

APARATE PENTRU MĂSURAREA UNGHIIULUI DE ARCIURE A PIESELOR DUPĂ ÎNDOIRE

ANGLE MEASUREMENT DEVICES FOR THE SPRING-BACK AFTER BENDING

Ion NEAGOE

"Transilvania" University of Brasov, Romania

Rezumat. În lucrare se prezintă schemele de principiu ale unor aparate pentru măsurarea unghiului β de arcuire a pieselor în formă de V obținute din tablă prin îndoire și se stabilesc relațiile pentru calculul preciziei de măsurare a acestora.

Cuvinte cheie: îndoire, unghi de arcuire, comparator, ortotest, precizie de măsurare

1. Introducere

Pieseile obținute prin îndoire își modifică dimensiunile după eliminarea din matriță, ca urmare a dispariției deformațiilor elastice care însoțesc procesul de deformare (figura 1). Acest fenomen este cunoscut sub denumirea de *arcuire* și este pus în evidență prin unghiul de arcuire β . Valoarea acestui unghi trebuie cunoscută pentru corectarea unghiului α_p al poansonului ($\alpha_p = \alpha - 2\beta$), astfel încât piesele obținute să rezulte cu precizia impusă prin desenul de execuție.

Abstract. The paper presents the principle designs of some measurement devices for the β spring-back angle of the V shaped metal sheet parts obtained by bending and establishes the calculus formulas for their measurement precision.

Key words: bending, spring-back angle, comparator, orthotest, measurement precision

1. Introduction

The parts obtained by bending modify their dimensions after their elimination from the die, consequently to the end of the elastic deformations that accompany the deformation process (figure 1). This phenomenon is known as *spring-back* and is relieved by the spring-back angle β . The value of this angle has to be known for the correction of the α_p angle of the punch ($\alpha_p = \alpha - 2\beta$), thus the obtained parts result with the precision requested by the work drawing.

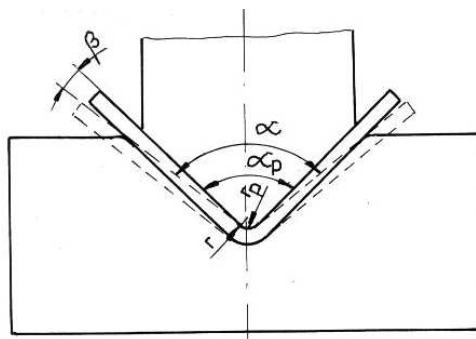


Figura 1. Schema privind arcuirea pieselor după îndoire
Figure 1. Sketch representing the part's spring-back after bending

Valoarea unghiului de arcuire depinde de numeroși factori [1, 2, 3], dintre care cei mai importanți sunt: proprietățile mecanice ale materialului, raza relativă de îndoire r/g , unghiul α al piesei, lățimea piesei și modul de îndoire a acesteia (cu sau fără calibrare). Având în vedere multitudinea factorilor de influență, relațiile pentru calculul unghiului de arcuire prezentate în literatura de specialitate nu conduc întotdeauna la rezultate corecte. Determinarea exactă a unghiului de arcuire se poate realiza numai pe cale experimentală, prin măsurarea pieselor obținute în anumite condiții concrete de deformare.

The value of the spring-back angle depends on several factors [1, 2, 3], among which the most important are: the mechanical characteristics of the material, the relative bending radius r/g , the α angle of the part, the part's width and the type of bending (with or without calibration).

Considering the number of the influence factors, the formulas for the calculus of the spring-back angle presented in the field literature don't always lead to correct values. The exact determination of the spring-back angle can only be realized experimentally, by measuring the obtained parts in certain concrete deformation conditions.

2. Aparate pentru măsurarea unghiului de arcuire

Aparatele sunt destinate pentru măsurări relative ale unor mărimi unghiulare și sunt construite pe principiul amplificării mărimii de măsurat. Cu cât raportul de amplificare este mai mare, cu atât precizia de măsurare a aparatului este mai mare.

