

مطالعه تجربی مخزن کروی با یک انشعاب مایل تحت فشار داخلی

خسرو نادران طحار

استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران - اهواز

چکیده:

مدل آلومینیومی مخزن کروی با انشعاب مایل 22.5° درجه تحت فشار داخلی با استفاده از کرنش سنجها مورد مطالعه قرار گرفته است. کرنش های الاستیک و کلی در دو طرف حاده و منفرجه مخزن اندازه گیری شده اند. به فشارهای حداکثر و شیک دان^۲ و همچنین به محدودیت های اندازه گیری کرنش ها در این سازه اشاره شده است.

Experimental Study of a Spherical Vessel with an Oblique Nozzle under Internal Pressure

Khosro Naderan- Tahan

Assist. Prof. Mech. Eng. Dept.

The Unive. of Shahid Chamran, Ahwaz

ABSTRACT:

An Aluminium Spherical Vessel with an oblique nozzle at 22.5° was tested under internal pressure. Elastic and total strains on obtuse and acute sides of the structure are measured by means of strain gauges. Limit pressure and shakedown concept are referred to briefly and the limitations of the experiment are discussed.

با استفاده از روش کپی به کمک پانتوگراف ساخته شده است، تا از ایجاد فیله جوش و در نتیجه تغییر خواص مواد مخزن، انشعاب و فلز جوشکاری اجتناب شود. شعاع گوشه در محل اتصال حتی المقدور کوچک و انشعاب بدون دنباله ساخته شده است. منحنی تنش - کرنش این آلیاژ با تقریب خوبی مشابه رفتار الاستیک - پلاستیک کامل مربوط به فولاد نرم است. تنش گواه^۳ این آلیاژ با استفاده از 0.2% درصد کرنش باقیمانده برابر 275 Mpa ، مدول الاستیسیته $E=70 \text{ Gpa}$ و ضریب پواسون $\nu=0.32$ در 0.32% در 0.32% گزارش شده است. مشخصات هندسی مدل که در شکل (۱) نشان داده شده است به شرح زیر اندازه گیری شد.

۱- مقدمه

هدف از انجام این مطالعه بدست آوردن اطلاعات تجربی است تا به کمک آن بتوان اعتبار اطلاعات حاصل از روش المان معین را ارزیابی نمود. مدل مورد آزمایش یکی از ۷ مدلی است که در مآخذ [۱] برای بررسی تجربی رفتار سازه تهیه گردیده و اطلاعات مربوط به بررسی مدل های دیگر در مآخذهای [۲] و [۳] ارائه شده است.

۲- روش آزمایش

الف - مشخصات مدل: مدل مورد آزمایش از استوانه توپر آلیاژ آلومینیوم BS 1476 HE 30 WP به قطر $6/25$ اینچ

	$R = 68/71 \text{ mm}$	شعاع مخزن
	$r = 11/65 \text{ mm}$	شعاع انشعاب
	$\alpha = 22/5^\circ \pm 0/5^\circ$	زاویه تمایل
در طرف حاده $\theta = 180^\circ$	در طرف منفرجه $\theta = 0^\circ$	
$T = 1/91 \pm 0/02 \text{ mm}$	$T = 1/85 \pm 0/02 \text{ mm}$	ضخامت مخزن
$t = 0/96 \pm 0/02 \text{ mm}$	$t = 1/0 \pm 0/02 \text{ mm}$	ضخامت انشعاب
$r' = 1/52 \text{ mm}$	$r' = 2/54 \text{ mm}$	شعاع گوشه

و انشعاب را اندازه گیری نمایند. کرنش سنجها تا فاصله نسبتاً دوری از محل اتصال در کره و استوانه نصب شدند.

ج - چگونگی انجام آزمایش: پس از هواگیری، فشار داخل مخزن به تدریج هر بار به میزان $0/25 \text{ Mpa}$ افزایش داده شد. کرنشها در ازاء مقادیر کم فشار بلافاصله توسط چاپگر موجود در دستگاه یادداشت می گردید. به تدریج که فشار مخزن افزایش می یافت پدیده خزش گذرا^۵ در فواصل بارگذاری مشاهده گردید که موجب افت فشار در مخزن می شد لذا مقادیر کرنش ابتدا پس از گذشت ۲ دقیقه و سپس، بعد از گذشت ۱۵-۱۰ دقیقه که اثر خزش گذرا تثبیت می شد و فشار مخزن به مقدار آن قبل از خزش رسیده و ثابت نگه داشته می شد، ثبت شدند. مدت زمان ۱۵ دقیقه برای اینکه نرخ خزش به میزان قابل ملاحظه ای کاهش یابد، برای تمامی کرنش سنجها کافی بود و معذالک در آخرین مراحل بارگذاری تا $10/25 \text{ Mpa}$ ثبت کرنشها بعد از ۳۰ دقیقه انجام شد. بیشترین مقدار کرنش در نقطه ای که تغییر شکل نسبی زیادی داشت (کرنش سنج شماره ۷۹) برابر $24000 \mu \text{ strain}$ اندازه گیری شد. برای اینکه بتوان از مدل آزمایش در موارد دیگر نیز استفاده نمود از افزایش فشار تا ترکیدن آن خودداری به عمل آمد. به منظور بررسی تأثیر بارهای تکراری در رفتار سازه و مشاهده چگونگی گسترش کرنشهای پلاستیک تحت این نوع بارگذاری و کسب اطلاعات مربوط به «عادت کردن»^۶ سازه به بارهای وارده، آزمایش بارگذاری و باربرداری هفت بار تکرار شد. (براساس یکی از ساده ترین تئوریهای

ب - دستگاه آزمایش: این دستگاه که در شکل (۲) نشان داده شده است، شامل یک میز مدور به قطر ۲۶ اینچ است که مدل و سایر وسائل اندازه گیری روی آن نصب می شوند. در شیار سطح میز، حلقه آب بندی لاستیکی قرار دارد. فلنج انتهایی مدل توسط حلقه فلزی دیگری به قطر $18/625$ اینچ به میز بسته می شود. روغن توسط پمپ دستی از طریق شیر یک طرفه ای وارد مخزن می شود. فشار روغن بوسیله شمعک حساسی^۴ که قبلاً مدرج شده است اندازه گیری می شود.

