

dr inż. Henryk Woźniak, dr inż. Andrzej Plewiński, mgr inż. Tadeusz Drenger

*Institut Obróbki Plastycznej, Poznań*

## ODKSZTAŁCENIA SPRĘŻYSTE W WYTŁOCZKACH Z BLACH SPAWANYCH LASEREM

### Streszczenie

Przeprowadzono badania doświadczalne w celu zaobserwowania wpływu spoiny w materiale wyjściowym na odkształcenia sprężyste w wytłoczkach cylindrycznych bez kołnierza i z kołnierzem, w wytłoczkach o kształcie L i elementach giętych o kształcie V. Badania przeprowadzono z blachami stalowymi ocynkowanymi E220BH, spawanymi laserem. Wpływ spoiny zaobserwowano w wytłoczkach cylindrycznych bez kołnierza i elementach giętych, natomiast w wytłoczkach cylindrycznych z kołnierzem i o kształcie L, czyli o większej sztywności, wpływ ten był niewielki i w praktyce możliwy do pominięcia. Badania przedstawione w tym opracowaniu są wycinkiem badań prowadzonych w ramach projektu INETFORSMEP.

**Słowa kluczowe:** odkształcenie sprężyste, blacha spawana laserem, kołowość

### 1. Wstęp

W wyniku dotychczasowych badań własnych oraz badań innych autorów[1,2] stwierdzono, że blachy spawane laserowo można poddawać takim samym procesom kształtowania wytłoczek jak blachy jednorodne, bez obawy wystąpienia zjawiska pęknięcia materiału. Celem badań opisanych w niniejszym artykule było zaobserwowanie wpływu spoiny w wykroju wyjściowym blachy na powrotne odkształcenia sprężyste wybranych kształtów wytłoczek:

- wytłoczek cylindrycznych bez kołnierza i z kołnierzem,
- wytłoczek o kształcie L,
- elementów giętych o kształcie V.

Oddziaływanie spoiny na odkształcenia sprężyste wytłoczek oceniano na podstawie porównania wyników pomiarów kształtu wytłoczek z materiału jednorodnego bez spoiny i materiału ze spoiną spawaną laserowo.

### 2. Badania materiałowe i wykonanie próbek

Blachy użyte do badań są dwustronnie ocynkowane i wykonane z materiału o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych o oznaczeniu E220BH. Skład chemiczny i własności mechaniczne podano w tablicach 1 i 2.

Tablica 1

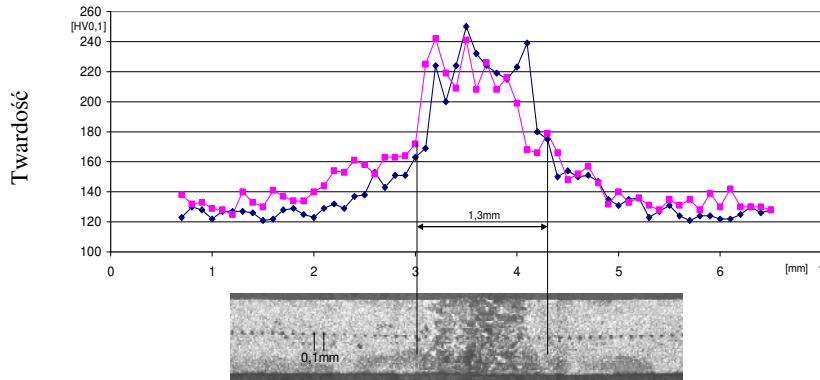
Skład chemiczny materiału użytego do badań [%]

Oznaczenie blachy	C	Mn	P	S	Si	Al	Ti
E220BH	0.0280	0.2500	0.0290	0.0110	0.0089	0.0530	0.0011

Własności mechaniczne materiału do badań

Oznaczenie blachy	Własności mechaniczne*			Grubość [mm]	Uwagi
	R <sub>0,2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	wydłużenie [%]		
E220BH	253	369	32,9	0,70	Powłoka cynk nikiel 4,2/4,2 mikrometry (powłoka elektrolityczna)

\* własności mechaniczne zmierzone przy prędkości odkształcenia  $\dot{\epsilon} = 10^{-2} s^{-1}$



Rys. 1. Przykład struktury metalograficznej spoiny po połączeniu blach E220BH-E220BH wraz z pomiarami twardości HV 0.1

Spawanie blach przeprowadzono w Instytucie Spawalnictwa w Gliwicach na maszynie TRUMF LaserCell 1005 z laserem CO<sub>2</sub> o mocy 3800W.

Spoiny zostały zbadane metalograficznie. Na rys. 1 można zaobserwować rozrost ziarna w strefie wpływu ciepła. W poszczególnych przekrojach została zmierzona twardość HV. Twardość spoiny jest około dwa razy większa od twardości materiału wyjściowego.

### 3. Opis badań i analiza wyników

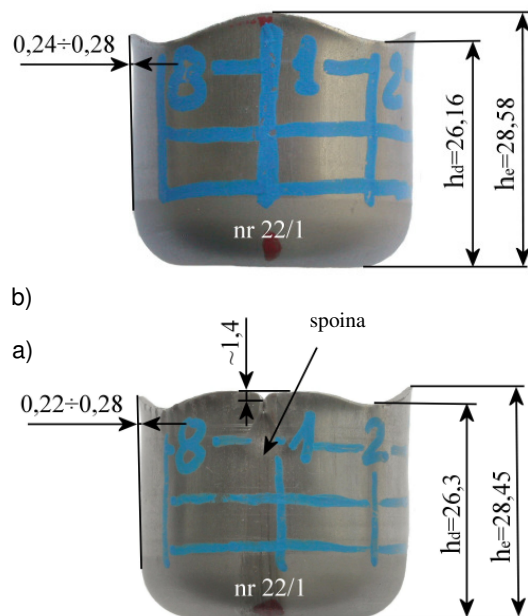
#### 3.1. Wytłoczka cylindryczna bez kołnierza

Pomiary przeprowadzono dla cylindrycznych wytłoczek wykonanych w próbie Swifta [1] (rys. 2).

Pomiary przeprowadzono na maszynie pomiarowej, Wenzel LH45.

Pomiarów dokonano na czterech wysokościach od dna wytłoczki w osi Z dla z = 2 mm, 8,4 mm, 15,9 mm i 22 mm.

Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 3, 4, 5, 6, a ich graficzną interpretację przedstawiono na rys. 7. Kształt tworzących wytłoczki w przekrojach XZ i YZ przedstawiono na rysunkach 8 i 9.