2.1. Aparat simplu pentru măsurarea unghiului de arcuire

În figura 2 se prezintă [4] schema de principiu a unui aparat, relativ simplu, alcătuit din două pârghii 2 și 3, asamblate pe placa 1 prin intermediul unui bolt 4. Pârghia 2 este prevăzută la una din extremități cu un sector dințat SD, care angrenează cu pinionul 7. Solidar cu pinionul 7 este asamblat acul indicator 8 care măsoară valoarea unghiului de arcuire pe scala gradată 9. Arcul elicoidal 5 are rolul de a readuce pârghia 2 în poziția inițială, poziție asigurată prin opritorul 6.

2. Devices for the measurement of the spring-back angle

The devices are designed for relative measurements of angular measures and are built on the principle of amplification of the measured amount. As the amplification ratio is bigger, the measurement precision is bigger.

2.1. Simple device for the measurement of the spring-back angle

Figure 2 presents the [4] principle design of a device, relatively simple, composed of two levers 2 and 3, assembled on the board 1 using a bolt 4. The lever 2 is provided at one extremity with a cogged sector SD that connects with the pinion 7. Together with the pinion 7 is assembled the pointer 8 that measures the value of the spring-back angle on the graduated scale 9. The spiral spring 5 has the purpose to reposition the lever 2 in its initial position, insured by the stopper 6.

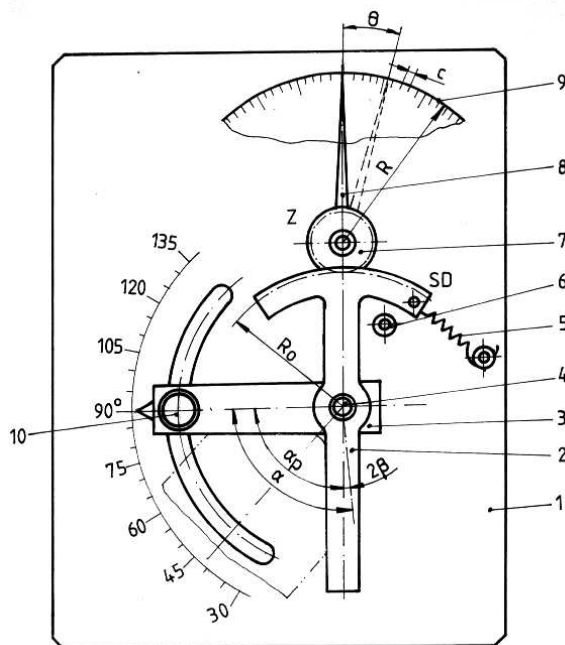


Figura 2. Aparat simplu pentru măsurarea unghiului de arcuire
Figure 2. Simple device for the measurement of the spring-back angle

Aparatul are posibilitatea măsurării unghiului de arcuire β a pieselor îndoite la diferite unghiuri α , teoretic, cuprinse între $0^\circ \div 180^\circ$, prin modificarea poziției pârghiei 3 în jurul boltului 4. Fixarea pârghiei într-o anumită poziție se realizează cu ajutorul șurubului 10.

Reglarea aparatului se realizează cu ajutorul poansonului matriței utilizată pentru îndoirea pieselor. În acest scop se aduce pârghia 3 în poziția corespunzătoare valorii unghiului α al piesei îndoite și se fixează în această poziție prin intermediul

The device has the possibility to measure the spring-back angle β of the parts bent at different α angles, theoretically between $0^\circ \div 180^\circ$, by modifying the position of the lever 3 around the bolt 4. The adjustment of the lever in a certain position is realized with the aid of the screw 10.

The setup of the device is realized with the aid of the bending die's punch. For this purpose, the lever 3 is brought in the position corresponding to the α angle of the bent part and is fixed in this position by the screw 10. Then the punch is laid on the board

șurubului 10. Se așează apoi poansonul pe placa 1, astfel încât una din laturi să fie în contact cu pârghia 3, după care se deplasează prin translație, spre dreapta, până când cealaltă latură vine în contact cu pârghia 2. Reglarea finală a aparatului în poziția "0" se obține prin rotirea scalei gradate până când indicația "0" ajunge în dreptul acului indicator.