برای اندازه گیری کرنشها از کرنش سنجهای TINSLEY نوع 23/120/EC با ضریب اندازه گیری $2/05$ و ابعاد 2×2 میلیمتر استفاده شد. کرنشها بوسیله چسب اپوکسی به مدل متصل شدند. تعداد ۵۶ کرنش سنج روی سطوح داخلی و خارجی سازه و در دو طرف حاده و منفرجه و همچنین در بعضی نقاط شاخص نصب شدند. نحوه قرار گرفتن کرنش سنجها در شکل (۳) نشان داده شده است. کرنشها بوسیله دستگاه دیجیتالی SOLARTRON با ۷۰ کانال که کرنشها را تا یک میلیونیم نشان می دهد، اندازه گیری شدند. کرنش سنجهایی که کرنشهای مداری و نصف النهاری را اندازه گیری می کنند تا جاییکه ممکن بوده است مجاور یکدیگر نصب شده اند. همچنین سعی شده است تا کرنش سنجهای مشابه روی سطوح داخلی و خارجی حتی المقدور زیر یکدیگر قرار گیرند. یک زوج از کرنش سنجها در فاصله نسبتاً دوری از محل اتصال نصب شدند تا حالت غشائی کرنشهای مخزن

پلاستیسیته اگر کرنش در نقطه‌ای از سازه بیش از دو برابر کرنش جاری شدن^۶ نشود، در اثر تکرار بار تغییر شکل‌های فزاینده در سازه بوجود نخواهد آمد یا به عبارت عامیانه، سازه به رفتار الاستیک عادت خواهد کرد. حداکثر بار تکراری که سازه می‌تواند تحمل کند بدون اینکه تغییر شکل‌های فزاینده^۷ در آن بوجود آید بنام بار شیک‌دان^۲ نامیده می‌شود.

۳- نتایج

نمودار فشار داخلی مخزن در برابر کرنش‌های مداری و نصف‌النهاری اندازه‌گیری شده توسط تمامی کرنش‌سنجها در شکل (۴) رسم شده‌اند. کرنش سنج شماره ۱۲۱ از ابتداء آزمایش و کرنش سنج شماره ۹۵ در ۱۰ Mpa از کار افتادند. کرنش سنج شماره ۱۲۷ چون در امتداد منحنی فصل مشترک انشعاب و مخزن نصب شده است کرنش‌های مداری یا نصف‌النهاری را اندازه‌گیری نمی‌کند. توزیع کرنش‌های مداری و نصف‌النهاری الاستیک و کلی روی سطوح داخلی و خارجی و در دو طرف حاده و منفرجه مخزن در شکل (۵) نشان داده شده است. به طوریکه ملاحظه می‌شود بیشترین کرنش‌های مداری توسط کرنش سنج شماره ۷۹ و بیشترین کرنش نصف‌النهاری توسط کرنش سنج شماره ۷۷ اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین کرنش مداری مربوط به کرنش سنج شماره ۷۹ به عنوان کرنش مشخصه انتخاب و نمودار فشار داخلی مخزن در برابر آن و همچنین تکرار بارگذاری مخزن در شکل (۶) ارائه گردیده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

به علت عدم دسترسی به نقاط درون انشعاب، نصب کرنش‌سنج‌های بیشتر روی سطح داخلی امکان‌پذیر نیست. همچنین چون کرنش‌سنج‌ها دارای ابعاد هستند نمی‌توان مقادیر کرنش را در نقاط بسیار نزدیک به محل اتصال انشعاب روی سطوح داخلی و خارجی اندازه‌گیری نمود. شکل (۷) تصویری از این محدودیت را نشان می‌دهد.

به طوریکه از شکل (۶) ملاحظه می‌گردد قسمت مستقیم نمودار تا ۵ Mpa امتداد دارد و فشار حد اگر با روش ۰/۲ درصد کرنش باقیمانده تعیین شود برابر ۷/۷۵ Mpa است. در قسمت پلاستیک نمودار اثرات سخت شدن در اثر تغییر شکل^۸ و تغییر ابعاد هندسی سازه توأمأ ملحوظ شده‌اند. ضمن تکرار بارگذاری ملاحظه شد که بعد از سه بار تکرار، افزایش قابل ملاحظه‌ای در کرنش مشاهده نمی‌شود و حلقه پس ماند (هیستریزس) تقریباً پایدار شده و تمامی کرنش‌های حاصل از بارگذاریها و باربرداریهایی بعدی در محدوده این حلقه واقع می‌شوند و به نظر می‌رسد که سازه مورد آزمایش به فشار ۱۰/۱۲۵ Mpa باصطلاح «عادت» کرده است. لازم به توضیح است که سازه تحت بارهای بزرگتر ممکن است پس از تکرار دفعات بیشتری به فشار باز هم «عادت کند».

پانویس

- | | |
|-------------------|---------------------|
| 1. Limit pressure | 5. Transient creep |
| 2. Shakedown | 6. Yield strain |
| 3. Proof stress | 7. Increment |
| 4. Transducer | 8. Strain hardening |

منابع

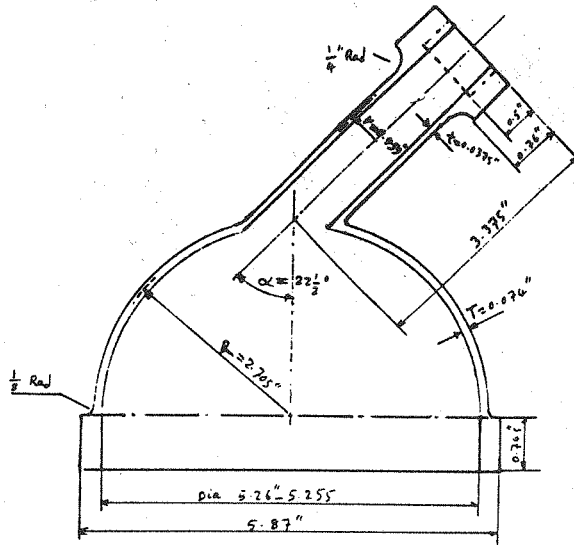
- [1] Robinson, M., Kirk, A., Gill, S.S., "An Experimental Investigation into the Plastic Behaviour of Oblique Flush Nozzles in Spherical Pressure Vessel", Int. J. mech. Sci., Vol.13, No.1, 1971, pp.41-61.
- [2] Robinson, M., Gill, S.S., "Limit Analysis of Flush Radial and oblique Cylindrical Nozzles in Spherical Pressure Vessels. Part 1: A Parametric survey of Results", Int. J.PV and Piping, Vol.1, No.3, 1973, pp. 199-231.
- [3] Robinson, M., Gill, S.S., "Limit Analysis of Flush Radial and oblique Cylindrical Nozzles in Spherical Pressure Vessels. Part 2: Application of

Results in a Design Procedure", Int. J.P.V. and Piping,
Vol.1 No.3, 1973, pp. 233-244.

