ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	ความเค้นในท่อเนื่องจากความดันภายในที่แปรผันกับเวลาโดยระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์แบบวิเคราะห์
ผู้เขียน	นางสาวปารีชา รัตนศิริ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. อภิวันท์ พลชัย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เกี่ยวกับปัญหาท่อรับความดันภายในที่แปรผันกับเวลาสามชนิดคือความดันอัดค้าง ความดันวัฏจักร และความดันชั่วครู่ เมื่อกำหนดให้ท่ออยู่ในสภาพนิ่งที่เวลาเริ่มต้น สมมุติให้ท่อเป็นวัตถุเอกพันธุ์และมีคุณสมบัติเหมือนกันในทุกทิศทาง ความเค้นที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้นและสมมาตรรอบแกนกลางของท่อ การแก้ปัญหานี้ใช้หลักการความยืดหยุ่นเชิงพลศาสตร์และพิจารณาเป็นปัญหาความเครียดระนาบทั่วไปบนภาคตัดท่อซึ่งทำให้ได้สมการควบคุมเริ่มต้นเป็นสมการพลวัติที่เงื่อนไขที่ขอบขึ้นกับเวลา การศึกษานี้เสนอวิธีแก้สมการดังกล่าวโดยแยกสมการออกเป็นสองส่วน กำหนดให้ส่วนที่หนึ่งถูกเลือกจากการพิเคราะห์ เพื่อทำให้ส่วนที่สองมีเงื่อนไขที่ขอบเป็นแบบโฮโมจีเนียสและสามารถใช้ระเบียบวิธีแยกตัวแปรแก้ปัญหาได้ วิธีนี้ทำให้หาผลเฉลยเชิงคณิตศาสตร์ของการกระจัดและความเค้นที่แปรผันกับเวลาได้อย่างสมบูรณ์ ได้ตรวจสอบผลเฉลยโดยการลดความดันที่แปรผันกับเวลาให้เป็นความดันสถิตซึ่งเป็นกรณีแบบฉบับที่ทราบผลเฉลยอยู่แล้ว ผลเฉลยที่ได้ตรงกับกรณีแบบฉบับทุกประการ จึงกล่าวว่าผลที่ได้นี้น่าจะนำไปใช้ได้ และพบว่าผลเฉลยในกรณีความดันวัฏจักรมีความถูกต้องมากกว่าผลเฉลยที่เคยมีการศึกษามาก่อนเพราะมีส่วนที่แสดงให้เห็นพฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ของความเค้นที่เกิดขึ้นได้อย่างครบถ้วน หลังจากนี้ยังได้ศึกษาความเค้นที่เกิดในท่อโดยเปลี่ยนแปลงขนาดท่อ อัตราส่วนรัศมีภายในต่อรัศมีภายนอกของท่อ ความเครียดในแนวแกนของท่อ และตัวแปรที่บอกพฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ของความดันแต่ละชนิด ผลการศึกษาคือขนาดของท่อมีผลต่อการเกิดความเค้นน้อยมาก ถ้าอัตราส่วนรัศมีภายในต่อรัศมีภายนอกของท่อคงที่ อัตราส่วนรัศมีภายในต่อรัศมีภายนอกของท่อเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเค้นที่เกิดเพิ่มขึ้นถ้าขนาดของท่อคงที่ ในกรณีที่ความเครียดในแนวแกนสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากจะทำให้ความเค้นวอนมิสเสสสูงมากด้วย ผลของพฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ของความดันเป็นดังนี้คือ ในกรณีความดันอัดค้างถ้าช่วงเวลาที่ความดันเพิ่มจากศูนย์ถึงสูงสุดน้อยลงทำให้แอมพลิจูดของความเค้นสูงขึ้น ถ้าช่วงเวลาดังกล่าวน้อยมากความเค้นสูงสุดจะสูงกว่าความเค้นเฉลี่ยมาก แต่ถ้าช่วงเวลาดังกล่าวมากความเค้นสูงสุดจะสูงกว่าความเค้นเฉลี่ยน้อยจนสามารถใช้สมการหาความเค้นแบบสถิตศาสตร์ได้ ในกรณีความดันวัฏจักรถ้าความถี่เชิงมุมของการเปลี่ยนแปลงความดันเข้าใกล้ความถี่ธรรมชาติของท่อความเค้นจะสูงมาก ส่วนกรณีความดันชั่วครู่ถ้าช่วงเวลาที่ความดันสูงสุดลดลงมาเป็นศูนย์น้อยลงทำให้แอมพลิจูดของความเค้นสูงขึ้น เมื่อความดันเป็นศูนย์แล้วความเค้นเฉลี่ยจะเท่ากับศูนย์แต่ความเค้นสูงสุดยังไม่เป็นศูนย์ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยนำผลเฉลยจากการศึกษานี้มาใช้ในการออกแบบท่อยาวรับความดันดังกล่าว ใช้ทฤษฎีพลังงานเสียรูปสูงสุดสำหรับออกแบบท่อรับความดันอัดค้างและความดันชั่วครู่ และใช้บรรทัดฐานของโซเดอร์เบอร์กสำหรับออกแบบท่อรับความดันวัฏจักร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	Stresses in Pipes due to Time-Varying Internal Pressure by Analytical Mathematics Methods.
Author	Miss Pareecha Rattanasiri
Degree	Master of Engineering (Mechanical Engineering)
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Apiwon Polchai

ABSTRACT

This study deals with the problem of pipes subjected to three types of time-varying pressure: actual step-pressure, cyclic pressure, and transient ramp-pressure. The pipes are initially at rest. The pipe material is assumed isotropic and homogeneous. The stresses are considered in linear elastic range, and axisymmetric. Elastodynamics, with generalized plane strain on the pipe section, is employed for this problem; so governing equations with time-dependent boundary conditions are obtained. The method to solve these equations is proposed that the set of the equations is divided into two parts. The first part is found by careful consideration that the remaining part must be governing equations with homogeneous boundary conditions, which can be solved by the method of separation-variable. It is discovered that this method gives complete mathematical solutions for time-varying displacement and stresses. The result is checked by reducing the form of time-varying pressure to that of classical static pressure. The reduced results match exactly the classic solutions case by case. So, the results from this study is claimed usable. In addition, it is found that the solution to the case of cyclic pressure is more accurate than those of other studies in the past, because it completely shows dynamic effects without any approximation. After this, the stresses in the pipes are studied by changing pipe size, the ratio of internal to external radius, the axial strain, and variables for dynamic action of each type of pressure. The result is that the pipe size has very little effect on stresses if the ratio of pipe radii does not change. Increasing of the internal to external radius ratio results in stress increase if the

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

pipe size is kept constant. In case of large axial strain, the Von-Mises stress is also large. For the dynamic actions of the pressure it is found that, in case of actual step-pressure, when the rising time is short, the stress amplitude is large. If the rising time is very short, the peak stresses are much higher than the average stresses. When the rising time is very long, the stress amplitude is so small that the mean stress can be calculated by using Elastostatics as well. In case of cyclic pressure, if the angular velocity of pressure is close to the natural frequency of the pipe, the stresses are very high. In case of transient ramp-pressure, the decreasing of unload time increases the stress amplitude. For this case, when the pressure is down to zero, the average stresses are zero but the peak stresses are still not zero. Besides, a computer program is developed, by using the solutions from this research, for designing long pipes subjected to these pressure. In the design procedure, the maximum-distortion-energy theory is used for the case of actual step-pressure and transient ramp-pressure, whilst the Soderberg's criterion is used for the case of cyclic pressure.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved