

BEZDOTYKOVÉ MERANIE PRIETOKU KVAPALINY ULTRAZVUKOVOU METÓDOU PRE POTREBY TESTU OPOTREBENIA ZNAČENIA VÝROBKOV NÁSLEDKOM ERÓZIE

Ján ILKO - Miroslav RUSKO

NON-CONTACT ULTRASONIC FLOW MEASURING OF FLUID FOR PRODUCT MARKING TESTING PURPOSES DISTURBED BY ABRASIVE ENVIRONMENT



ABSTRAKT

Pre aplikácie s agresívnymi kvapalinami, či už chemicky alebo aj fyzikálne, je potrebné zabezpečiť meranie prietoku, popřípadě výšky hladiny, bezkontaktně aby nedocházalo k poškození meracieho zariadenia popřípadě chybe merania následkom zanesenia senzora. Článek popisuje praktické řešení takéhoto meracieho zariadenia pomocou ultrazvuku. Meranie je aplikovateľné na prístroje pre určovanie životnosti značenia ale aj povrchu výrobkov pomocou vybraných testovacích médií.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: meranie prietoku, ultrazvuk, značenie, životnosť výrobku.

ABSTRACT

For applications with aggressive liquids, either chemically or physically, it is necessary to ensure the flow or level measurement, to avoid damage to the measuring device or a measurement error due to the sensing of the sensor, contact lessly. The following article describes a practical solution to such a measurement device using ultrasound. The measurement is applicable to devices for determining the life of the marking as well as the surface of the products using selected test media.

KEY WORDS: Flow measurement, ultrasound, labelling, product life.

Úvod

Priemyselné výrobky sú identifikované označovacími prostriedkami a značkami pre identifikáciu druhu výrobku, jeho vlastností a iné informácie, ktoré s výrobkom priamo či nepriamo súvisia. Často sa však stáva, že výrobok, pokiaľ je v styku s agresívnym, resp. abrazívnym prostredím, údaje sú po určitej dobe pre abráziu prostredia zo štítka zmazané alebo dokonca zbrúsené. Kvalitu takéhoto značenia je možné overiť použitím médií rôznych abrázií, modelovaním a výpočtami určiť približnú životnosť značenia pre rôzne aplikácie. Článok pojednáva o testovaní meracej sústavy pre meranie prietoku bezkontaktnou metódou, kde nedochádza ku kontaktu s meracím zariadením a tým pádom k jeho opotrebeniu alebo poškodeniu.

Opotrebenie

Opotrebenie je definované ako nežiaduca zmena povrchu alebo rozmerov tuhých telies, spôsobená buď vzájomným pôsobením funkčných povrchov alebo funkčného povrchu a nejakého média, ktoré opotrebenie vyvoláva. Prejavuje sa ako odstraňovanie alebo premiestňovanie častíc hmoty opotrebovávaného povrchu mechanickými účinkami, ktoré môžu byť sprevádzané aj ďalšími vplyvmi, ako napr. chemickými alebo elektrickými.¹

¹ Opotrebenie a materiály odolné proti opotrebeniu. - [on-line] [2017-08-21] Dostupné na internete - URL:(<http://www.mtfda.szm.com/subory/opotrebenie.pdf>)

Abrazívne opotrebenie

Abrazívne opotrebenie predstavuje jeden z intenzívnych degradačných procesov materiálu účinkom tvrdých, prevažne minerálnych častíc. Pritom dochádza k oddeľovaniu a premiestňovaniu čiastočiek materiálu.² V prípade značenia výrobkov sa môže vyskytovať pri kontakte výrobku s inými mechanickými prvkami systému, napríklad pri skladaní modulov do funkčného celku, kde dochádza k pohybu medzi prvkami.