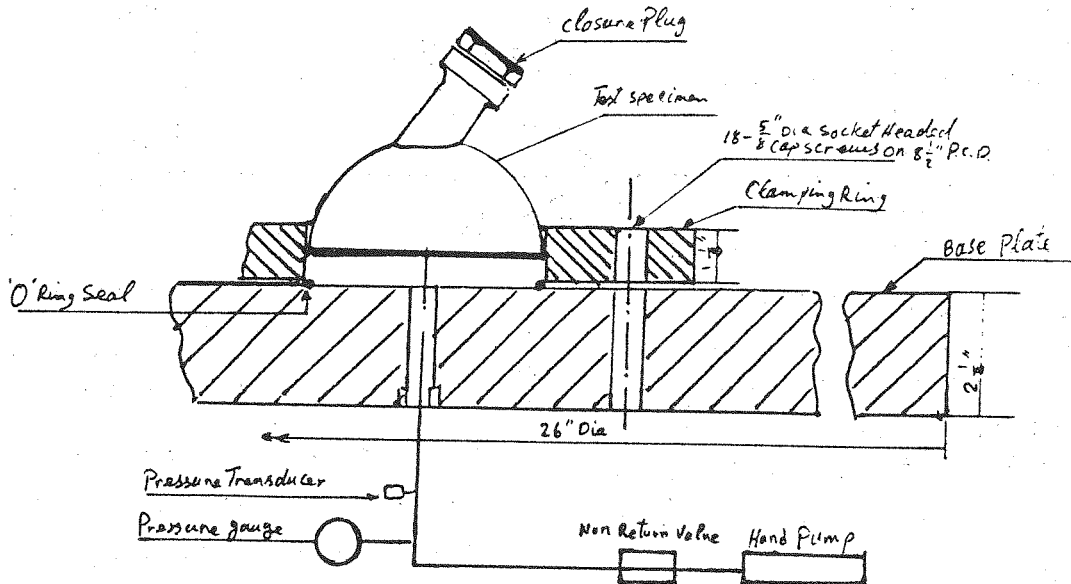
And External Loadings by Finite Element Method,
A parametric Survey", PH.D Thesis, 1989.

[4] Naderan- Tahan, Khosro, "Stress Analysis of
Spherical Shells with one And/ or Two
Neighbouring Nozzles Under Internal Pressure

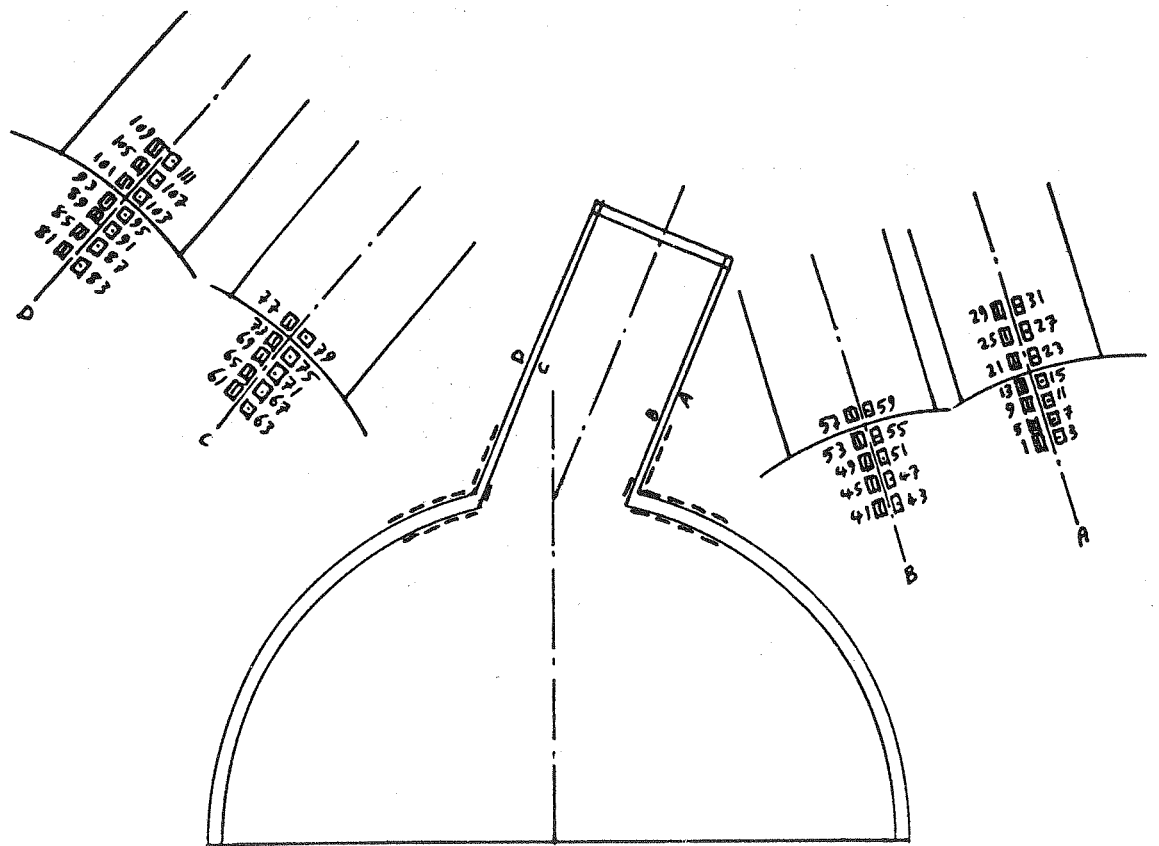
[5] Calladine, C.R., "Plasticity for Engineers", Ellis
Horwood Limited, 1989.