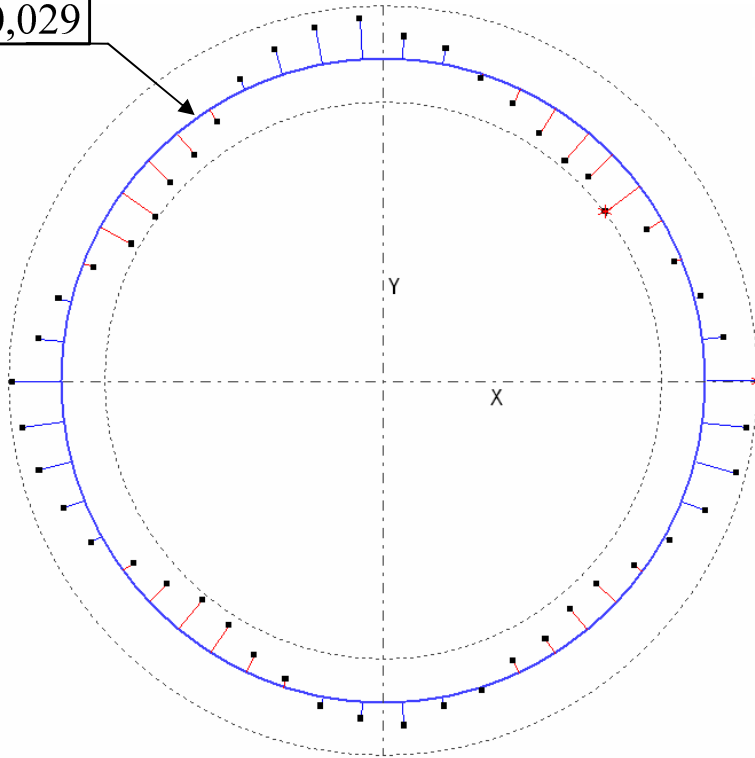
$h_e$  – średnia wartość z 4 zmierzonych wysokości od dna wytłoczki do szczytu uch,  $h_d$  – średnia wartość z 4 zmierzonych wysokości od dna wytłoczki do najniższych punktów pomiędzy uchami.

**Parametry tłoczenia:**  $d_p = 32$  mm,  $r_p = 4.5$  mm,  $d_d = 34.5$  mm,  $r_d = 9.1$  mm,  $p_h = 1.5$  MPa,  $v = 50$  mm/min, materiał: E220BH,  $D_c = 65.6$  mm

$d_p$  - średnica stempla,  $r_p$  - promień stempla,  $d_d$  - średnica matrycy,  $r_d$  - promień matrycy,  $p_h$  - nacisk dociskacza,  $v$  - prędkość tłoczenia,  $D_c$  - średnica krążka wyjściowego

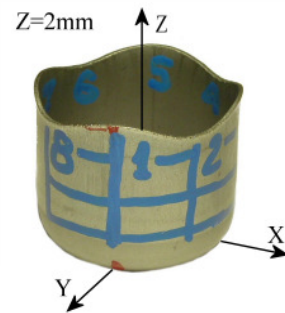
Rys. 2. Przykładowe wytłoczki użyte do pomiarów odchyłek kołowości: a) wytłoczka bez spoiny, b) wytłoczka ze spoiną

○ 0,029



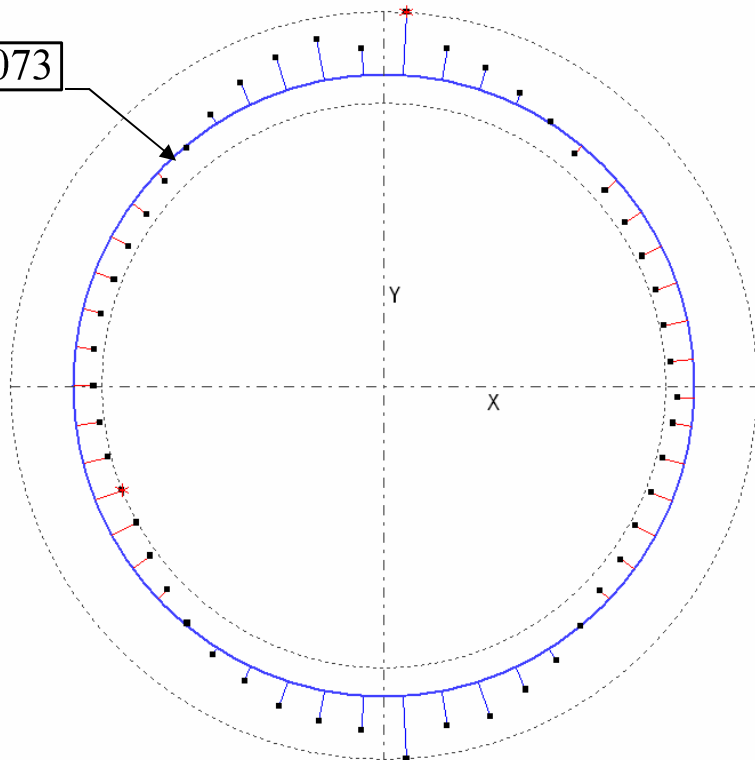
### Kołowość

srednica	:	30.904
X	:	0.058
Y	:	0.014
minimum [ 6]	:	-0.013
maksimum [ 1]	:	0.016
odchyłka	:	0.029
liczba punktów	:	50
powiekszenie	:	160
odniesienie	:	1



