

# NEM KÖRKERESZTMETSZETŰ FURATOK PNEUMATIKUS MÉRÉSÉNEK TERVEZÉSE

## DESIGNING OF PNEUMATIC MEASUREMENT OF BORES WITH NON-CIRCULAR PROFILE

*Dr. Szabó Ottó, műszaki tudomány kandidátusa,  
Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék*

### ABSTRACT

*Finishing processing and macro geometrical measurement of quenched polygon bores was unresolved. These problems are elaborated and patented by the author. Widening of pneumatic linear measurement for polygon surfaces and bores means a special task. In this paper designing, construction and calibration of pneumatic measuring head and nozzles are presented by the author.*

### 1. BEVEZETÉS

A mai gyártástechnológia feladata nagy pontosságú alkatrészek előállítása az egyre nagyobb teljesítményű, bonyolultságú gépek és berendezések építéséhez. Ezért a legyártott alkatrészek méreteinek ellenőrzése és ezen keresztül a gyártás minőségbiztosítása már nem csak a mérőlaboratóriumok kizárólagos feladata, hanem a gyártórendszerben és a műhelyben történő mérés is hozzájárul a termékek pontos legyártásához [2]. Ebben segít a pneumatikus mérés alkalmazása korszerű gépészeti szerkezetek (pl. poligonkötések) gyártásánál. A műhelyben történő pontos mérés jelentős költségmegtakarítást biztosít, mivel jelentősen csökkenthető a selejt, valamint a gyártási idő.

### 2. NEM KÖRKERESZTMETSZETŰ TEN-GELY- ÉS KERÉKAGY-KÖTÉSEK

A fogaskerekes sebességváltók hagyományos tengely és kerékagykötéseinek (pl. ék-, bordás-kötések) hibáit a poligonkötések küszöbölik ki [1]. A poligonkötések normálmetszete ellipszis, epi- és hipociklois ívekkel vagy származékaikkal (pl. burkológörbékkel), illetve körívvel határoltak, tehát nem körkeresztmetszetűek mérésük bonyolult feladat. A poligonkötések epi- vagy hipociklois ívei tengelyre merőleges metszetben a következő egyenletrendszerrel adhatók meg (amelyből ellipszis is levezethető):

$$\left. \begin{aligned} x &= (R - r) \cos \delta_p + \lambda r \cos \left[ \frac{R - r}{-r} \delta_p \right] \\ y &= (R - r) \sin \delta_p + \lambda r \sin \left[ \frac{R - r}{-r} \delta_p \right] \end{aligned} \right\} (1)$$

Az előző összefüggésekben  $R$  az alapkör sugara,  $r$  a gördülőkör sugara,  $\delta_p$  a poláris szög,  $\lambda$  a gördülőkör középpontja és a cikloist leíró pont közötti távolság. Így előállítható epi- vagy hipocikloisok alakja  $\lambda$ -tól is függ. A ciklois gyújtott, ha  $\lambda < 1$ ; csúcsos, ha  $\lambda = 1$ ; és hurkolt, ha  $\lambda > 1$ . A sokszögműköteknél nagyobb részt nyújtott cikloissal megadható vezérgörbéjű felületeket használunk.

A poligon furatok lágymegmunkálása sokszögesztergán és üregelőgépen megoldott. A poligonkötések kerékagyát gyakran a nagy igénybevétel miatt keményre edzett acélból tervezik. A poligon furatok edzett felületének befejező megmunkálása üregelemmel nem lehetséges. Lehetséges viszont köbös bórnitrid számmal a kemény esztergálás [3]. Az edzés utáni furatköszörülés kis termelékenységű eljárás, ennél kedvezőbb új elvű számmal és eljárással, az ún. kvázi-dörzsköszörüléssel a befejező megmunkálás [1].

A poligonkötések gyártása mérési és minőségbiztosítási feladatok megoldását is igényli. A hagyományos mérési módszerek elsősorban egyedi-, kissorozatgyártás igényeit elégítik ki, de a közép-, a nagysorozatgyártás és tömeggyártás fokozott elvárásait nem teljesítik. Ennek megoldása az elvégzett kutató-fejlesztő munka, amit e cikk foglal össze.

### 3. NEM KÖRKERESZTMETSZETŰ FURATOK PNEUMATIKUS MÉRÉSE

A poligonkötések alkatrészeinek közép-, nagysorozatú és tömeggyártása megköveteli a mérés idejének csökkentését; a mérésnek megmunkálás közben való végzését; automatizált folyamatba integrálását; méretvezérlését. Az előző komplex követelmények mellett fontosak az olyan követelmények, mint a mérés stabil-

ítása; megbízhatósága; környezettel (pl. hűtő-kenő folyadék) szembeni érzéketlenség; egyszerű kezelhetőség; alacsony költségek, stb.

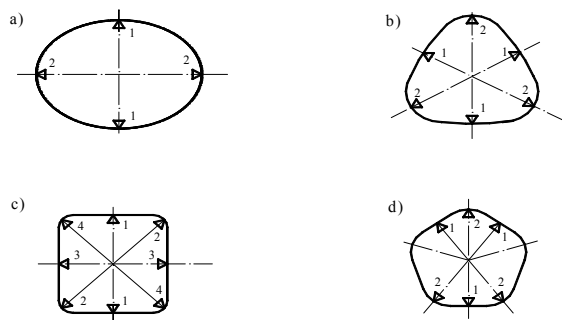
A felsorolt kívánalmaknak eleget tesz a pneumatikus mérés. A pneumatikus mérőfejek megmunkálás előtt (ráhagyás ellenőrzése), megmunkálás alatt (méretvezérlés) és megmunkálás után is alkalmazhatók. A pneumatikus mérőfejek a megmunkáló szerszámmal integráltan is kialakíthatók (pl. dörzsköszörülés) [1].

A pneumatikus mérés alapja az, hogy egy csatornán időegység alatt átáramló levegő mennyiségét csak a legszűkebb keresztmetszet befolyásolja. A mérőfúvóka végkeresztmetszetében vagy utána akadályt állítunk torlólemez, vagy a munkadarab felülete vagy kúp formájában. A légáramlási csatorna legszűkebb keresztmetszetét a torlólemez vagy a munkadarab felülete által létrehozott kilépési keresztmetszet határozza meg, ha teljesül az

$$A_{sz} \leq \frac{d_m^2 \cdot \pi}{4} \quad (2)$$

feltétel, ahol  $d_m$  - a mérőfúvóka átmérője;  $A_{sz}$  - a mérésre használt szűkület keresztmetszete. Egy-, kettő-, esetleg három mérőfúvókás megoldás a célravezető. Figyelembe véve a sokszögfuratok keresztmetszetét az  $N_s$  sokszögszám páros- vagy páratlan számú lehet, amit az 1. ábra szemléltet. A gyakorlatban alkalmazott sokszög megmunkáló gépek (pl. sokszögeszterga, sokszögműködő, üregelőgép) ezt lehetővé teszik. A (2) képletből következik, hogy az összekapcsolt mérőfúvókák számát korlátoznunk kell, illetve alkalmazhatók az egyfúvókás megoldások, ahol a mérőfej egyik felülete a mérendő furat megfelelő felületére, mint mérési bázisra támaszkodik.

Általában a sokszögműködések közelítőleg lapközépen illeszkednek, az ellenőrzést elegendő az itt lévő méretekre korlátozni. A pneumatikus mérőrendszer vizsgálatát és méretezését az ún. Laval-fúvóka és a Bernoulli-egyenlet segítségével végezhetjük el, illetve a villamos Ohm-törvény analógiáját alkalmazhatjuk.



1. ábra. Néhány jellegzetes sokszögfurat normál metszete és a pneumatikus mérőfúvókák elrendezése: a,

ellipszis:  $N_s = 2$ ; b, háromszög:  $N_s = 3$ ; c, négyszög:  $N_s = 4$ ; d, ötszög:  $N_s = 5$ ; stb.

A mérőfúvóka jellemzőit fojtásos áramlási csatornán célszerű vizsgálni. Ez olyan kis keresztmetszetű csatorna, ahol a levegő viszonylag nagy sebességgel áramlik. A fúvókán átfolyt  $q_m$  levegő mennyiségét a Bernoulli-törvény alapján egyszerűen számíthatjuk:

$$q_m = \alpha A \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}, \quad (3)$$

ahol:  $\alpha$  - átfolyási tényező ( $\leq 1$ );  $\rho$  - áramló közeg sűrűsége;  $q_m$  - átfolyt mennyiség;  $A$  - átfolyási keresztmetszet. Az összefüggés csak  $0,528 < p_2/p_1 < 1$  tartományban használható, mivel 0,528 a hangsebesség alatti áramlási határeset. A (3) összefüggés felhasználásával, a villamos Ohm-törvény analógiája alapján írható a következő összefüggés:

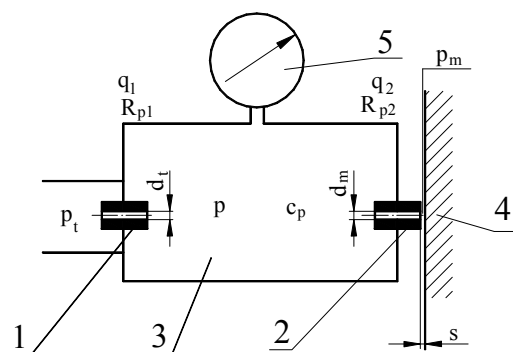
$$q_m^2 = \frac{1}{R_p} (p_1 - p_2), \quad (4)$$

ahol:

$$R_p = \frac{1}{2\rho \alpha^2 A^2}, \quad (5)$$

a fojtás pneumatikus ellenállása. Célszerű nyomásmérési eljárást alkalmazni, amelynek az elvi vázlata a 2. ábrán látható. A felépített rendszer sorba kapcsolt pneumatikus  $R_{p1} C_p R_{p2}$  hálózat, amit sorba kapcsolt ellenállásként írhatunk fel:

$$R_{p1} \cdot q_1^2 + R_{p2} \cdot q_2^2 = p_t - p_k \quad (6)$$



2. ábra. Nyomásmérési eljárás elvi vázlata: 1. tápfúvóka; 2. mérőfúvóka; 3. kamra; 4. munkadarab (torlólemez); 5. nyomásmérő.

A rendszer struktúrájából következik, hogy  $q_1 = q_2 = q$ . Ha a mérőrendszer túlnyomásos, akkor a környezeti nyomás elhanyagolható, azaz  $p_k = 0$ . Behelyettesítés és átalakítás után a rendszer statikus működését leíró egyenletet kapjuk:

$$p = \frac{p_t}{1 + 16 \frac{\alpha_m^2}{\alpha_t^2} \cdot \frac{d_m^2}{d_t^4} \cdot s^2} = p(S), \quad (7)$$

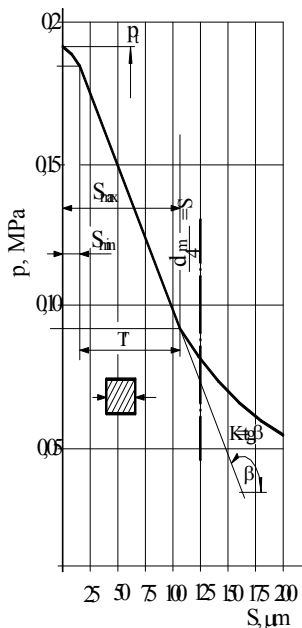
ahol az  $S$  – a mért mennyiség (réshossz). A jelleggörbe a 3. ábrán látható. Az összefüggés az előbbieken említett feltételek mellett és  $\frac{d_m}{4} \geq S$  intervallumban ad

helyes eredményt.

A jelleggörbéből megállapítható a mérőrendszer lineáris tartománya és az áthidalható tőrés:

$$T' = S_{\max} - S_{\min}, \quad (8)$$

ahol  $S_{\max} = \frac{d_m}{4}$ . A mérési eredmény jobb kijelzése és biztonsága érdekében az



3. ábra. Az  $S$ - réshossz függvényében a  $p$ -nyomás változása

ellenőrizendő méret tőrését  $\frac{T'}{4} < T < T'$  intervallumban célszerű felvenni. Hasonlóan vizsgálható a két-mérőfűvőkás megoldás. A mérések az elméleti számításokat igazolják.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A pneumatikus mérőkészülékek különösen alkalmasak furatok ellenőrzésére, főleg mérethibák, alakhibák, kúposág gyors megállapítására. Hosszabb furatoknál nélkülözhetetlenek. A méretezés és tervezés az előző összefüggésekkel végezhető el.

A kutatómunka OTKA T 48760 és TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

#### IRODALOM

- [1] SZABÓ O.: Optimisation of Technology and Quasi Honing of Polygon Bores. Journal of Materials Processing Technology. ELSEVIER, Dublin, 2002, 119. pp. 117-121.
- [2] HOFFMANN J.: Handbuch der Messtechnik. Verlag Hanser, München 2007. 821 p.
- [3] KUNDRÁK J.: Cutting with superhard tools under periodically changing conditions (in Russian) Monográfia, Kharkov-Miskolc, 1996. 90 p.