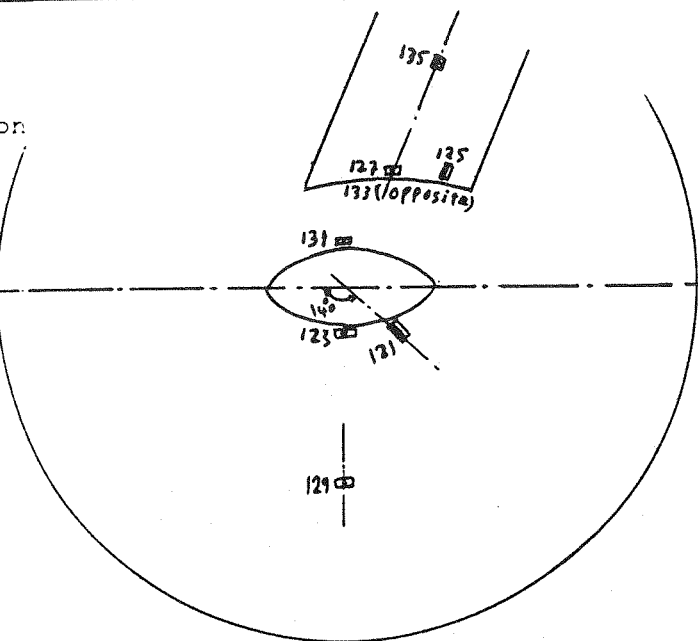
شکل (۱) مشخصات هندسی مدل آلومینیومی



شکل (۲) تصویر ساده دستگاه آزمایش

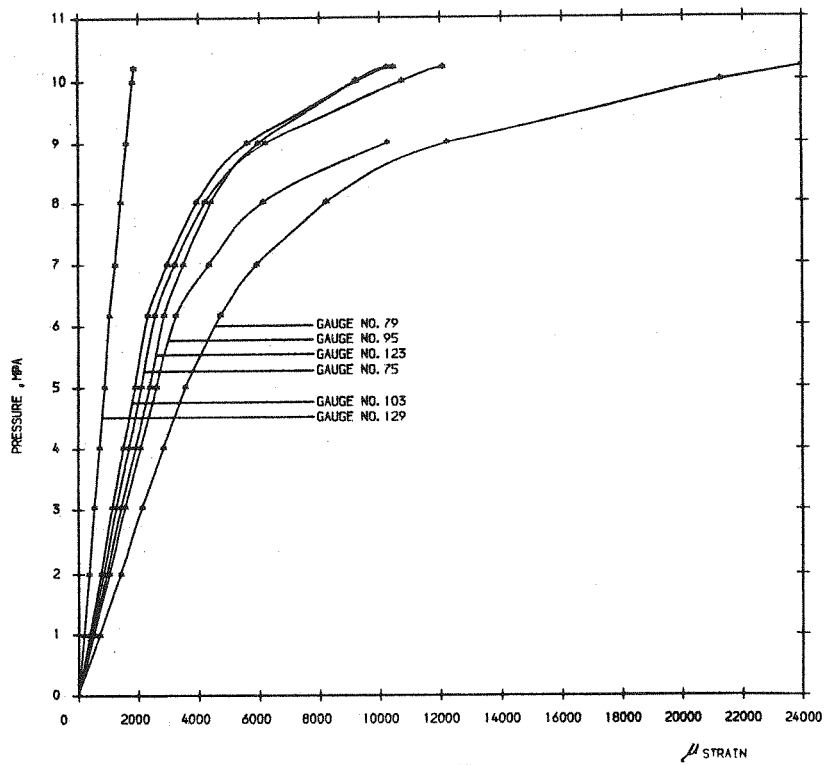


Gauge Location	
No.	mm
61&63	-17.5
65&67	-12.5
69&71	-7.5
73&75	-2.5
77&79	2.0
81&83	-17.0
85&87	-11.5
89&91	-6.5
93&95	-1.5
101&103	2.0
105&107	7.0
109&111	12

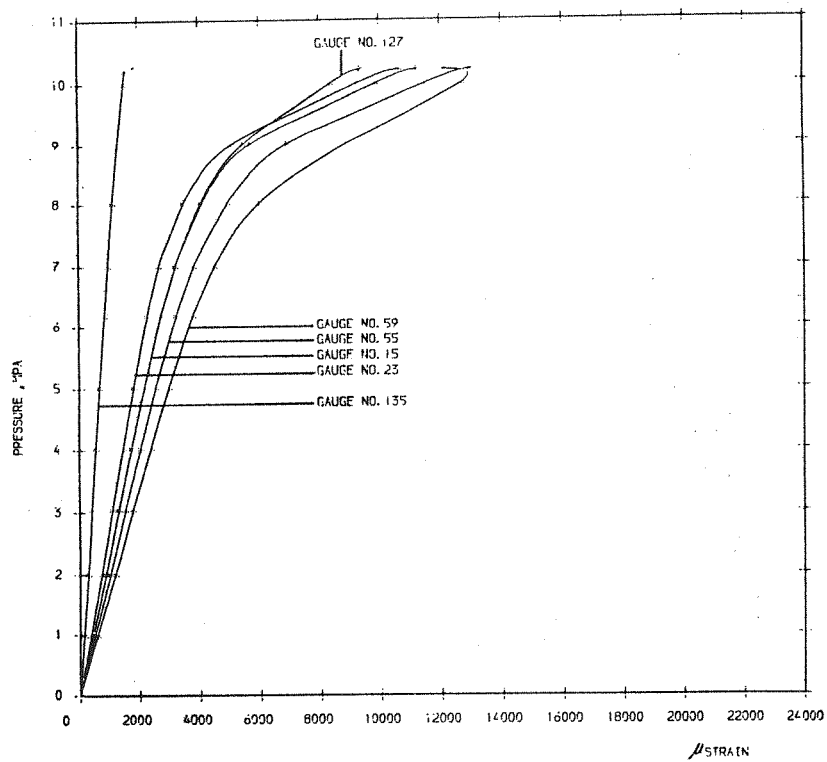


Meridional gauge □	
Hoop gauge □	
Gauge Location	
No.	mm
1&3	-15.5
5&7	-10.5
9&11	-5.5
13&15	-1.5
21&23	1.5
25&27	6.5
29&31	11.5
41&43	-17.5
45&47	-12.5
49&51	-7.0
53&55	-2.0
57&59	2.0