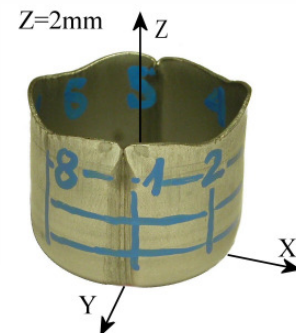
a) wytłoczka bez spoiny

○ 0,073



### Kołowość

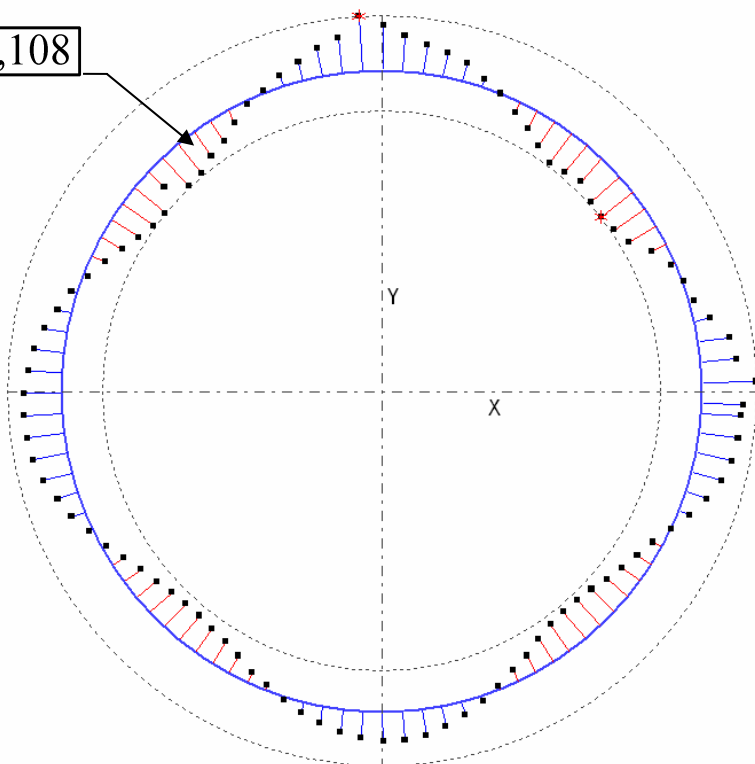
srednica	:	30.900
X	:	-0.053
Y	:	0.008
minimum [ 29]	:	-0.022
maksimum [ 13]	:	0.050
odchyłka	:	0.073
liczba punktów	:	50
powiekszenie	:	63
odniesienie	:	1



b) wytłoczka ze spoiną

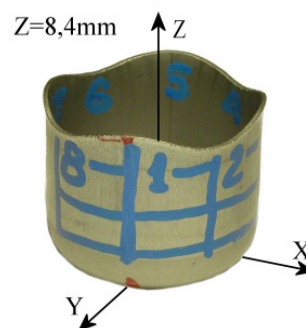
Rys .3. Wyniki odchylek kołowości zmierzone na wysokości  $Z = 2 \text{ mm}$  od dna wytłoczki (na przejściu promienia w część walcową)

○ 0,108



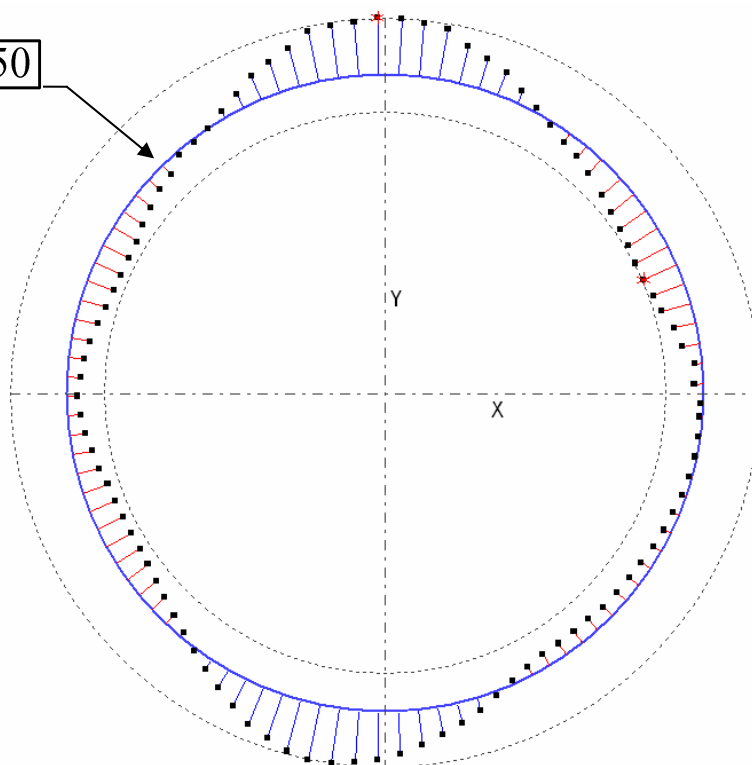
### Kołowość

srednica	:	33.878
X	:	0.020
Y	:	0.006
minimum [ 12]	:	-0.046
maksimum [ 27]	:	0.061
odchyłka	:	0.108
liczba punktów	:	100
powiekszenie	:	47
odniesienie	:	1



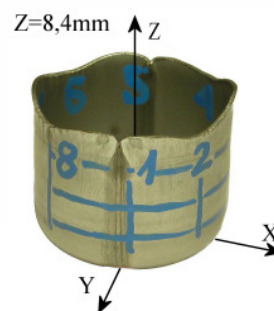
a) wytłoczka bez spoiny

○ 0,150



### Kołowość

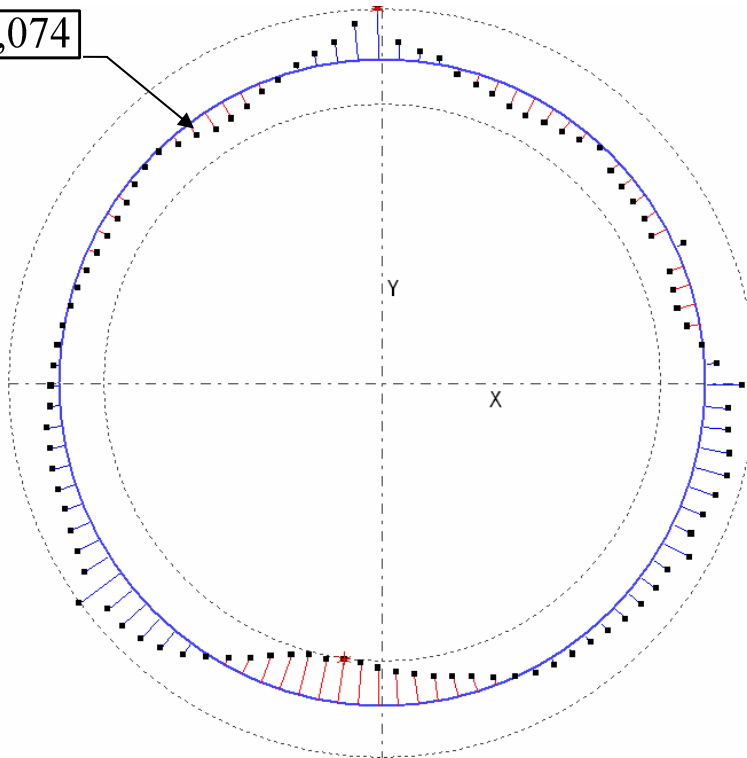
srednica	:	33.846
X	:	-0.012
Y	:	0.015
minimum [ 8]	:	-0.060
maksimum [ 26]	:	0.090
odchyłka	:	0.150
liczba punktów	:	100
powiekszenie	:	33
odniesienie	:	1



b) wytłoczka ze spoiną

Rys. 4. Wyniki odchylek kołowości zmierzone na wysokości  $Z = 8,4 \text{ mm}$  od dna wytłoczki