# CONTENTS

20. Kaczur J.; Poós T.; Legeza L.; Örvös M.: <b>Togias biomass dryer</b> .....	3	32. Szente J.; Kelemen L.: <b>Mathematical model of crowned gears for gear couplings</b> .....	47
21. Kröell-Dulay I.; Kovács B.; Nagy L.: <b>Optimal selection of diaphragm-type accumulator with respect of the exhaust time</b> .....	5	33. Virág Z.; Jármái K.: <b>Fatigue design and optimization of flat stiffened plates</b> .....	51
22. Orbán F.: <b>Mechanical analysis of a bell tower</b> .....	9	34. Békési N.; Váradi K.; Czifra Á.: <b>Wear behaviour of railway brakes Part I: Numerical Simulation</b> .....	55
23. Pere B.; Terdikné Szüle V.; Porkoláb L.; Stifter J.: <b>Strength analysis of the rim of a racing car using finite element method</b> .....	11	35. Békési N.; Váradi K.; Czifra Á.: <b>Wear behaviour of railway brakes Part II: Analysis of microtopography</b> .....	59
24. P. Filípek; Gy. Bukoveczky: <b>New conception design of teleskopic excavator</b> .....	17	36. Dömötör Cs.: <b>Instruments in Nature</b> .....	63
25. Sarka Ferenc; Döbröczöni Ádám: <b>Directives of designing machines with low noise emission</b> .....	20	37. Földesi B.; Rádics J. P.; Tamás K.; Jóri J. I.: <b>Using dem simulation of vegetable oil press thermal processes to support construction process</b> .....	67
26. Simonovics J.; Váradi K.; Bujtár P.: <b>The possibilities of building biomechanical bone model</b> .....	24	38. Hegedűs Gy.; Takács Gy.; Patkó Gy.: <b>Collision detection of toolholder-workpiece on ballnut grinding</b> .....	72
27. Szabó F. J.: <b>Analogy of the history of sport world records and iteration history of evolutionary optimization algorithms</b> .....	28	39. Dr. Hegedűs J.: <b>Übersicht der in den folgenden Jahren (in der digital-economie) anwendbaren produkt-planung methoden</b> .....	76
28. Szabó O.: <b>Designing of pneumatic measurement of bores with non-circular profile</b> .....	32	40. Szabó G.: <b>Research of the characteristics of chip removal in hard turning</b> .....	80
29. Szabó T.; Szilágyi A.; Takács Gy.; Lajos G.: <b>Estimation of life cycle of screw drive systems</b> .....	35	41. Dr. Szabó O.: <b>Designing of pneumatic measurement of bores with non-circular profile</b> .....	84
30. Szalai J.; Fodor L.: <b>Questions about hybrid vehicles built-up</b> .....	39		
31. Szente J.; Kelemen L.: <b>Internal gears designed for gear couplings</b> .....	42		

# GÉP

## INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of  
Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám

**President of Editorial Board**

Vesza József

**General Editor**

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**Deputy**

Dr. Barkóczy István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kulcsár Béla

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálkás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Cooperation in the editing:

Dr. Péter József

### Dear Reader,

The number of applicants for the 27<sup>th</sup> Seminary of Machine Designers and Product Developers is more than it was in the previous years and the areas of subject of the papers are growing wealthier. Beside the traditional examples of machine structures there are more and more papers dealing with sanitary and surgical instruments and products, and the product pallet of supply industry becomes wider, too. All of these suggest that the tasks of mechanical engineers – together with the electrical engineers, engineers of information technology, engineers of material science, physicians and biologists – are multiplied, gradually renewed. They find their way to the automobile and transport industry as well as to the small and large producing and consuming units of the agriculture, environment and energy production. This also means the easier and more successful recruitment of the engineers but the employment, the recognition of value of work and often the recovery of monetary value represent new tasks. The rapidly changing environment of economy and legal-financial regulation require a new and more violent market practices from the private engineers.

In parallel, the preliminary knowledge of applicants to the technical higher education is improving and major requirements can be laid claim to. There are more and more Master students and at last – if very slowly – the number of Ph.D students is increasing independently of the “hunting”, both in homeland and abroad, for talented trainee engineers having knowledge of languages.

The generational renewal is coming slowly to the end at the universities educating engineering students. There has been grown already up a new young or middle-aged teaching staff, who takes over the tasks of the “warrior emeritus” predecessors. But we are considering always respectfully to these predecessors who educated all of us during the no less diversified second half of the 20th century, whether as professors, lecturers or as practicing engineers.

One of the great predecessors is the lately deceased Professor Dr. József Magyar, head of department, whose worth is commemorated also at this Seminary. In January 2012 an exhibition will be organized to the memory of Professor Dr. Zénó Terplán who has left for ten years.

The preserve of the memory of our professors, lecturers, our engineers graduated at one of the Hungarian technical universities and has been already honoured with golden jubilee certificate can give extra power to the multitude of successors.

*Dr. Ádám Döbröczöni*

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Postage-address: 3501. Pf. 55. Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1027 Budapest, Fő u. 68.

Postage-address: 1371, Bp, Pf. 433

Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Internet: www.gte.mtesz.hu

Responsible Publishere: Dr. Igaz Jenő Managing Director

<http://www.gepujsag.hu>

Printed by Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67.

Price per month: 1260 Ft.

Distribution in foreign countries by Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat H-1389

Budapest, Pf. 149. and Magyar Média H-1392 Budapest, Pf. 272.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572