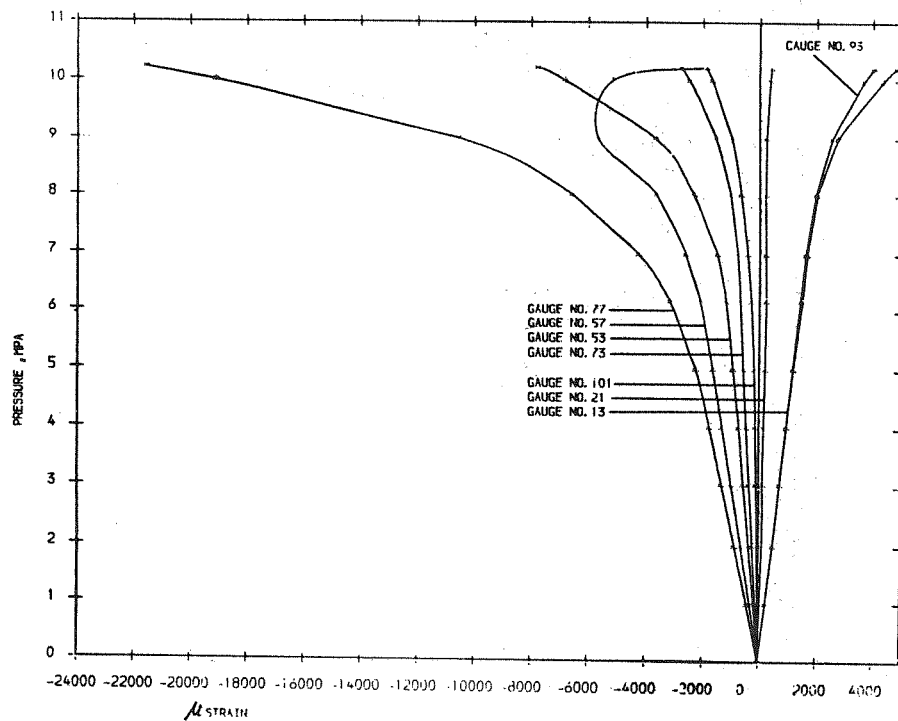
شکل (۳) نحوه قرار گرفتن کرنش سنجها روی مدل



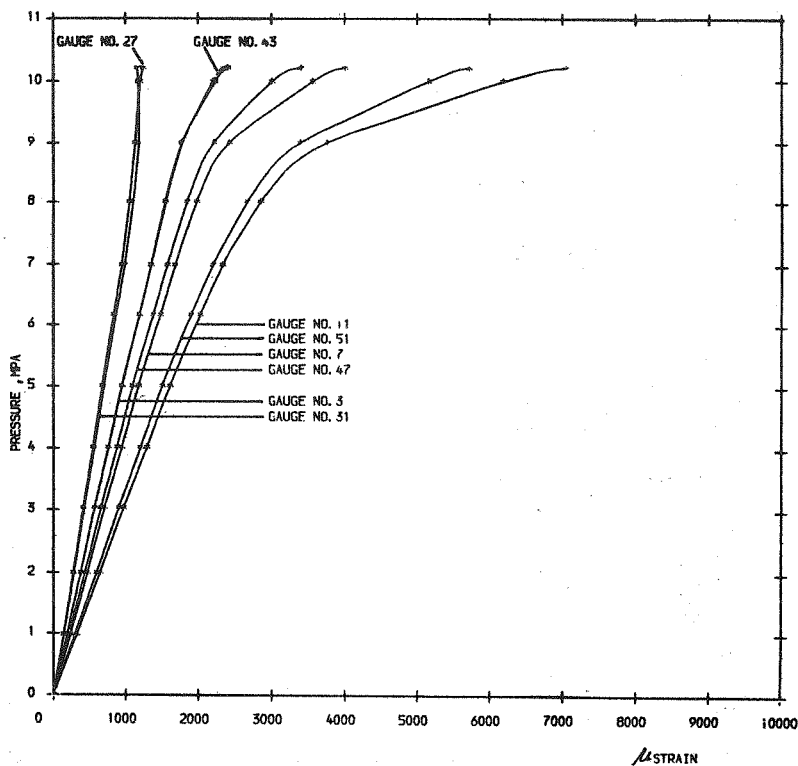
شکل (۴) نمودار فشار داخلی مخزن در برابر کرنش های اندازه گیری شده



