

# Rozpoznávací metody založené na 2D Fourierově transformaci

Ing. Radek Holota

školitel: Prof. Ing. Jiří Pinker, CSc.

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací, Západočeská univerzita v Plzni

## Recognition Methods Based on 2D Fourier Transform

### Abstract

*This paper deals with new methods for recognition of oriented structures based on 2D Fourier Transform. Their principles are described and the possibilities of utilization in metallography are outlined.*

### Keywords

Image recognition, 2D Fourier Transform, oriented structure.

### Úvod

V mnoha oborech lidské činnosti se setkáváme s analýzou vlastností hmoty (materiálu v metalografii, tkání v medicíně apod.). Celý tento článek se dále zabývá právě využitím v metalografii. Jednou z možností, jak zjistit vlastnosti materiálu je zaměřit se na jeho strukturu. Významným znakem je orientovanost struktury, která má výrazný vliv na vlastnosti materiálu i finálního výrobku. Jedním z důležitých úkolů v praxi bývá zjištění stupně deformace materiálu, což je prakticky totožné se měřením jeho stupně orientovanosti. Současné metody jsou obvykle založeny na analýze struktury v běžném (reálném) prostoru viz. [1], [2], [3], [4], [5]. Novým přístupem k rozpoznávání stupně deformace (orientovanosti) je využít 2D Fourierovy transformace a provádět rozpoznávání v prostoru plošných frekvencí.

### 2D Fourierova transformace

Pomocí 2D Fourierovy transformace [6], [7] získáváme z reálného obrazu, obraz plošných frekvencí. Tato transformace je definována dle vztahu:

$$F(u, v) = \iint f(x, y) \cdot e^{-2\pi i(ux+vy)} dx dy \quad (1)$$

a diskrétní forma vztahem:

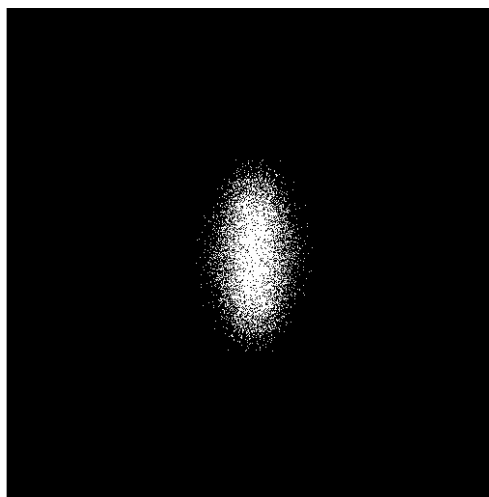
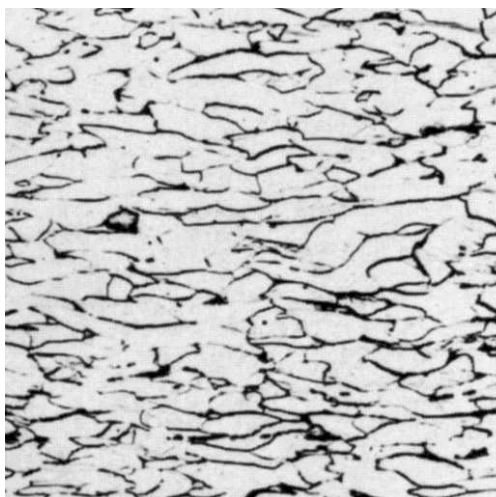
$$F(u, v) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \cdot e^{-2\pi i \left( \frac{um}{M} + \frac{vn}{N} \right)} \quad (2)$$

Dvourozměrná transformace může být též provedena postupnou aplikací dvou jednorozměrných Fourierových transformací takto:

$$F_1(u, y) = \int f(x, y) \cdot e^{-2\pi i(ux)} dx, \quad (3)$$

$$F(u, v) = \int F_1(u, y) \cdot e^{-2\pi i(vy)} dy. \quad (4)$$

Struktura oceli se stupněm deformace 40% a obraz po aplikaci 2D Fourierovy transformace je znázorněn na obr.1.



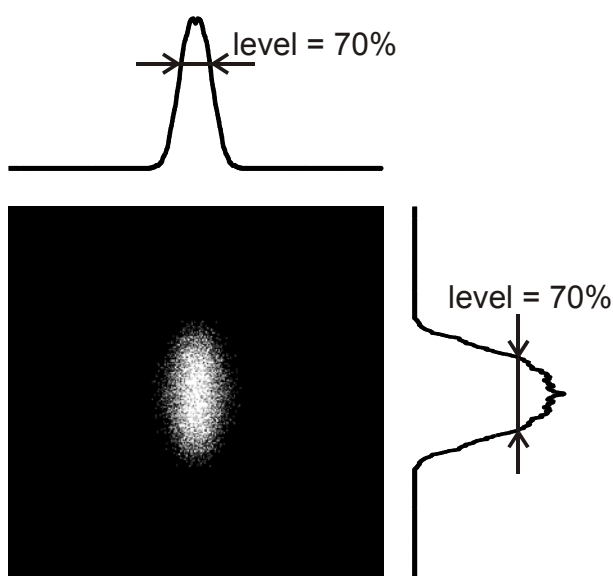
**Obr.1: Struktura materiálu a obraz plošných frekvencí**

### Metody vyhodnocení

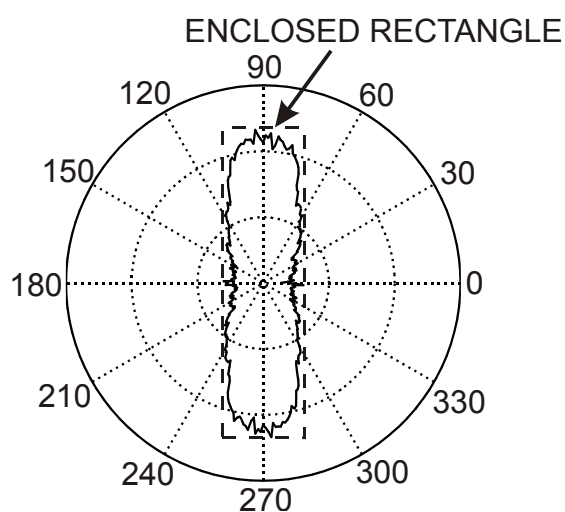
K vlastnímu rozpoznávání stupně deformace materiálu z obrazu frekvenčních spekter byly použity dvě metody, které jsou založeny na výpočtu histogramů.

V první metodě jsou vypočítávány histogramy ve vertikálním a horizontálním směru viz. obr.2. Jedná se o zjištění počtu bílých pixelů v řádcích příp. sloupcích. Poté je změřena šířka největšího vrcholu v každém histogramu a poměrem získaných hodnot je vypočítán parametr H/V (horizontal/vertical), ze kterého lze usuzovat na stupeň deformace materiálu.

Druhá metoda využívá výpočtu histogramu v polárních souřadnicích viz. obr.3, tzn. zjišťování počtu bílých bodů v každém směru (0-360°) ze středu obrazu. Po získání histogramu je zkonstruován nejmenší možný obdélník obklopující histogram a z poměru jeho stran je vypočítán parametr SF, který opět určuje stupeň deformace.



**Obr.2: Horizontální a vertikální histogram**

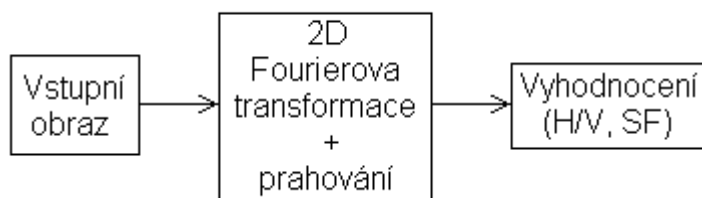


**Obr.3: Histogram v polárních souřadnicích**

U obou vyhodnocovacích metod je nutné provést prahování obrazu plošných frekvencí do binární formy a dalším z předpokladů je deformace materiálu ve vertikálním směru. Pro získání univerzálnosti bude v budoucnu začleněna některá z metod automatického prahování a normalizace natočení.

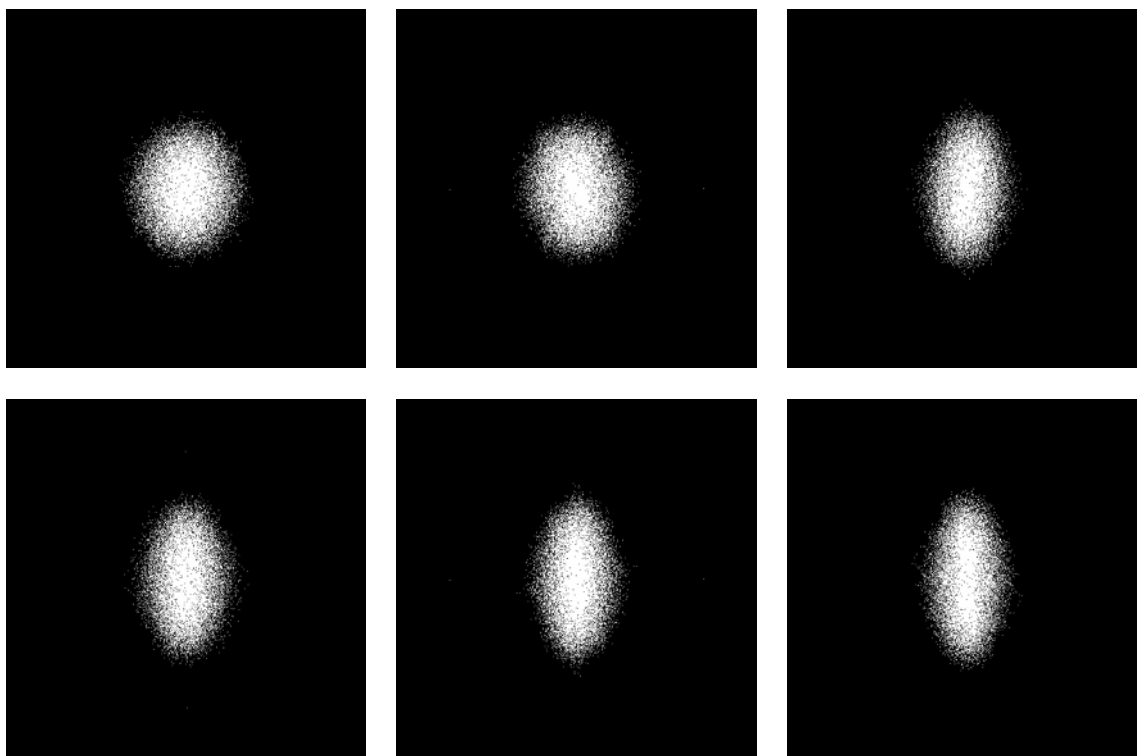
## Výsledky

K ověření těchto metod byl vytvořen program v systému MATLAB, který je složen ze dvou částí. Strukturu programu naznačuje blokové schéma na obr.4.



**Obr.4: Blokové schéma programu v systému MATLAB**

První část aplikuje 2D Fourierovu transformaci na vstupní obraz a provádí prahování spektra. Výsledky z této části programu jsou zobrazeny na obr.5. Na tomto obrázku jsou zřetelné změny spekter v závislosti na stupni deformace. Při větší deformaci se v jejím směru objevují vyšší frekvence tzn. spektrum se protahuje.

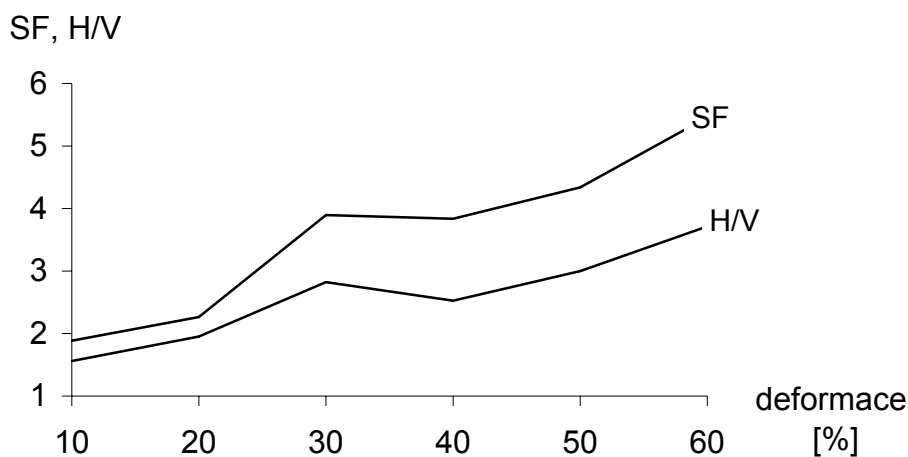


**Obr.5: Obrazy plošných frekvencí pro materiál s deformací 10-60%**

Ve druhé části jsou zahrnuty testované metody vyhodnocení stupně deformace na základě frekvenčního spektra, jejichž princip byl naznačen na obr.2 a obr.3.

Vlastní metody určení stupně deformace byly testovány na sérii snímků struktury oceli se stupni deformace 10%, 20%, 30%, 40%, 50% a 60%. Dosažené výsledky znázorňuje graf závislosti

parametrů H/V a SF na stupni deformace viz. obr.6. Bohužel z důvodu nedostatku vzorků bylo testování provedeno zatím jen na jedné sérii snímků. V grafu je vidět odchylka z trendu u hodnot obou parametrů pro deformaci 30%. Jelikož jsou odchylky shodné u parametru H/V i SF, předpokládáme, že chyba může být způsobena špatným vzorkem, protože postup jeho získávání je velmi náročný a výsledek je závislý na mnoha různých faktorech. Metody proto budou muset být ještě ověřeny na větším množství vzorků.



**Obr.6: Graf závislosti parametrů H/V a SF na stupni deformace**

## Závěr

V článku byla uvedena jedna z možných aplikací navržených metod, kterou bylo určování stupně deformace materiálů. Tyto metody jsou mnohem univerzálnější a lze je využít v jakémkoliv oboru, kde je nutné zjišťovat orientovanost struktur.

## Poděkování

Tento článek vznikl za finančního přispění MŠMT v rámci projektu výzkumu a vývoje LN00B084.

## Literatura

- [1] J. Komenda, R. Sandstrom: *Materials Characterisation* 31 (1993), 143-153.
- [2] E.E. Underwood: *Quantitative Stereology*, Addison-Wesley Publishing Comp., Reading, 1970.
- [3] H.E. Exner: *Practical Metallography* 30 (1993), 389-398.
- [4] S. Laroche: *Proceeding of the International Metallography Conf.*, Colmar 1995, 150-155.
- [5] C.T.W. Lahaye: *Proceeding of the International Metallography Conf.*, Colmar 1995, France, 83-88.
- [6] M. Petrou, P. Bosdogianni: *Image Processing – The Fundamentals*, Willey, New York, 1999.
- [7] Šonka M., Hlaváč V., Boyle R.: *Image processing, Analysis, and Machine Vision*, PWS Publishing, Pacific Grove, 1999, ISBN 0-534-95393-X.