



EXPERIMENTÁLNÍ POUŽITÍ LASEROVÉ TRIANGULAČNÍ METODY V TŘINECKÝCH ŽELEZÁRNÁCH, A.S.

EXPERIMENTAL USING OF THE LASER TRIANGULATION METHOD IN TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, A.S.

Lukáš PINDOR^{*}, Lubomír GRMELA^{**}, Pavel TOFEL^{**},
Petr SEDLAK^{**}, Jiri MAJZNER^{**}, Gabriel CSEFALVAY^{**}, Štěpán HEFNER^{*}

^{*}Třinecké železářny, a.s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec

E-mail: lukas.pindor@trz.cz stepan.hefner@trz.cz

^{**}VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav fyziky,
Technická 8, 616 00 Brno

E-mail: tofel@feec.vutbr.cz, sedlakp@feec.vutbr.cz,
majzner@feec.vutbr.cz, xcsefa00@stud.feec.vutbr.cz

Abstrakt

V souvislosti s rostoucími požadavky zákazníků v oblasti povrchové kvality vývalků je v současné době v Třineckých železárnách, a.s. hledána metoda detekce povrchových nehomogenit litých sochorů. Během vývoje systému detekce nehomogenit bylo odzkoušeno mnoho metod a jako optimální se ukázala být laserová triangulační metoda. V této technice je k detekci povrchu používán optický profiloměr a naměřená data jsou zpracovávána softwarem vyvinutým v prostředí MATLAB. V rámci experimentu došlo ke snímání povrchu několika sochorů touto metodou přímo v provozu a naměřené data byly pak porovnávány s výsledky z defektoskopie příslušných vývalků.

Klíčové slova: lité sochory, optický profiloměr, metoda laserové triangulace, povrchová kvalita

Abstract

Nowadays, in the connection with increasing demands for the surface quality of hot rolled products evoked by customers is searching a detection method of surface defects of casted billets in Třinecké železářny, a.s.. There have been tested many methods of surface detection during the development and as useful was choose the laser triangulation method. This technique includes the optical surface scanner for detection and the measured data are processed by algorithm developed in MATLAB. As part of the experiment, there has been scanning the surface of several billets in the operating conditions and the measured data were compared with the results of the non-destructive defection of rolled products.

Key words: casted billets, optical surface scanner, Laser triangulation method, surface quality

Úvod

V současné době je automobilový průmysl jeden z hlavních odběratelů oceli z Třineckých železáren, a.s. Jedná se o odběratele, který má své striktní požadavky nejen na mechanické vlastnosti oceli, ale také na povrchovou kvalitu vývalků. Právě poptávka po povrchově „bezvadné“ oceli je hybnou silou, která nutí výrobce oceli hledat příčiny vzniku povrchových anomálií v technologickém toku materiálu.

Hlavním odrazovým můstkem se v této souvislosti ukazuje být kontrola povrchové kvality litých sochorů, tedy materiálů, které jsou hutním polotovarem a zároveň vstupním materiálem pro následnou výrobu tyčí a drátů. V současné době se takovéto kontroly provádějí pouze opticky, přičemž výsledky této kontroly jsou silně závislé na detekční schopnosti pozorovatele.

Z tohoto důvodu bylo experimentálně zkoušeno několik metod pro automatickou detekci a vyhodnocení vad, jako příklad takové metody lze uvést magnetickou práškovou detekci, indukční ohřev s termografií, metodu vířivých proudů aj. Lze říci, že vzhledem k podmínkám povrchu předlitku měla každá z metod určité výhody, zároveň však i omezení, které nedovolovalo jejich provozní použití.

Na základě těchto výsledků započal v Třineckých železárnách, a.s. ve spolupráci s VUT Brno vývoj nového automatického systému detekce anomálií na povrchu litých sochorů, přičemž pro základní detekci povrchu byl využit princip optické triangulace k bezkontaktnímu měření povrchu [1]. Nedílnou součástí detekčního systému je algoritmus vyvinutý v prostředí MATLAB, který zpracovává zaznamenané data a vyhodnocuje je v závislosti na vstupních parametrech pro odpovídající materiál monitorovaného sochoru.