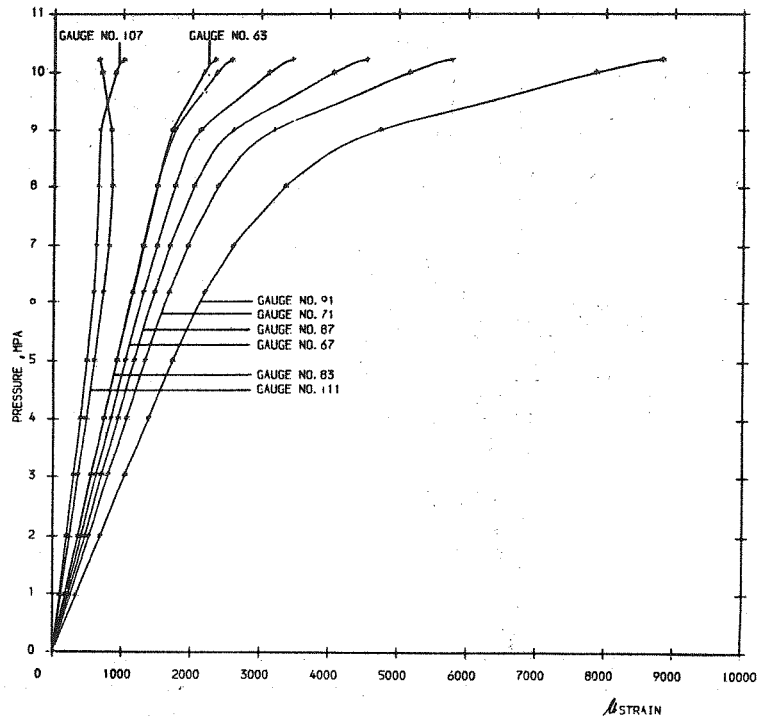
شکل (۴) ادامه



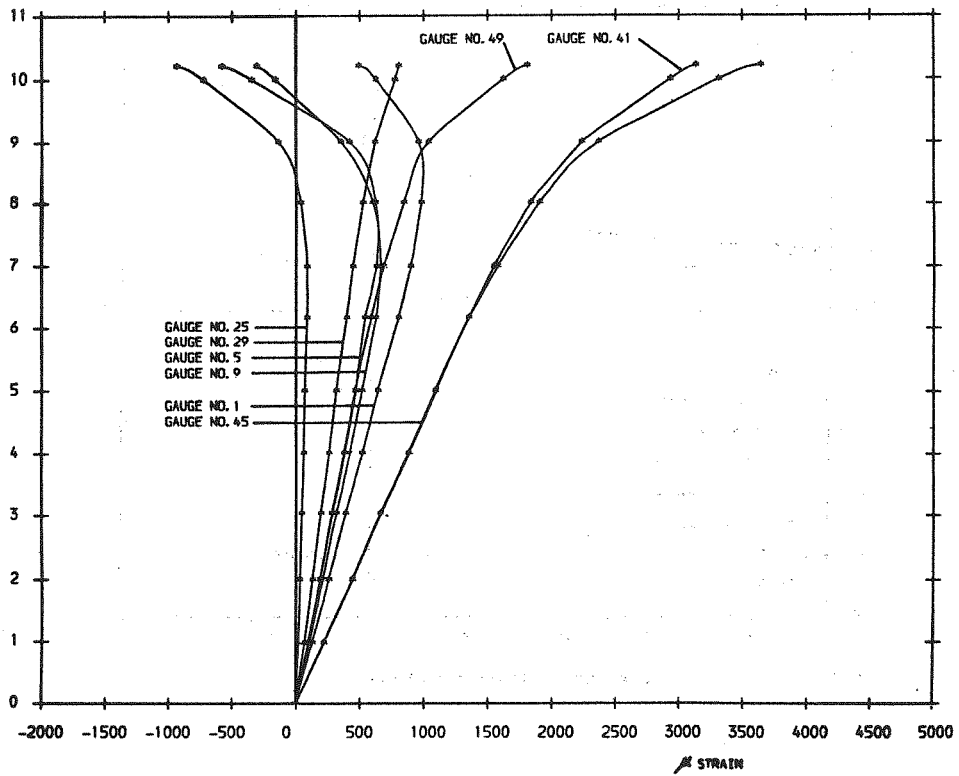
شکل (۴) ادامه



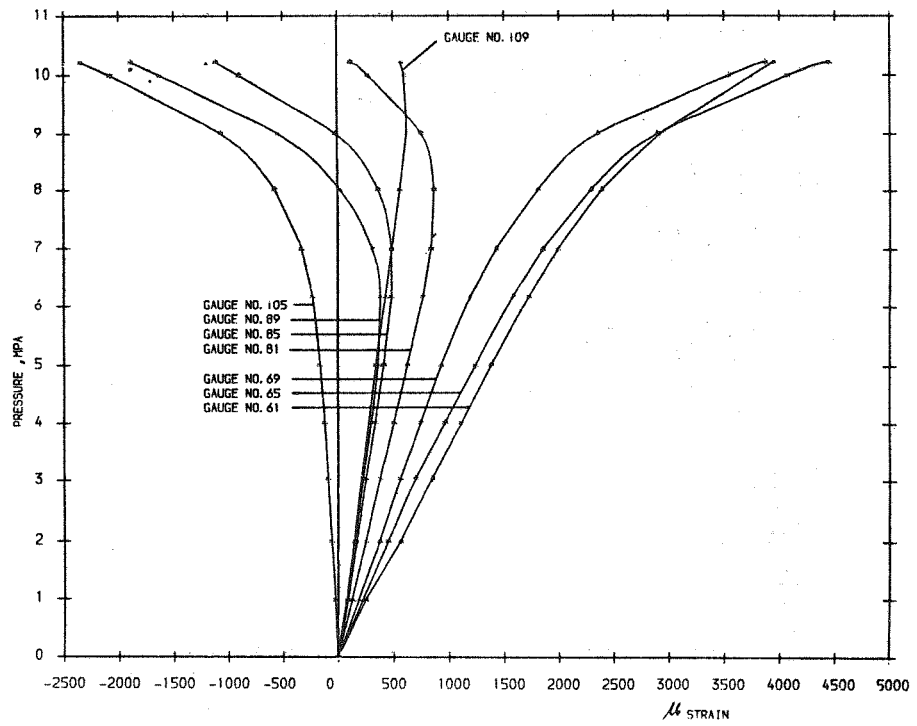
شکل (۴) ادامه



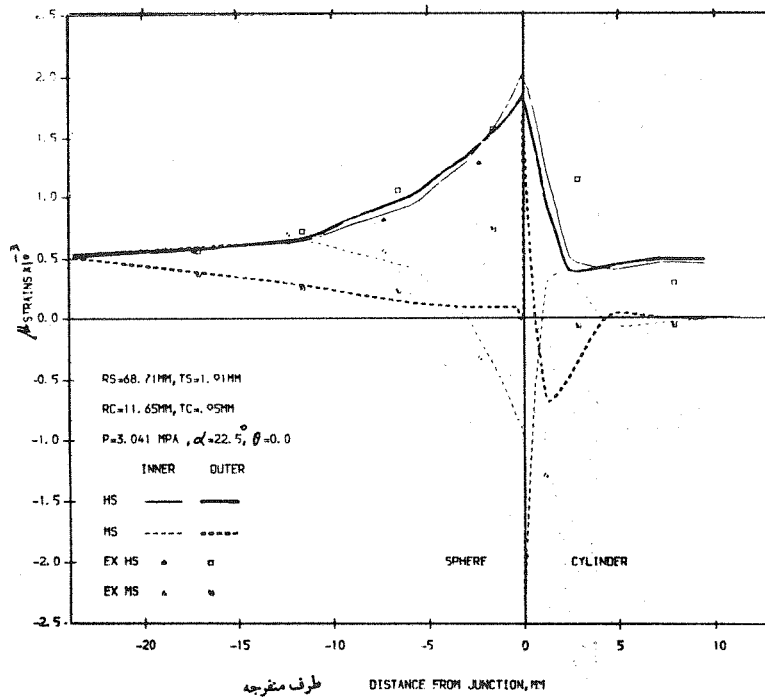
شکل (۴) ادامه