Amplificarea mărimii de măsurat este dată de angrenajul dintre sectorul dințat SD și pinionul 7. Raportul de amplificare k se determină [5] cu relația

$$k = \frac{\theta}{\beta}, \quad (1)$$

unde θ este unghiul cu care se rotește acul indicator al aparatului.

La măsurare, când pârghia 2 se rotește cu unghiul 2β , acul indicator se va roti cu unghiul θ a cărui valoare se determină cu relația

$$\theta = \frac{4 \cdot R_0 \cdot \beta}{m \cdot z}, \quad (2)$$

unde R_0 este raza cercului de divizare al sectorului dințat SD ; m – modulul roților dințate din angrenaj; z – numărul de dinți ai pinionului 7.

Raportul de amplificare devine

$$k = \frac{4 \cdot R_0}{m \cdot z}. \quad (3)$$

Precizia de măsurare i se determină, în acest caz, cu relația

$$i = \frac{\gamma}{k}, \quad (4)$$

unde γ este unghiul la centru corespunzător unei diviziuni c a scalei gradate și este dat de relația

$$\gamma = \frac{\delta}{n}, \quad (5)$$

unde δ este unghiul la centru al scalei gradate, iar n este numărul de diviziuni al scalei gradate.

Valoarea unei diviziuni a scalei gradate se determină cu relația

$$c = \frac{\pi \cdot \delta \cdot R}{180 \cdot n}, \quad (6)$$

unde R este lungimea acului indicator.

Dacă se adoptă pentru dimensiunile elementelor componente ale aparatului valorile $R_0 = 50$ mm; $z = 20$; $m = 1$ mm și $\gamma = 1^\circ$ se obține un raport de amplificare $k = 10$, căruia îi corespunde o precizie de măsurare $i = 0,1^\circ = 6'$.

Atunci când se urmărește o precizie de măsurare mai mare este necesară majorarea raportului de amplificare al aparatului. Aceasta se poate obține adoptând soluțiile constructive folosite la alte aparate de măsură cum sunt comparatorul sau ortotestul.

1, in a way that one of the sides is in contact with the lever 3, after which it translates to the right, until the other side comes into contact with the lever 2. The fine tuning of the device in the "0" position is obtained by the rotation of the graded scale until the "0" indication arrives in-line with the pointer needle.

The amplification of the measured value is given by the connection between the cogged sector SD and the pinion 7. The ratio k is determined [5] with the formula

where θ is the rotation angle of the pointer needle of the device.

During the measurement, when the lever 2 rotates by the angle 2β , the pointer needle will rotate by the angle θ which is determined by the formula

where R_0 is the radius of the indexing circle of the cogged sector SD ; m – the module of the cogged wheels in the connection; z – the number of cogs for the pinion 7.

The amplification ratio becomes

The measurement precision i is determined, in this case, with the formula

where γ is the center angle corresponding to a division c of the graded scale and is given by the formula

where δ is the center angle of the graded scale, and n is the division number of the graded scale.

The value of a division of the graded scale is determined with the formula

where R is the length of the pointer needle.

If the following values are adopted for the dimensions of the device components: $R_0 = 50$ mm; $z = 20$; $m = 1$ mm and $\gamma = 1^\circ$ the obtained amplification ratio is $k = 10$, to whom corresponds a measurement precision, $i = 0,1^\circ = 6'$.

When the goal is to obtain a bigger precision, it is necessary to increase the amplification ratio of the device. This can be obtained by adopting the constructive solutions used for other measurement devices as the comparator or the orthotest.

2.2. Aparat pentru măsurarea unghiului de arcuire construit pe principiul comparatorului

Schema unui aparat pentru măsurarea unghiului de arcuire care are la bază principiul de amplificare al comparatorului este prezentată în figura 3.