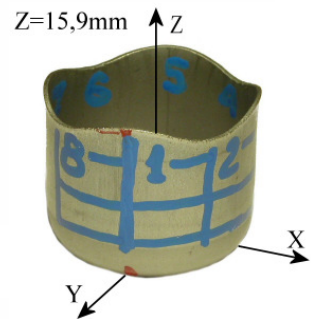
○ 0,074



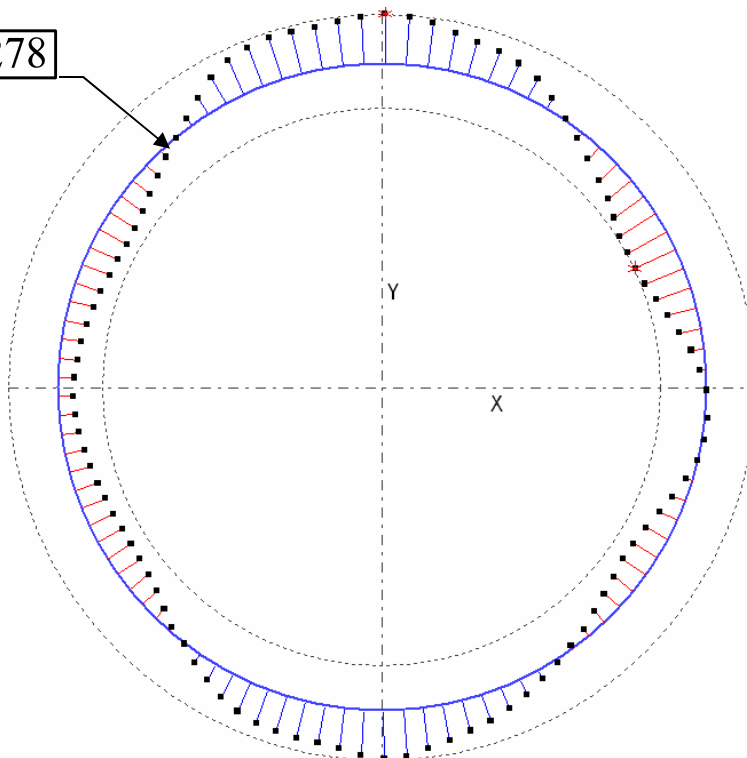
### Kołowość

srednica	:	34.216
X	:	0.003
Y	:	-0.002
minimum [ 74]	:	-0.035
maksimum [ 26]	:	0.039
odchyłka	:	0.074
liczba punktów	:	100
powiekszenie	:	69
odniesienie	:	1