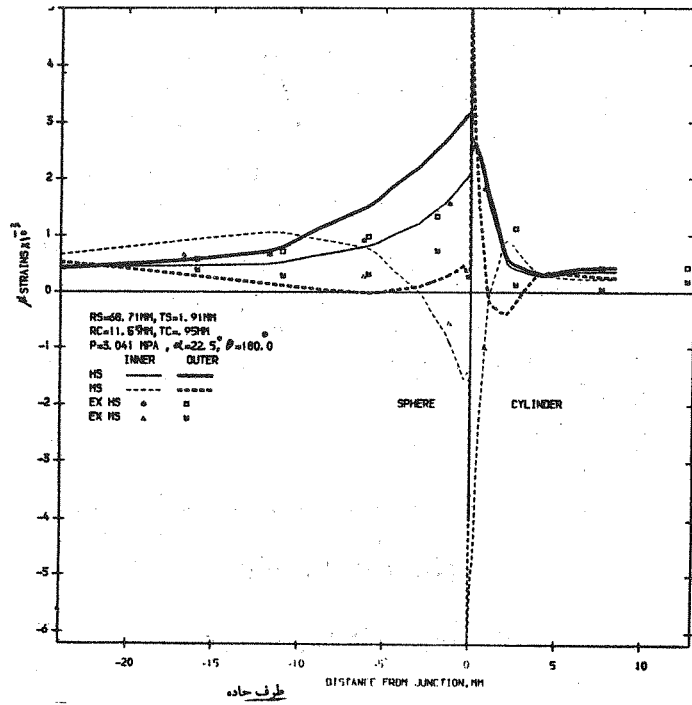
شکل (۴) ادامه



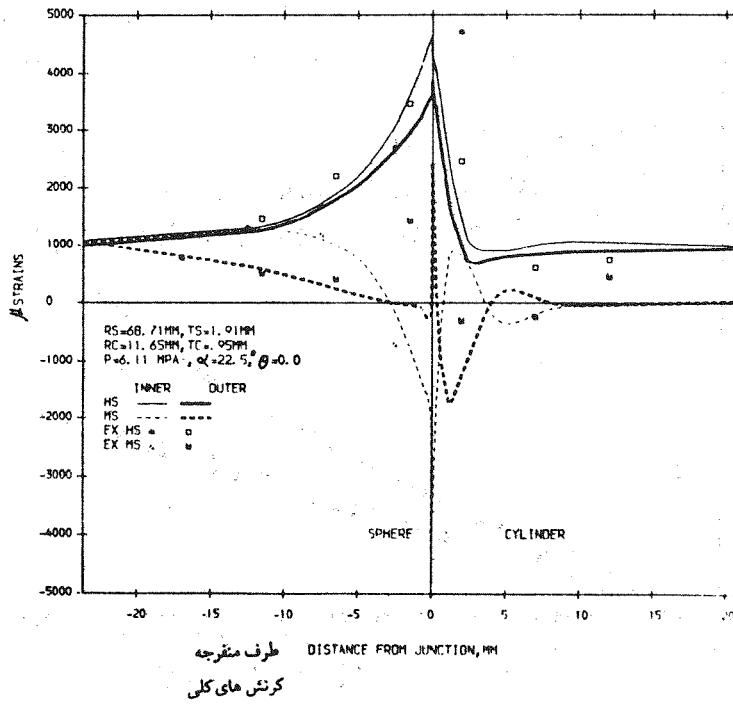
شکل (۴) ادامه



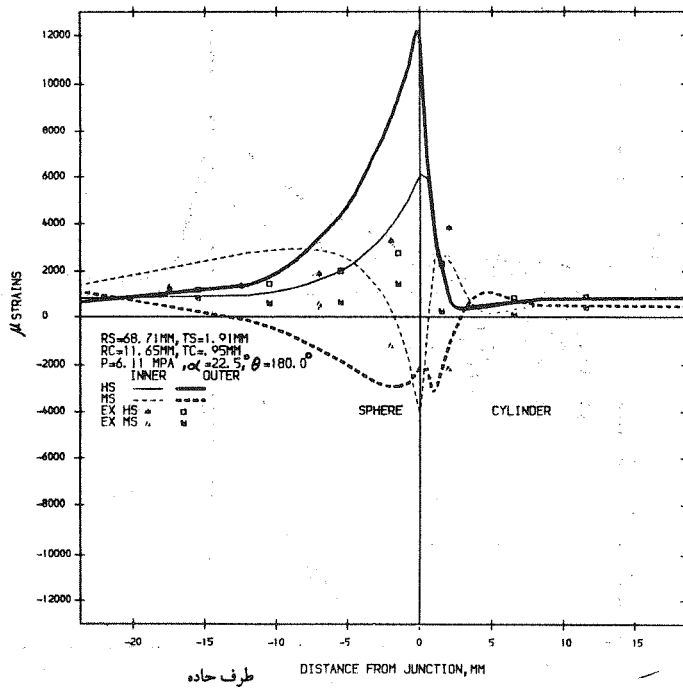
شکل (۵) توزیع کرنش های تجربی در مخزن کروی با انشعاب مایل کرنش های الاستیک