Erozívne opotrebenie

Erozia je narušovanie materiálu stykom s tuhými časticami unášanými prúdiacim médiom (voda, plyn).³ Známe sú dva druhy opotrebenia, jeden spôsobený opakovanou deformáciou počas zrážok, čo má za následok roztrhnutie kusa materiálu a druhé spôsobené rezaním voľne sa pohybujúcich častíc.⁴ Hodnotenie odolnosti rozličných materiálov ako kovy, plasty a keramika proti erózii ukazuje, že existuje veľmi široké spektrum správania, ktoré nemôže byť jednoducho spojené s mechanickou vlastnosťou, ako je pevnosť alebo tvrdosť. Skúšanie vystužených vybraných plastov ukazuje, že výstuž môže zlepšiť alebo zhoršiť odolnosť voči erózii v závislosti od typu použitých vlákien. Posúdenie mechanizmu erózie vedie k predpokladu, že impaktujúce častice spočiatku spôsobujú zrážanie a extrúziu a môžu sa zlomiť na fragmenty, ktoré spôsobujú sekundárne poškodenie v smeroch radiálnych od miesta počiatočného nárazu.⁵

Cieľom tejto štúdie je návrh merania prietoku tetovacej kvapaliny s vybranými fyzikálnymi aj chemickými vlastnosťami pre overovanie odolnosti značenia výrobkov proti opotrebeniu pri styku s kvapalinami. Pre meranie bol zvolený systém Khafagi kanála s ultrazvukovým meraním výšky hladiny a pomocou matematických operácií prevod na prietok.

Merací žľab

Meranie na žľabe je druh merania prietoku v špeciálne tvarovanom kanáli s definovanými bočnými zúženiami.⁶ Venturiho žľaby majú praktický význam pre meranie štruktúry prietoku v otvorených kanáloch.⁷ Pre popisovaný systém sú z praktického hľadiska výhodné pre jednoduchú konštrukciu. Žľaby Khafagiventuri sú dlhú životnosť a majú nízku údržbu vďaka materiálom s vysokou chemickou odolnosťou a odolnosťou proti oderu. Podľa charakteru vody môže byť merací kanál vyrobený z rôznych materiálov. To výrazne zvyšuje životnosť meracieho kanála. Na experiment bol zvolený žľab EH QV-302.



Obr.1 Khafagi vodný žľab 2“.⁸

²Blaškovič, P., Balla, J., Dzimko, M.: Tribológia. ALFA, Bratislava 1990, ISBN 800-50-06-330.

³Pluhař, J., et al: Nauka o materiálech. Praha – SNTL, 1989, 552 s.

⁴J.G.A. Bitter, A study of erosion phenomena part I, Wear, Volume 6, Issue 1, 1963, Pages 5-21, ISSN 0043-1648, [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1648\(63\)90003-6](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1648(63)90003-6).

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043164863900036>)

⁵G.P. Tilly, Wendy Sage, The interaction of particle and material behaviour in erosion processes, Wear, Volume 16, Issue 6, 1970, Pages 447-465, ISSN 0043-1648, [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1648\(70\)90171-7](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1648(70)90171-7).

