvodného odsávacieho systému; to znamená, že nevyžaduje žiaden zásah do pôvodných častí zariadenia. Úprava sa týka výlučne montáže elektroniky a dodatočného káblového rozvodu. Prídavným káblovým rozvodom preteká jednosmerné napätie 5 V, ktoré patrí podľa normy STN 34 3108 (bezpečnostné predpisy o manipulácii s elektrickým zariadením osobám bez elektrotechnickej kvalifikácie) medzi bezpečné napätie a tento rozvod môže inštalovať pracovník bez elektrotechnickej kvalifikácie. Prepojenie striedavých elektromotorov môže vykonať pracovník kvalifikovaný ako samostatný elektrotechnik (§ 22, vyhláška č. 718/2002).

Tento článok bol vytvorený pri realizácii projektu Centrum výskumu riadenia technických, environmentálnych a humánných rizík pre trvalý rozvoj produkcie a výrobkov v strojárstve (ITMS: 26220120060) na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj, financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Literatúra

- [1] JAKUBČÍK, L.: Použití některých odsávacích systému na svářečských pracovištích. Zváranie – Svařování, 46, č. 6. 1997, s. 136 – 140.
- [2] SPIŠÁKOVÁ, E.: Innovation activity of Slovak corporations. In: Transfér Inovácii, č. 11, 2008, s. 219 – 221.
- [3] SPIŠÁKOVÁ, E.: The types of innovation and introduction them in Slovak corporations. In: Transfér Inovácii, č. 11, 2008, s. 222 – 225.
- [4] Smernice MZ SR č.13/1986 – Pokyny pre vykonávanie hygienického dozoru na pracoviskách a vyhľadávanie rizikových prác.
- [5] KOSNÁČ, L.: Ochrana zdravia a bezpečnosť pri zváraní. Bratislava: Weldtech, 1998.
- [6] TURŇOVÁ, Z.: Bezpečnosť a ochrana zdravia pri zváraní. In.: Zvarač, roč. 3, č. 2, 2006, s. 29 – 30.
- [7] STN 05 0600: Zváranie. Bezpečnostné ustanovenia pre zváranie kovov. Projektovanie a príprava pracovísk. Bratislava 1993.
- [9] ZAJAC, J.: Modernizácia odsávania zvaracej haly. Bakalárska práca. SJF, TU v Košiciach, 2008.
- [10] DIMMEROVÁ, J.: Zdravotní rizika při svařování a řezání. Zváranie – Svařování, č. 11 – 12, 2006, s. 313 – 320.

Ing. Katarína Senderská, PhD.,  
prof. Ing. Jozef Kováč, CSc.,  
Ing. Ján Viňáš, PhD., EWE,  
Ing. Ján Zajac,  
Ing. Albert Mareš, PhD.

Strojnícka fakulta  
Technická univerzita v Košiciach  
Letná 9, 040 01 Košice  
Slovensko  
katarina.senderska@tuke.sk

-tog-