a) wytłoczka bez spoiny



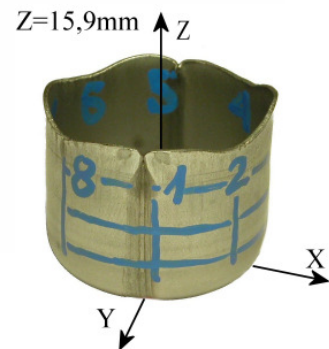
○ 0,278



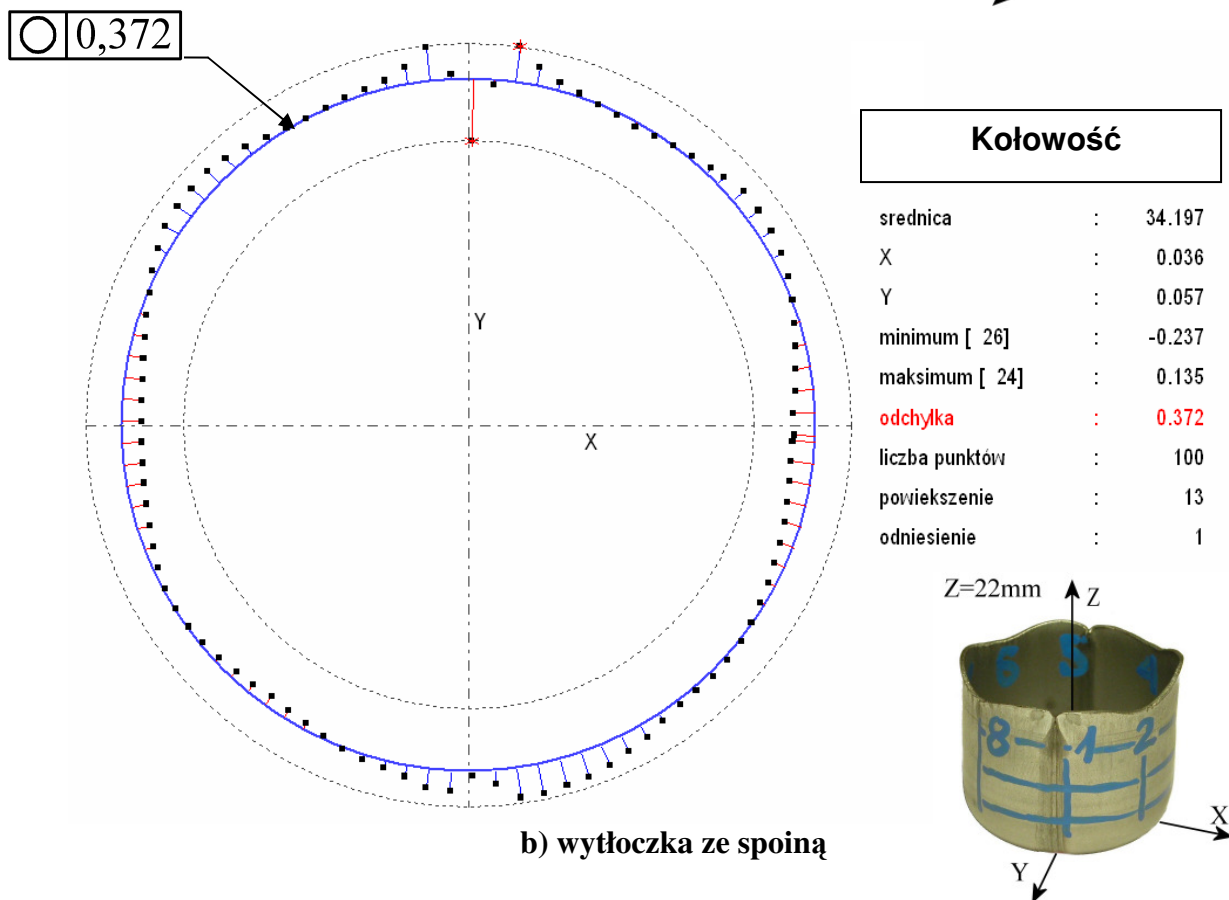
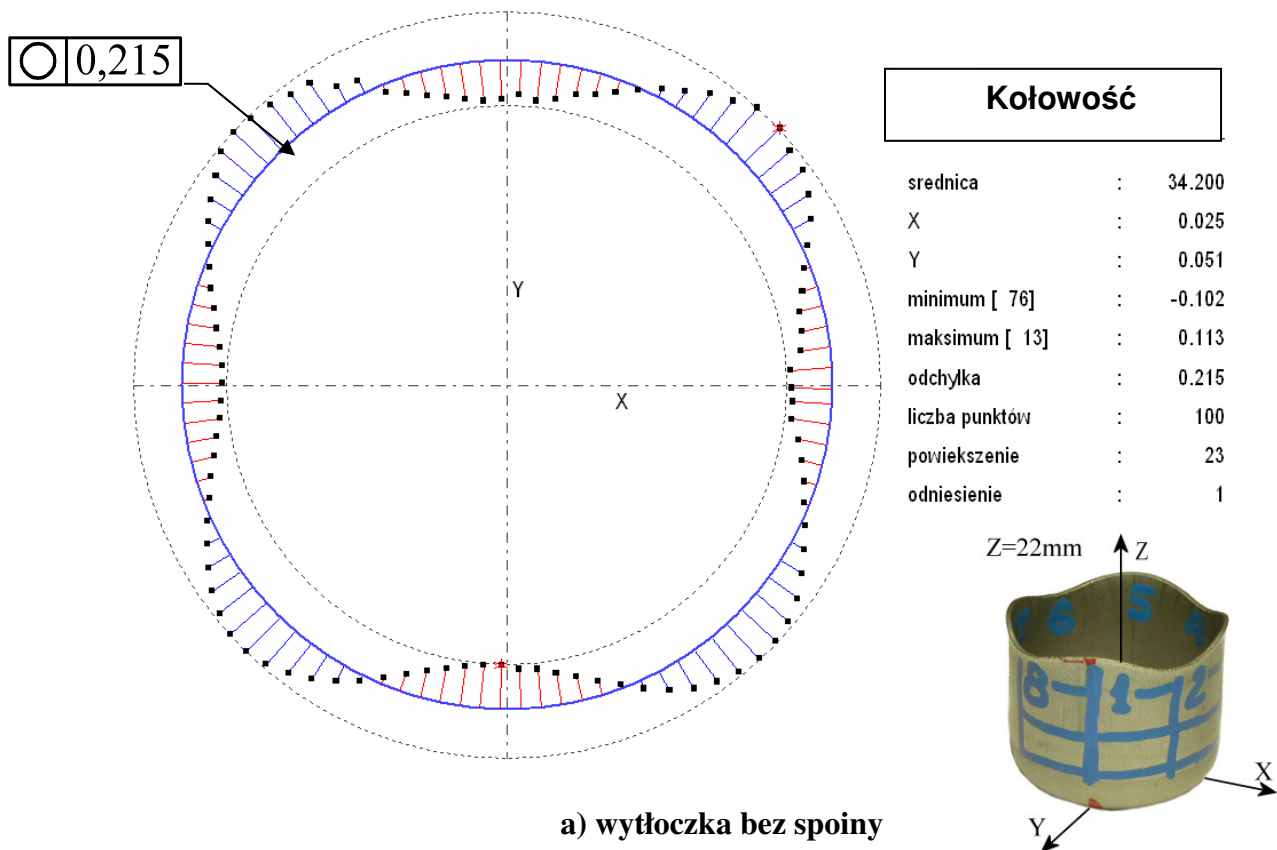
### Kołowość

srednica	:	34.205
X	:	-0.011
Y	:	0.007
minimum [ 8]	:	-0.131
maksimum [ 25]	:	0.147
odchyłka	:	0.278
liczba punktów	:	100
powiekszenie	:	18
odniesienie	:	1

b) wytłoczka ze spoiną

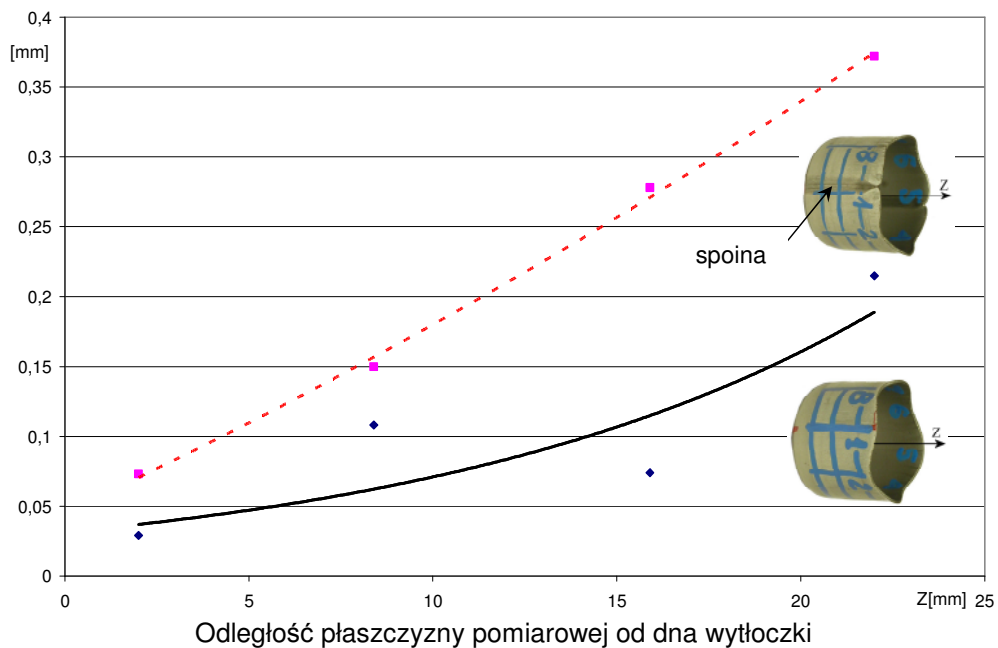


Rys. 5. Wyniki odchyłek kołowości zmierzone na wysokości  $Z = 15,9 \text{ mm}$  od dna wytłoczki