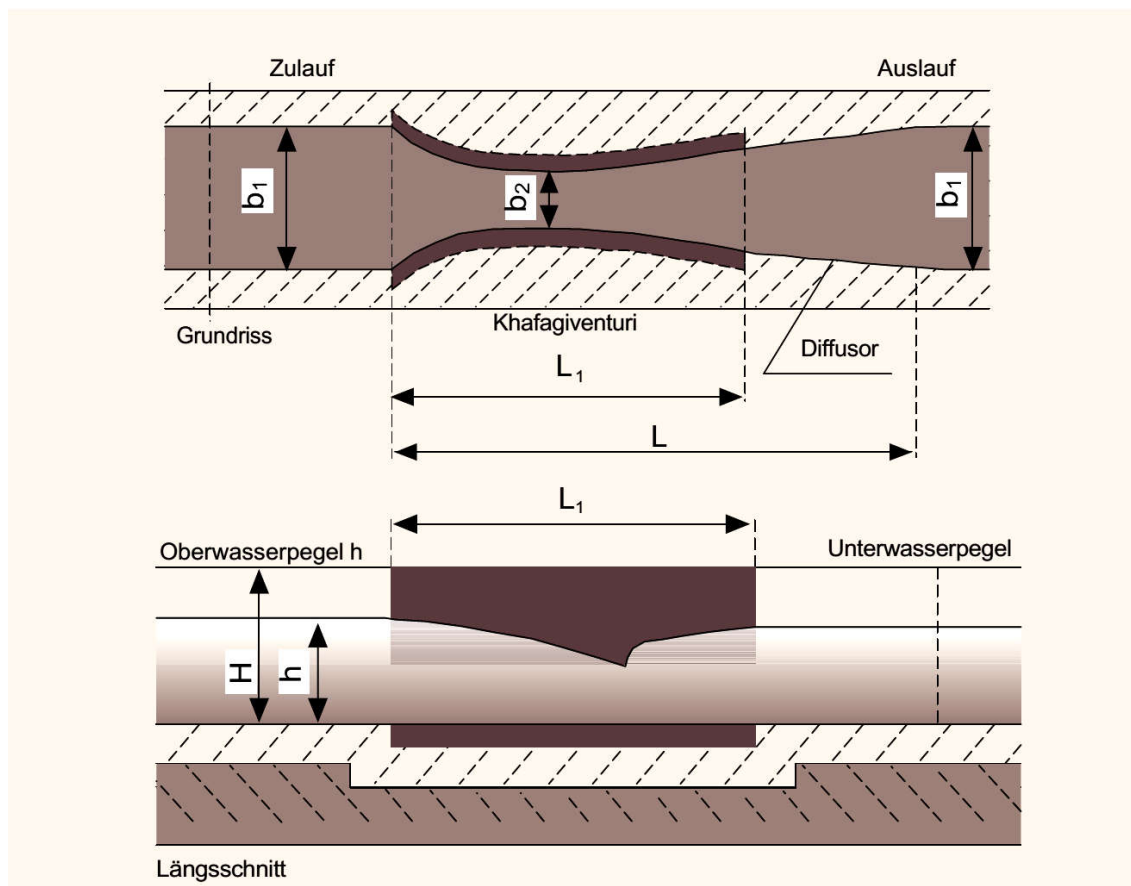
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043164870901717>)

⁶Jiwani, Riyaz, PE Steffen Lucas, and Dip Eng. "Methods of Flow Measurement." Sessenheim (2002).

⁷Castro-Ortiz, Oscar. "Hydraulic design of Khafagi flumes." Journal of Hydraulic Research 46.5 (2008): 691-698.

⁸OpenChannelFlow. - [on-line] [2017-08-10] Dostupné na internete - URL: (<https://www.openchannelflow.com/blog/gallery-fiberglass-parshall-flumes>)

Prietok pretekajúceho média sa sekundárne vypočítava podľa výšky hladiny v žľabe. Rovnicu pre výpočet hladiny uvádza výrobca k výrobku.



Obr.2 Technický výkres žľabu Khafagi.⁹

Ultrazvukové meranie výšky hladiny

Ultrazvuk je forma neionizujúceho žiarenia, ktoré využíva vysokofrekvenčné zvukové vlny na zobrazenie objektu¹⁰ alebo jeho polohy. Ultrazvukové snímače sa používajú rôznymi spôsobmi.¹¹ Pre testované zariadenie je využitý systém merania vzdialenosti objektu od senzora pre stanovenie výšky hladiny kvapaliny na meracom kanále. Senzor dokáže vypočítať časový interval medzi odosielaním signálu a prijímaním ozveny na určenie vzdialenosti objektu.¹² Na meranie bol zvolený senzor typu LS20-2-50-00 s meracím rozsahom 60..350/60mm, analógovým výstupom 4-20mA. Merací rozsah bol nastavený nasledovne: 4mA = 360mm = 9.14 l/s, 20mA = 160mm = 0.0 l/s.

⁹ Endress und Hauser. Durchfluss-Mengenmessung. Khafagiventuri QV 302...QV 316. Offene Messrinne zur Durchfluss-Messung mit Ultraschall. Interný dokument firmy E&H.

¹⁰ David J. Martin, Irving T.P. Wells, Christopher R. Goodwin, Physics of ultrasound, Anaesthesia & Intensive Care Medicine, Volume 16, Issue 3, 2015, Pages 132-135, ISSN 1472-0299, <http://dx.doi.org/10.1016/j.mpaic.2015.01.003>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1472029915000041>)

Keywords: Doppler effect; echoes; imaging artefacts; sound attenuation; ultrasound safety; ultrasound waves

¹¹ Peter Hauptmann, Ralf Lucklum, Alf Püttmer, Bernd Henning, Ultrasonic sensors for process monitoring and chemical analysis: state-of-the-art and trends, Sensors and Actuators A: Physical, Volume 67, Issue 1, 1998, Pages 32-48, ISSN 0924-4247, [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-4247\(97\)01725-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-4247(97)01725-1).