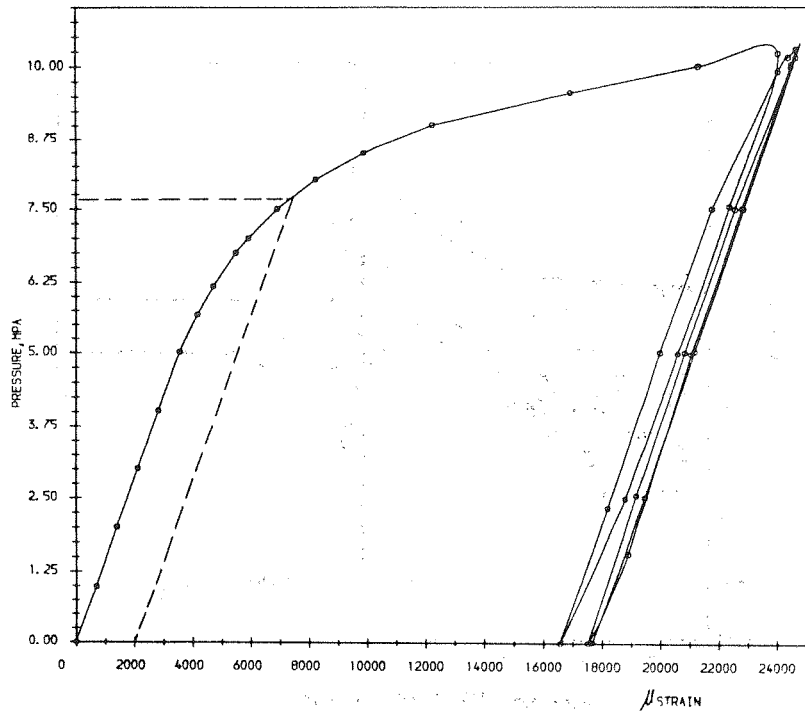
شکل (۵) ادامه



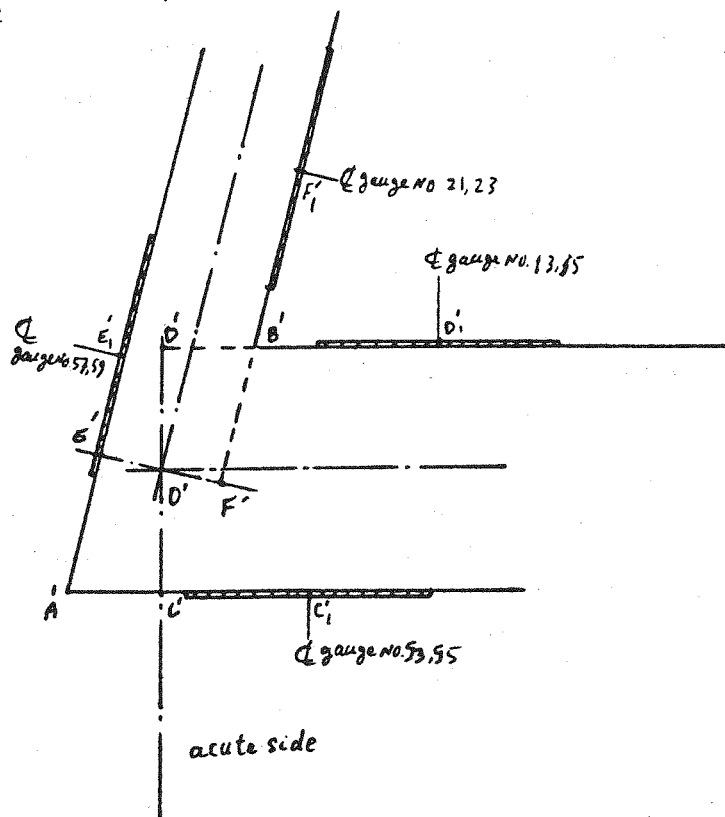
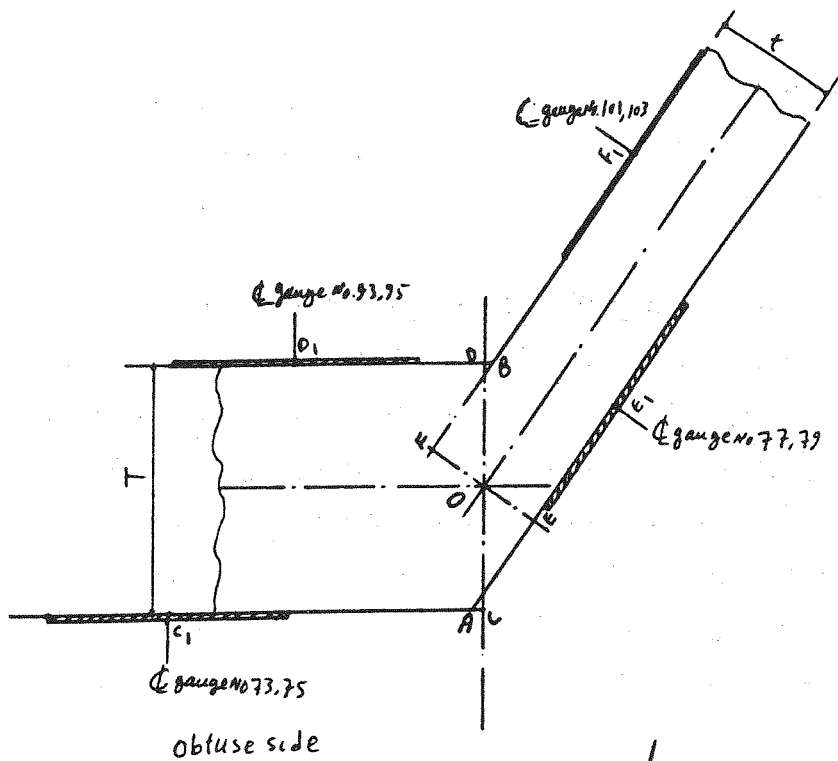
شکل (۵) ادامه



شکل (۵) ادامه



شکل (۶) نمودار فشار داخلی مخزن در برابر بیشترین کرنش اندازه گیری شده



شکل (۷) جزئیات محل نصب کرنش سنج ها