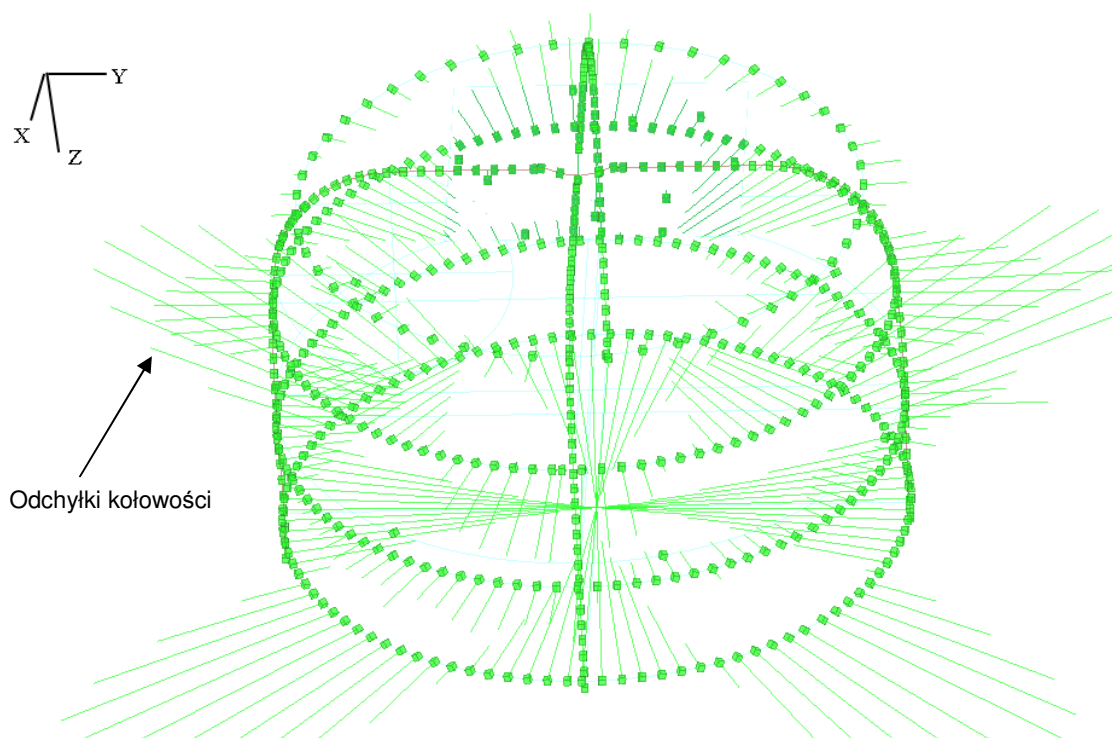


Rys. 6. Wyniki odchyłek kołowości zmierzone na wysokości  $Z = 22 \text{ mm}$  od dna wytłoczki

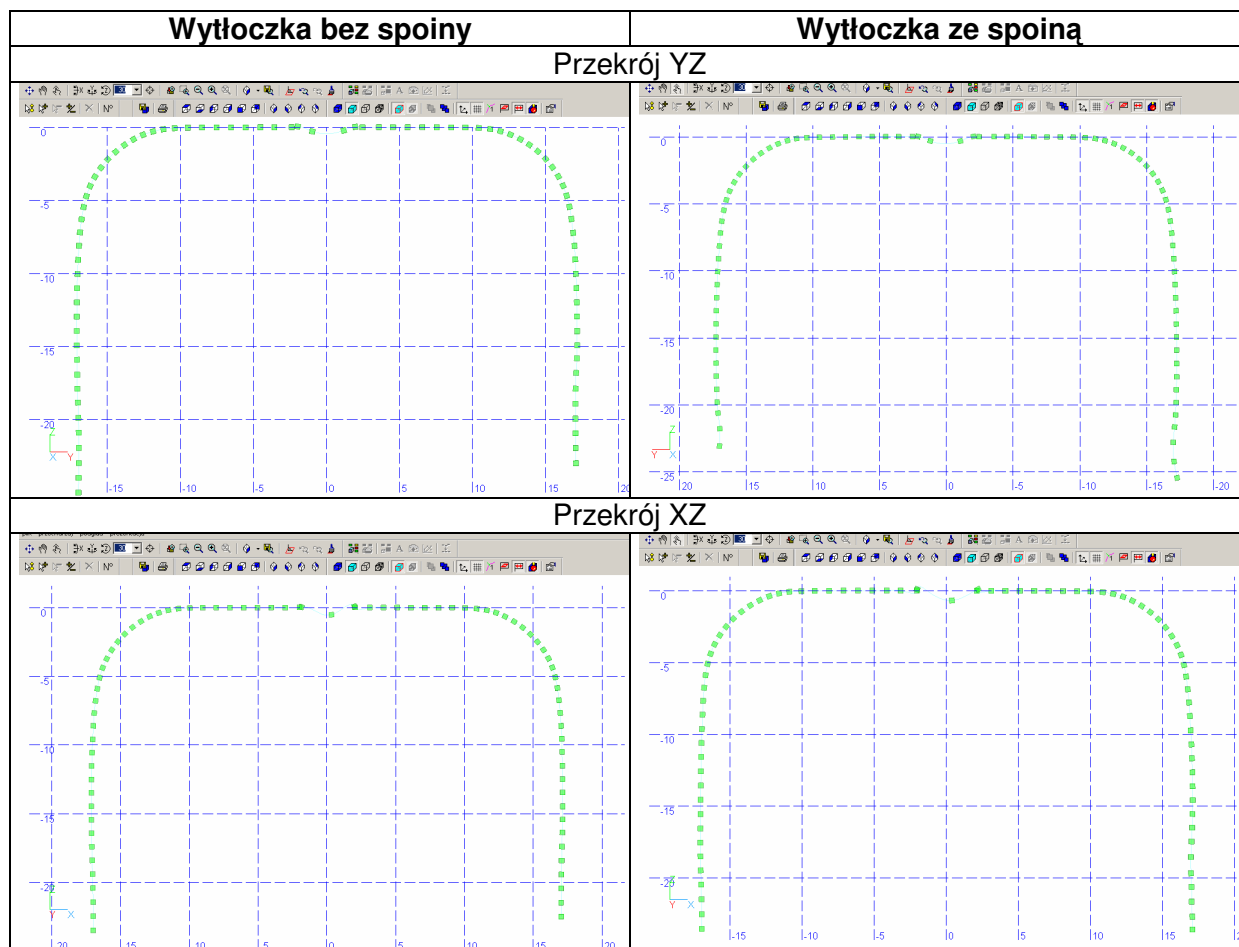
### Odchyłki kołowości wylotek bez i ze spoiną