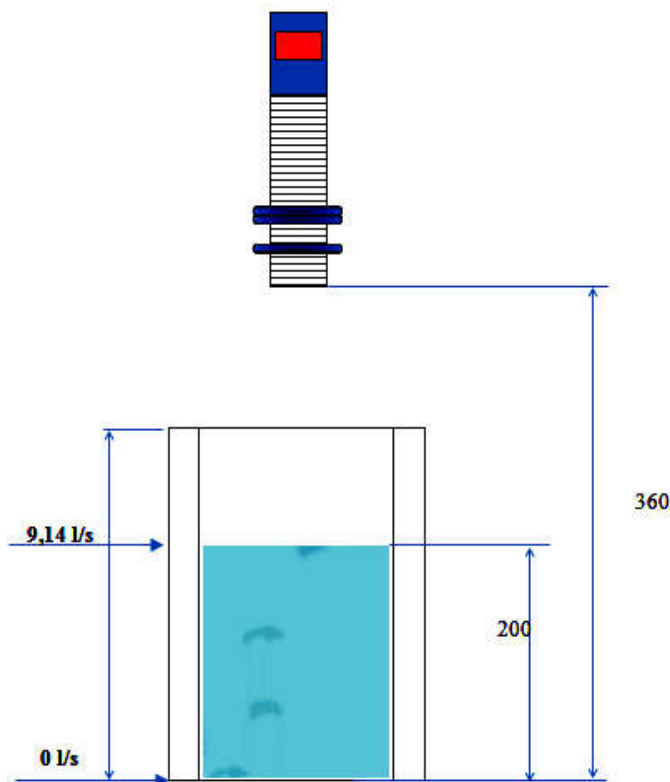
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424797017251>)

¹² Mohammad, Tarek. "Using ultrasonic and infrared sensors for distance measurement." World Academy of Science, Engineering and Technology 51 (2009): 293-298.



Obr.3 Ultrazvukový senzor série LS 20.¹³

Snímač LS20 meria bezkontaktné vzdialenosť medzi objektom v rámci detekčnej zóny. V závislosti od nastavenej vzdialenosti detekcie je možné nastaviť digitálny výstup. Snímače LS majú kompenzáciu vnútornej teploty. Pretože sa snímače ohrejú, teplotná kompenzácia dosiahne optimálny pracovný bod po približne 30 minútach prevádzky. Sensory tiež detekujú slepú zónu, v ktorej nemožno merať vzdialenosť. Prevádzkový rozsah udáva vzdialenosť snímača, ktorá sa môže použiť s normálnymi reflektčnými plochami s dostatočnou funkčnou rezervou.¹⁴



Obr.4 Experimentálne meranie výšky hladiny prietoku na žľabe Khafagi.

Výpočet prietoku

Prietok bol vypočítaný podľa rovnice od výrobcu Khafagi žľabu:

$$Q = 0,01744 \cdot b_2 \cdot h^{1,5} + 0,00091 \cdot h^{2,5}$$

Kde:

Q = prietok [l/s]

b_2 = zúženie kanála [cm] (v danom prevedení 4,8 cm)