2.2. Device for the measurement of the spring-back angle built on the comparator principle

The design for a device for the measurement of the spring-back angle based on the principle of amplification of the comparator is shown in figure 3.

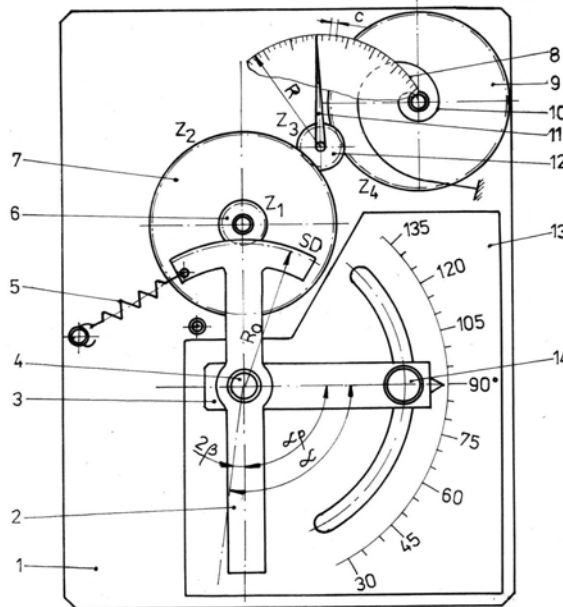


Figura 3. Aparat tip "comparator" pentru măsurarea unghiului de arcuire
Figure 3. "Comparator"-type device for the measurement of the spring-back angle

În acest caz se realizează o dublă amplificare a mărimii de măsurat prin angrenajul dintre sectorul dințat SD și pinionul 6 având raportul de amplificare $k_1 = 4R_0/(m \cdot z_1)$ și respectiv, prin angrenajul dintre rota dințată 7 și pinionul 12, având raportul de amplificare $k_2 = z_2/z_3$. Raportul total de amplificare al aparatului se determină cu relația (7):

$$k = k_1 \cdot k_2 = \frac{4R_0}{m \cdot z_1} \cdot \frac{z_2}{z_3} \quad (7)$$

Precizia de măsurare a acestui aparat este mai bună decât a celui din figura 2. Astfel, pentru cazul concret în care: $R_0 = 50$ mm; $z_1 = 20$; $z_2 = 120$; $z_3 = 20$; $m = 1$ mm și $\gamma = 1^\circ$, raportul de amplificare este $k = 60$, iar precizia de măsurare are valoarea $i = 1'$.

In this case, a double amplification of the measured value is realized, the connection between the cogged sector SD and pinion 6 having the amplification ratio $k_1 = 4R_0/(m \cdot z_1)$ and, respectively, the connection between the cogged wheel 7 and the pinion 12, having the amplification ratio $k_2 = z_2/z_3$. The total amplification ratio is determined with the formula (7):

The measurement precision of this device is better than of the device in figure 2. Thus, for the concrete case where: $R_0 = 50$ mm; $z_1 = 20$; $z_2 = 120$; $z_3 = 20$; $m = 1$ mm and $\gamma = 1^\circ$, the amplification ratio is $k = 60$, and the measurement precision has the value $i = 1'$.

2.3. Aparat pentru măsurarea unghiului de arcuire construit pe principiul ortotestului

În figura 4 se prezintă schema unui aparat pentru măsurarea mărimilor unghiulare construit pe principiul ortotestului. Amplificarea mărimii de măsurat se realizează prin angrenajul dintre sectoarele dințate SD_1 și SD_2 , având raportul de amplificare $k_1 = R_1/R_2$ și angrenajul dintre sectorul dințat SD_3 și pinionul 9 având raportul de amplificare $k_2 = 4R_3/(m \cdot z)$. Raportul total de amplificare al aparatului este dat de relația