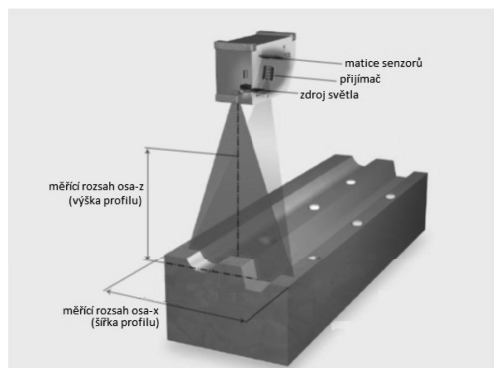
Pro posouzení účinnosti tohoto systému detekce byly experimentálně snímány lité sochory o průřezu 150 x 150 mm a byla hledána korelace mezi nehomogenitami nalezenými na povrchu kontistliku s anomáliemi nalezenými defektoskopií tyčí odválcovaných z daných sochorů.

Metoda laserové triangulace

Snímání povrchu bylo prováděno s využitím laserového profiloměru ScanControl 2750-100 od firmy MICRO-EPSILON, jehož princip činnosti, použití a způsob měření je patrný z blokové schéma uvedeného na **Obr. 1**.

Použitý laserový skener označovaný jako laserový profiloměr využívá principu triangulace pro dvourozměrnou detekci profilů na měřených plochách. Pomocí speciálních čoček se čoprováný laserový paprsek rozšíří na statický liniový laserový paprsek, který dopadá na zkoumaný profil. Difúzně odražené záření z nerovností povrchu je zaznamenáno snímací CMOS-maticí přes kvalitní optický systém. Výstupní signál závisí na frekvenci spouštění laseru a pomocí vnitřního synchronního detektoru je demodulován. Kromě informace o vzdálenosti (osa z), jsou využity parametry z citlivé snímací matice pro určení pozice v ose x. Tyto naměřené hodnoty tvoří výstupní data ve dvoudimenzionálním systému souřadnic, který je stanoven s ohledem na polohu měřeného profilu vůči senzoru [2,3]. V případě pohybu objektu (měřeného vzorku) nebo posuvem senzoru, je proto možné získat 3D obraz naměřených hodnot. Profiloměr disponuje kompenzací podle druhu měněního

se povrchu, a to v reálném čase. To umožňuje měřit vůči velkému rozsahu materiálů (např. lesklé kovy, černá guma nebo leštěné povrchové úpravy).

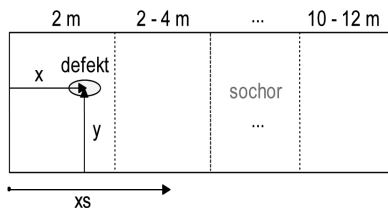


Obr.1 Princip činnosti laserového profiloměru firmy MICRO-EPSILON

Fig1 Operating principle of optical surface scanner MICRO-EPSILON

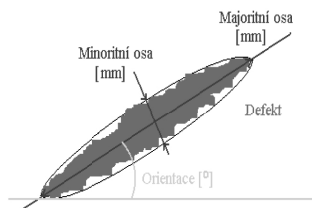
Neméně důležitou operací tohoto detekčního systému je zpracování těchto výstupních dat. V tomto směru byl na VUT Brno vytvořen algoritmus v prostředí MATLAB, který v první řadě odstraní filtrací parazitní efekty vzniklé v průběhu skenování povrchu sochoru, zvýrazní povrchovou strukturu sochoru pomocí metody STA/LTA (short-term average/long-term average) a dále pak podle zadaného prahu odděluje defekty od oscilačních vrásek. Hodnota prahování je založena na úvaze, že defekty se nalézají ve větší hloubce než oscilační vrásky. Metoda STA/LTA se běžně používá pro odhad přichozícího času zemětřesení v seismologii [4] a události v akustické emisii [5,6].