Rys. 7. Graficzna interpretacja wyników kołowości przedstawionych na rys. 3,4,5,6



Rys. 8. Przykład miejsc pomiarowych kołowości na czterech wysokościach od dna wylotki i kształt tworzących dla wylotki bez spoiny w przekrojach XZ i YZ



Rys. 9. Kształt tworzących wytłoczek zmierzony w przekrojach YZ i XZ

## Wnioski:

1. Odchyłki kołowości w wytłoczkach ze spoiną są znacząco większe niż w wytłoczkach bez spoiny (około dwa razy) - rys. 7.
2. Kształty w analizowanych przekrojach na odpowiednich wysokościach w wytłoczkach bez i ze spoiną różnią się; w wytłoczkach ze spoiną przekrój ma kształt eliptyczny wzdłuż dłuższej osi w przekroju spoiny - rys. 3, 4, 5, 6.
3. Odchyłki liniowości mierzone dla wytłoczek ze spoiną i bez spoiny nie wykazują różnic – rys. 9.
4. Pomiary wykazały, że spoina wpływa na odkształcenia sprężyste w wytłoczkach.

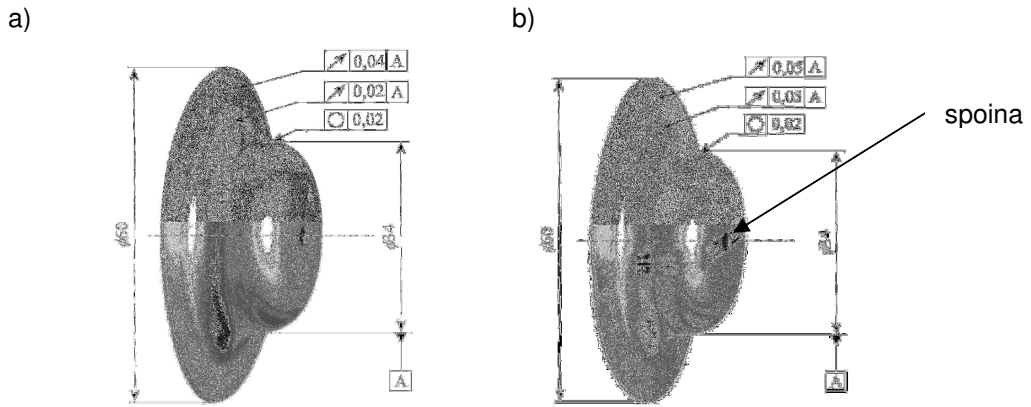
## 3.2. Wytłoczki cylindryczne z kołnierzem

Wyniki pomiarów odchyłek odkształceń sprężystych wytłoczek cylindrycznych z kołnierzem pokazano na rys. 10. Porównanie wyników pomiarów przedstawionych na rys. 3,4,5,6 oraz 10 wykazuje, że w przypadku wytłoczek z kołnierzem wpływ spoiny na odkształcenia sprężyste jest wyraźnie mniejszy niż w przypadku wytłoczek bez kołnierza. Wynika to przede wszystkim z większej sztywności bardziej złożonego kształtu wytłoczki.

## 3.3. Wytłoczki o kształcie L

Umiejscowienie spoiny, położenie punktów pomiarowych i wyniki pomiarów odkształceń sprężystych wytłoczek o kształcie L przedstawiono na rys. 11.

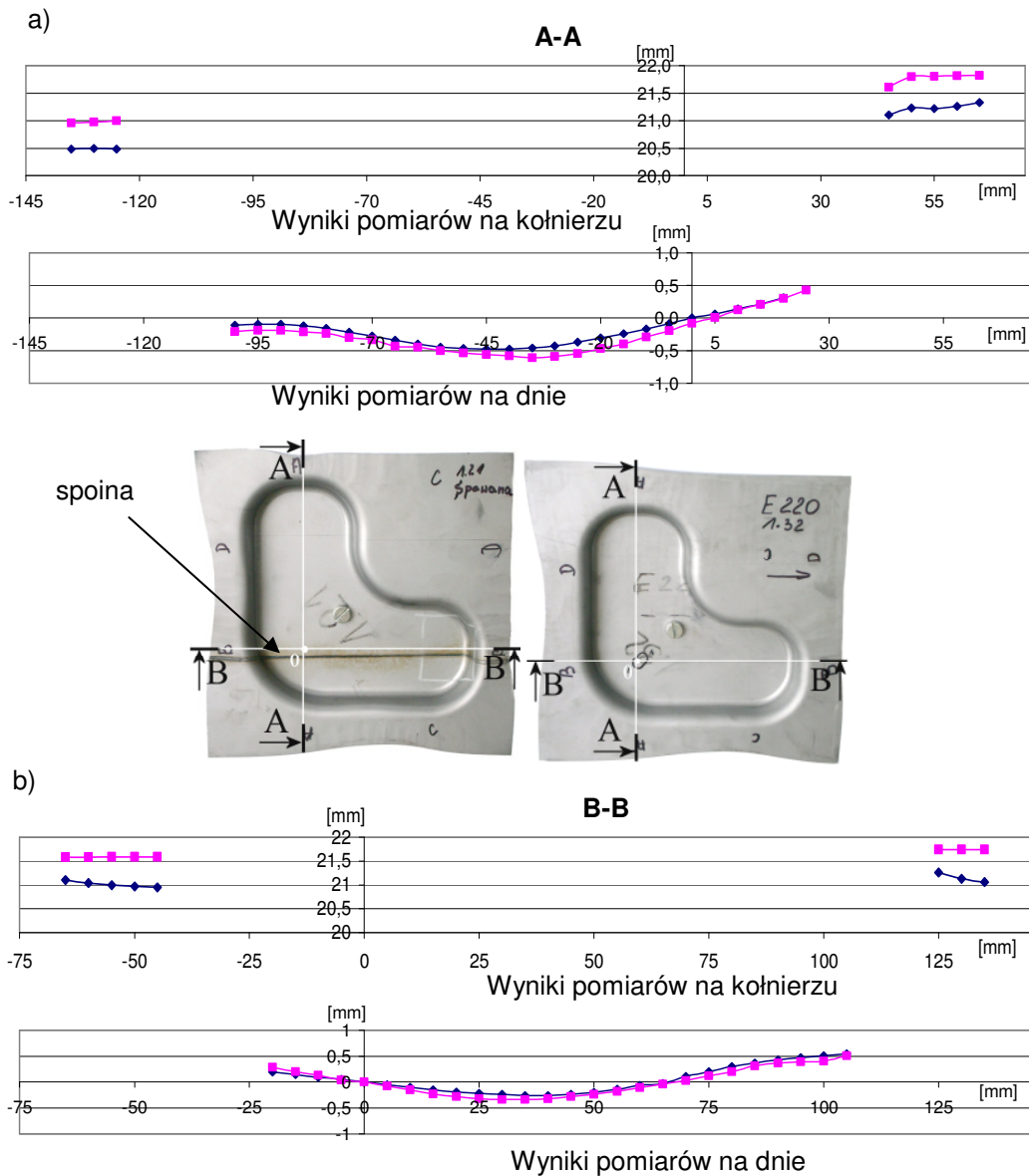




Rys. 10. Wytłoczki z kołnierzem użyte do pomiarów odchyłek odkształceń sprężystych:

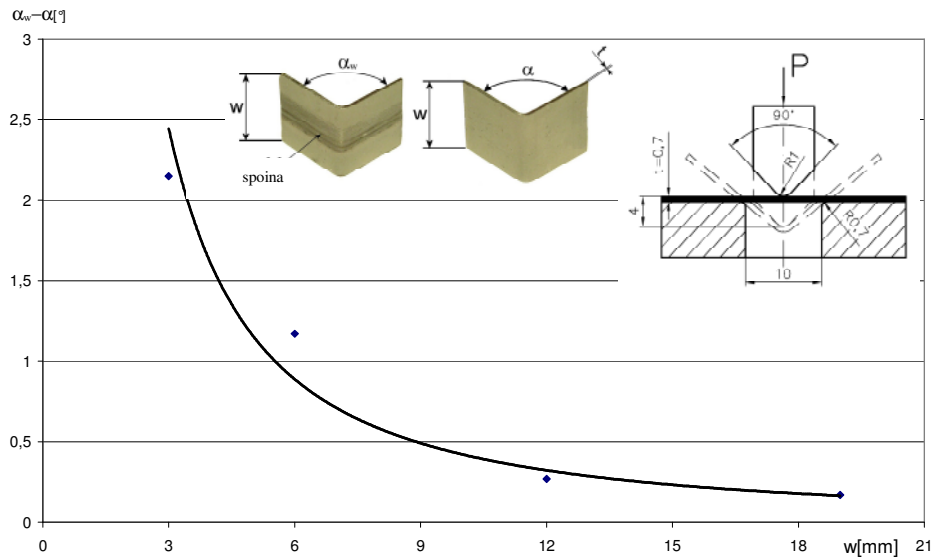
a) bez spoiny, b) ze spoiną

**Parametry tłoczenia:**  $d_p = 32$  mm,  $r_p = 4.5$  mm,  $d_d = 34.5$  mm,  $r_d = 9.1$  mm,  $p_h = 1.5$  MPa,  $v = 50$  mm/min, materiał: E220BH,  $D_c = 65.6$  mm



Rys. 11. Interpretacja graficzna wyników pomiarów odkształceń sprężystych wytłoczek o kształcie L dokonanych na kołnierz i na dnie pokazana w przekrojach: a) A-A b) B-B

■-■-■- - dotyczy wytłoczek bez spoiny  
 ◆-◆-◆- - dotyczy wytłoczek ze spoiną



Rys. 12. Oddziaływanie spoiny na wartość odsprężynowania w wytłoczkach o kształcie V:  
 $\alpha_w$ ,  $\alpha$  - kąty mierzone w stanie odciążonym

Wyniki pomiarów pokazały wyjątkową zgodność kształtu wytłoczek ze spoiną i bez spoiny w zaznaczonych przekrojach pomiarowych.

Potwierdza to, że w wytłoczkach o złożonym kształcie, a więc większej sztywności, oddziaływanie spoiny nie zmienia odkształceń sprężystych w sposób istotny.

### 3.4. Wyroby gięte o kształcie V

W celu zaobserwowania relacji pomiędzy wartością odsprężynowania i szerokością elementu giętego o kształcie V ze spoiną i bez spoiny, wykonano próbki o różnych szerokościach  $b = 3, 6, 12$  i  $19$  mm.

Wyniki w postaci różnicy kątów po gięciu  $\alpha_w$  próbek ze spoiną i  $\alpha$  próbek bez spoiny pokazano na rys. 12.

Z wykresu wynika, że intensywność oddziaływania spoiny na odkształcenie sprężyste elementu giętego maleje ze wzrostem jego szerokości. Wpływ ten jest wyraźny dla względnej szerokości  $w/t < 6$  i maleje wraz z szerokością próbki.

## 4. Wnioski końcowe

1. W wytłoczkach cylindrycznych bez kołnierza zaobserwowano wpływ spoiny na odkształcenia sprężyste poboczniczy.

2. W wytłoczkach o złożonym kształcie, (cylindrycznych z kołnierzem i o kształcie L) nie zaobserwowano wpływu spoiny na odkształcenia sprężyste.

3. W elementach giętych wpływ spoiny był wyraźnie widoczny przy względnej szerokości  $w/t \approx 6$ , natomiast maleje wraz z szerokością próbki.

4. Przedstawione wyniki badań mogą być przydatne podczas podejmowania decyzji odnośnie uwzględniania spoiny w symulacjach komputerowych.

Ma to istotny wpływ na czas symulacji komputerowych.

5. Badania przedstawione w tym opracowaniu są tylko wycinkiem badań prowadzonych w ramach projektu INET-FORSMEP.

## Literatura

1. Piel A.: The process of forming laser welded passes. Metal Forming 2004 no. 3 pp. 5 - 14.
2. Woźniak H., Drenger T.: Assessment of the suitability of tailored welded blanks for the drawing operation. Metal Forming 2004 no. 3 pp. 15-26.

## **SPRINGBACK OF DRAWPIECES FORMED OF TAILOR WELDED BLANKS**

### **Abstract**

Experiments have been carried out to determine the influence of a weld in the initial material on springback deformation in cylindrical drawpieces without and with a flange, in L-shape drawpieces and in V-shape bent elements. The tests were performed on zinc coated laser welded E220BH sheets. The welded joint influence has been observed in the cylindrical drawpieces without a flange and in the bent elements while that in the cylindrical drawpieces with a flange and in the L-shape ones was small and negligible in practice. The investigation presented in this paper are only a part of investigations of drawpieces springback carried out in project INETFORSMEP.

**Key words:** springback, tailor welded blanks, circularity