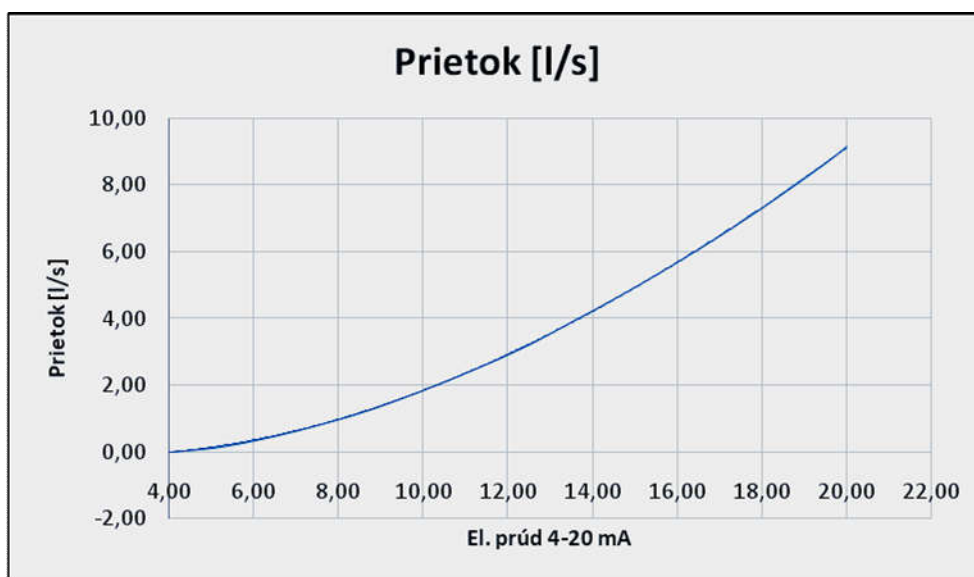
h = Hladina pred meracím žľabom [cm]

¹³ GSG.- [on-line] [2017-08-10] Dostupné na internete - URL:(<http://www.gsg-industrietechnik.de/en/ultrasonic-sensors-series-LS-20.html>)

¹⁴ MartensElectronic. Datasheet.- [on-line] [2017-08-10] Dostupné na internete - URL:(http://www.ghm-messtechnik.de/fileadmin/user_upload/honsberg/Martens_englisch/pi-ma-LS20_e.pdf)

Tabuľka 1 Namerané a vypočítané hodnoty prietoku.

	Výška hladiny [m]	Prietok [m ³ /h]	$I=80 \cdot h+4$ [mA]	Prietok [l/s]
1	0,000	0,00	4,00	0,00
2	0,015	0,56	5,20	0,16
3	0,030	1,61	6,40	0,45
4	0,045	3,00	7,60	0,83
5	0,060	4,69	8,80	1,30
6	0,075	6,65	10,00	1,85
7	0,090	8,87	11,20	2,46
8	0,105	11,34	12,40	3,15
9	0,119	14,06	13,52	3,91
10	0,134	17,02	14,72	4,73
11	0,149	20,21	15,92	5,62
12	0,164	23,65	17,12	6,57
13	0,179	27,31	18,32	7,59
14	0,194	31,22	19,52	8,67
15	0,200	32,89	20,00	9,14
16	0,209	35,36	20,72	9,82
17	0,224	39,73	21,92	11,04



Graf 1 Grafické vyjadrenie závislosti prietoku na výstupnom prúde senzora pre ďalšie spracovanie.

Záver

Popisovaný systém je súčasť komplexného zariadenia pre experimentálne testovanie odolnosti značenia popri prípade aj povrchu výrobkov pomocou modelovania reálnych podmienok prostredia vplyvajúceho na značenie výrobku. Zariadenie bolo skúšané pomocou dostupných prvkov a má slúžiť ako podklad k realizácii spomínaného systému. Vzhľadom na veľkosť skúšanej vzorky je nutné zvoliť aj veľkosť meracieho žľabu. Systém poskytuje reálne výstupné hodnoty prevedené na elektrický analógový signál, ktorý je potrebné ďalej spracovať pomocou vybraných algoritmov. Dnes existujú na trhu kompaktné mikropočítače, ako napr. GHM-

ONE čo je multifunkčná jednotka, ktorá môže byť špeciálne prispôbena požiadavkám na spracovanie a riadenie pomocou konfiguračného softvéru. Takéto jednotky sú schopné snímať viacero dát cez štandardné signálne protokoly alebo aj počítačové rozhrania. Takto je potom možné dostať výsledné dáta potrebné pre vyhodnotenie.

ADRESY AUTOROV

Ing. Ján ILKO. EUR-ING.

- Flexim, GmbH, Olbendorf, Republik Österreich
- Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika

doc. RNDr. Miroslav RUSKO, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: miroslav.rusko@stuba.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.