V konečném důsledku je tak každý defekt označen, jsou vypsány jeho souřadnice od začátku sochoru (**Obr.2**), jeho hloubka a velikost, tvar a orientace (**Obr.3**). Výsledky jsou tedy k dispozici jak v grafické, tak i číselné podobě a lze s nimi dále jednoduše pracovat.



Obr. 2 Sochor – úseky a defekty

Fig.2 Billet – sections and defects



Obr.3 Popis defektu

Fig.3 Description of the defect

Experiment

V rámci experimentu došlo k měření povrchu sochorů optickým profiloměrem přímo v provozu. Byly nasnímány vybrané kusy sochorů ze všech čtyřech stran o průměrné zkušební rychlosti pohybu sochoru 0,36 m/s (**Obr.4**).

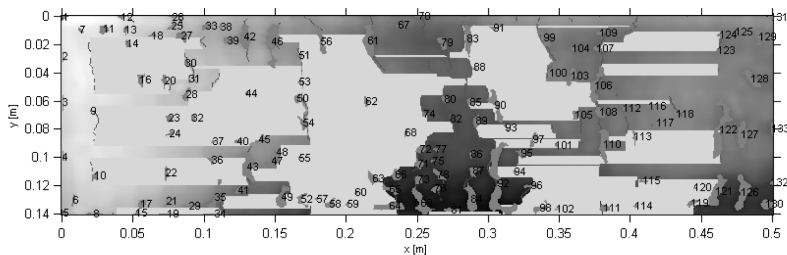


Obr.4 Snímání povrchu sochoru laserovým profiloměrem

Fig. 4 Surface scan of the billet

Získané data byly následně vyhodnoceny algoritmem, který našel oscilační vrásky, defekty a oblasti bez oscilačních vrásek na povrchu sochoru. Na **Obr. 5** lze vidět grafický výstup zpracovaný algoritmem softwaru, kde oscilační vrásky jsou značeny modrou barvou, oblasti bez vrásek zelenou barvou a samotné defekty značeny červenou barvou.

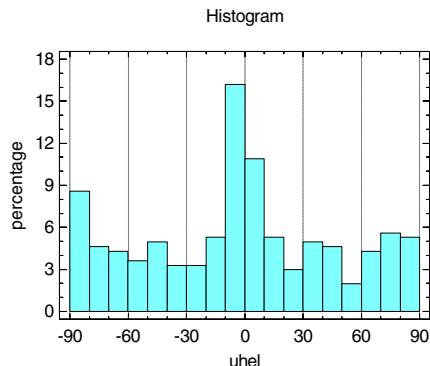
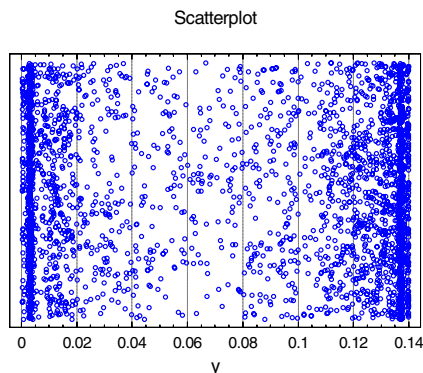
Zpracované výsledky byly podrobeny statistické analýze, která byla zaměřena na zjištění základních odlišností parametrů defektů a anomálií mezi stranami sochoru a po ploše jeho jednotlivých stran (boků). Prakticky šlo o zjištění závislosti mezi defekty a anomáliemi, detekci případné periodicity výskytu, shluků defektů a indikaci odlišnosti výskytu defektů a anomálií na stranách sochoru.



Obr. 5 Nalezené defekty, oscilační vrásky a oblasti bez vrásek na sochoru pomocí algoritmu vyvinutého v prostředí MATLAB

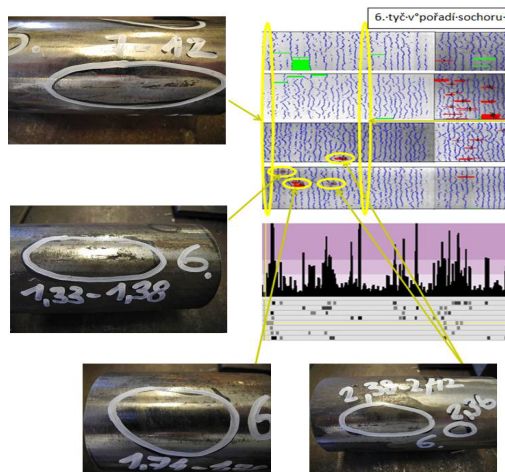
Fig.5 Defects, oscillation marks and areas without oscillation marks found on the billet surface with algorithm developed in MATLAB

Z analýzy vyplynulo, že nejvíce defektů a anomálií se vyskytovalo v rozích sochorů (**Obr.6**) a jejich nejčtenější úhel natočení byl 0° a 90° (**Obr.7**), tedy, že se jednalo hlavně o nehomogenity podélné a příčné. Výsledky také naznačily, které strany sochoru mohou být náchylnější na výskyt defektů a anomálií.



Obr. 6 Místa výskytu anomálií na sochorech
Fig. 6 Occurrence of defects on the billets

Obr. 7 Orientace anomálií na sochorech
Fig.7 Orientation of defects on the billets



Obr.8 Korelace výsledků defektoskopie tyčí se skeny povrchu sochoru
Fig.8 Correlation of results of bars defectoscopy with scans of billet surface

Nasnímané sochory byly v další fázi experimentu odválcovány do tyčí pr. 70 mm. Tyče byly defektoskopovány na lince Cirkoflux na hloubku vady 0,52 mm a nalezené defekty na tyčích byly po přepočtu porovnávány s defekty nalezenými na sochorech.

Na **Obr.8** je patrný příklad srovnání výsledků povrchových anomálií zjištěných defektoskopickým zařízením Circoflux na tyčích Ø 70 mm (spodní záznam), doloženými fotografiemi příslušných podélných trhlin, s grafickým výstupem zpracovaných dat z laserového profiloměru z příslušného sochoru.

Lze říci, že se v této fázi experimentu podařilo každé anomálii, vyskytující se na tyči, dohledat příslušnou nehomogenitu v odpovídajícím místě na povrchu sochoru. Na druhou stranu však systém zpracování získaných dat ukázal, že pro prokázání relevantnosti daných výsledků je nezbytný další vývoj laserově triangulační metody.

Závěr

V souvislosti s rostoucími požadavky zákazníků v oblasti povrchové kvality byla v Třineckých železárnách, a.s. zkoušena laserová triangulační metoda detekce povrchových nehomogenit litých sochorů. V rámci experimentu došlo ke snímání povrchu několika sochorů touto metodou přímo v provozu, přičemž naměřené data byly porovnávány s výsledky z defektoskopie odválcovaných tyčí průměru 70 mm.

Výsledky tohoto srovnání poukázaly na vzájemnou spojitost anomálií sochor/tyč, což může být výborné pro další výzkum v této oblasti. Nicméně samotné zpracovávání dat je vzhledem k celkovému objemu informací a dalším vlivům natolik citlivé, že pro celkové zhodnocení laserově triangulační metody bude potřeba provést další experimenty.

Poděkování

Příspěvek vznikl za přispění projektu FR-TI2/536, v rámci programu TIP 2010-MPO ČR.

Literatura

- [1] Kalová I, Horák K, Optické metody měření 3D objektů, *Elektrorevue* **23**, 2005
- [2] Riftek. Laser scanners RF620 series manual guide, 2009.
- [3] MicroEpsilon, manual guide ScanControl 2700/2710, 2008.
- [4] Baer M Kradolfer U, An automatic phase picker for local and teleseismic events *Bulletin of the Seismology Society of America* **77**, 1987, 1437-1445.
- [5] Lokajicek T Klima K A first arrival identification system of acoustic emission signals by means of a high-order statistics approach, *Meas. Sci. Technol.* **17**, 2006, 2461-2466.
- [6] Sedlak P, Hirose Y, Khan S A, Enoki M and Sikula J, New automatic localization technique of acoustic emission signals in thin metal plates, *Ultrasonic* **49**, 2009, 254-262.