2.3. Device for the measurement of the spring-back angle built on the orthotest principle

Figure 4 presents a device for the measurement of the angular values, built on the orthotest principle. The amplification of the measured value is realized through the connection between the cogged sectors SD_1 and SD_2 , having the amplification ratio $k_1 = R_1/R_2$ and the connection between the cogged sector SD_3 and the pinion 9 having the amplification ratio $k_2 = 4R_3/(m \cdot z)$. The total amplification ratio of the device is given by the formula

$$k = k_1 \cdot k_2 = 4 \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{m \cdot z} \quad (8)$$

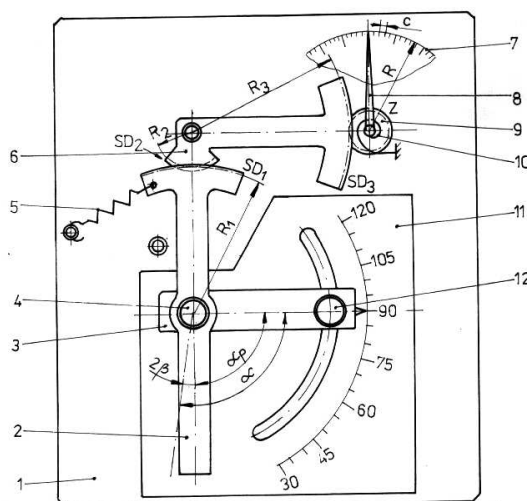


Figura 4. Aparat tip „ortotest” pentru măsurarea unghiului de arcuire
Figure 4. „Orthotest”-type device for the measurement of the spring-back angle

Aparatul construit pe principiul ortotestului asigură precizia de măsurare cea mai mare. Astfel, pentru $R_1 = 60$ mm; $R_2 = 10$ mm; $R_3 = 60$ mm; $z = 20$; $m = 1$ mm și $\gamma = 1^\circ$, raportul de amplificare are valoarea $k = 720$, iar precizia de măsurare este $i = 5''$.

3. Concluzii

În practică măsurarea unghiului pieselor obținute prin îndoire se realizează cu ajutorul raportoarelor (mecanice sau optice), aparate care prezintă unele dificultăți la măsurare și care necesită o anumită experiență în domeniu.

Aparatele care fac obiectul prezentei lucrări reprezintă o alternativă care oferă posibilitatea unor măsurări simple și cu o precizie suficient de bună.

De asemenea, domeniul de aplicare al acestor aparate poate fi extins și pentru măsurarea preciziei unghiulare a pieselor obținute prin alte procedee de prelucrare. Varianta constructivă a aparatului se va adopta în funcție de precizia de prelucrare a pieselor supuse măsurării.

The device built on the orthotest principle insures the best measuring precision. Thus for $R_1 = 60$ mm; $R_2 = 10$ mm; $R_3 = 60$ mm; $z = 20$; $m = 1$ mm and $\gamma = 1^\circ$, the amplification ratio is $k = 720$, and the measurement precision has the value $i = 5''$.

3. Conclusions

In practice, the measurement of the angle of the parts obtained by bending is realized with the aid of protractors (mechanical or optical), devices that present certain measurement difficulties and that require a certain field experience.

The devices concerned in this paper represent an alternative that offers the possibility of simple measures with a sufficient precision.

Also, the domain of use of these devices can be extended also for the measurement of the angular precision of the parts obtained by other manufacturing methods. The constructive variant of the device should be adopted according with the required precision of the measured parts.

References

1. Iliescu, C.: *Cold-Pressing Technology*. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1990
2. Romanovski, V. P.: *Cold-Pressing Guide*. Mashinostroenie Publishing House, Sankt-Petersburg, Russia, 1979, (în Russian)
3. Ciocârdia, C.: *Cold-Pressing Technology*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1991, ISBN 973-30-2314-0 (în Romanian)
4. Neagoe, I.: *Angle measurement device*. Patent RO, no. 90829, (51), Int. Cl⁴: G 01 B 5/24
5. Popescu, I.: *Technical measurements and tolerances*. University of Brașov Publishing House, Romania, 1982 (în Romanian)

Lucrare primită în Mai, 2007
(și în formă revizuită în Iunie, 2007)

Received in May, 2007
(and revised form in June, 2007)