ภาคผนวก 1

- **สำเนาหนังสือเห็นชอบในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางพิเศษบูรพาวิถี**

ที่ วา 0804/7938

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม
ซอยพิบูลวัฒนา 7 ถนนพระรามที่ 6
กรุงเทพฯ 10400.

15 กันยายน 2537

เรื่อง ผลการพิจารณารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการระบบทางด่วนสายบางนา - บางพลี - บางปะกง

เรียน ผู้ว่าการการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

อ้างถึง หนังสือการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ด่วนมาก ที่ มท 5502/5293 ลงวันที่ 29 สิงหาคม 2537

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานสรุปมาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ตามหนังสือที่อ้างถึง การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ได้จัดส่งรายงานสรุปผลมาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการระบบทางด่วนสายบางนา - บางพลี - บางปะกง จำนวน 20 ชุด เพื่อให้สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมพิจารณาตามมติที่ประชุมคณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านโครงการโครงสร้างพื้นฐานในการประชุมครั้งที่ 12/2537 วันที่ 4 สิงหาคม 2537 ความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ใคร่ขอเรียนว่า สำนักงานฯ ได้ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย เพื่อนำเสนอรายงานสรุปผลมาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการระบบทางด่วนสายบางนา - บางพลี - บางปะกง ในการประชุมคณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านโครงการโครงสร้างพื้นฐานฯ ครั้งที่ 14/2537 วันที่ 25 สิงหาคม 2537 ซึ่งผลการพิจารณาคณะกรรมการฯ มีมติเห็นชอบกับรายงานสรุปมาตรการฯ ดังปรากฏในสิ่งที่ส่งมาด้วย

2/ สำนักงานฯ ...

สำนักงานฯ จึงใคร่ขอให้การทางพิเศษฯ ปฏิบัติตามมาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างเคร่งครัด และโปรดแจ้งผลการดำเนินการให้สำนักงานฯ ทราบด้วยจักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการ

ขอแสดงความนับถือ

(นางวณี สัมพันธารักษ์)
ผู้อำนวยการกองนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม
รักษาราชการแทน
เลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม
โทร. 2792792
โทรสาร. 2713226, 2785469

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

รายงานสรุป
มาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม
และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม
โครงการระบบทางด่วนสายบางนา-บางพลี-บางปะกง
(ส่วนหนึ่งของโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 4)

สิงหาคม 2537

สรุปรายละเอียดของโครงการ

ความเป็นมาของโครงการทางด่วนสายบางนา-บางพลี-บางปะกง

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ได้ว่าการว่าจ้างที่ปรึกษา ประกอบด้วยบริษัท เอเชี่ยน เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแต้นส์ จำกัด บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียร์ จำกัด ร่วมกับ บริษัท หลุยส์ เบอร์เยอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล อิงค์ ว่าการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 4 ประกอบด้วยระบบทางด่วนย่อย 2 ระบบ คือ ระบบทางด่วนในเมืองและระบบทางด่วนระหว่างเมือง ระบบทางด่วนในเมืองตั้งอยู่ภายในกรอบพื้นที่ ถนนวงแหวนรอบนอก (Outer Ring Road) ของกรุงเทพฯ และจะเชื่อมระบบทางด่วนในปัจจุบันเข้ากับเมืองหลักในภาคเหนือ ภาคตะวันออก-เฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงใต้ และภาคใต้ของประเทศไทย เครือข่ายระบบทางด่วนทั้งหมดจะให้บริการ 20 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา สมุทรสงคราม สมุทรสาคร เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ อยุธยา สุพรรณบุรี สระบุรี นครนายก ปราจีนบุรี ชลบุรี อ่างทอง นครราชสีมา นครปฐม ราชบุรีและระยอง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 87,000 ตารางกิโลเมตร

สำหรับโครงการทางด่วนสายบางนา-บางพลี-บางปะกง นั้นเป็นส่วนหนึ่งของโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 4 ในส่วนของระบบทางด่วนระหว่างเมือง โดยเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ภาคกลาง (กรุงเทพ-มหานคร) กับจังหวัดริมฝั่งทะเลภาคตะวันออก ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของโครงการระบบทางด่วนสายบางนา-บางพลี-บางปะกง เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบนทางหลวงสายบางนา-ตราด และสภาพคอขวดที่บริเวณสะพานข้ามแม่น้ำบางปะกง รวมทั้งเป็นการส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของประเทศตามนโยบายของรัฐบาลอีกด้วย และคณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม 2537 เห็นชอบในหลักการให้การทางพิเศษฯ ดำเนินโครงการทางด่วนสายบางนา-บางพลี-บางปะกง ในลักษณะจ้างเหมาแบบเบ็ดเสร็จ (TURNKEY)

ลักษณะโครงการและแผนการให้บริการ

โครงการทางด่วนสาย บางนา-บางพลี-บางปะกง เป็นทางด่วนยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร รวมระยะทาง 55 กิโลเมตร โดยแนวสายทางเริ่มจากจุดสิ้นสุดโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 1 บริเวณบางนาไปตามเกาะกลางของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 ตอนบางนา-บางปะกง ข้ามแม่น้ำ-บางปะกงและสิ้นสุดโครงการ ที่อำเภอบางปะกง ดังรายละเอียดของแนวสายทางโครงการแสดงไว้ในแผนที่ ทั้งนี้ได้แบ่งโครงการออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 บางนา-บางพลี ระยะทาง 12 กิโลเมตร

ระยะที่ 2 บางพลี-บางปะกง ระยะทาง 43 กิโลเมตร

สำหรับระยะแรกใช้เวลาในการดำเนินโครงการ 2 ปี กล่าวคือจะสามารถเปิดบริการได้ในปี พ.ศ. 2539 และสามารถให้บริการทั้งโครงการได้ในปี พ.ศ. 2541

สรุปผลกระทบสิ่งแวดล้อม มาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของโครงการทางด่วนสายบางนา-บางพลี-บางปะกง

องค์ประกอยทางสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา	สาเหตุของผลกระทบ ลักษณะผลกระทบ	มาตรการลดผลกระทบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
คุณภาพอากาศ	การก่อสร้าง	-เพิ่มปริมาณฝุ่น	-ฉีดพรมน้ำบริเวณก่อสร้างในช่วงที่เปิดหน้าดินอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง -ใช้มาตรการดำเนินการก่อสร้างที่ถูกหลักทางวิศวกรรม -ปลูกต้นไม้ตามความเหมาะสม	-การทางพิเศษแห่ง-ประเทศไทย	-งบประมาณในการปลูกต้นไม้รวมอยู่ในราคาโครงการ
	การดำเนินการ	-เพิ่มปริมาณ CO และ Pb ตามแนวทางด่วน -เพิ่มปริมาณ NO_x	-กำหนดมาตรฐานการปล่อย CO ของรถยนต์ใหม่และเก่า -กำหนดระดับผลกระทบ NO_2 โดยใช้พื้นฐานของการตรวจวัดจริงเพื่อกำหนดมาตรการควบคุมที่เหมาะสม	-กรมควบคุมมลพิษ -กรมควบคุมมลพิษ	
เสียง/ความสั่นสะเทือน	การก่อสร้าง	-กิจกรรมการก่อสร้างโครงการฯ อาจก่อให้เกิดระดับเสียงดังและเป็นการเพิ่มระดับเสียงใกล้เคียงพื้นที่โครงการ	-กิจกรรมทุกชนิดที่ก่อให้เกิดเสียงดังเช่นการปรับพื้นที่ซึ่งต้องใช้เครื่องจักรกลหนักและการตอกเสาเข็มโดยเฉพาะบริเวณ SENSITIVE AREA จะต้องเริ่มหลังเวลา 08.00 น. และ หยุดเวลา 18.00 น. -เมื่อจะก่อให้เกิดเสียงดังเกินปกติจะต้องแจ้งเตือนสาธารณชนล่วงหน้า -นำเอามาตรการทุกชนิดมาใช้เพื่อป้องกันผลกระทบด้านเสียง -อธิบายให้ชุมชนโดยรอบทราบถึงชนิดของการก่อสร้าง ระยะเวลาและมาตรการลดผลกระทบ	-การทางพิเศษแห่ง-ประเทศไทย	-ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม
	การดำเนินการ	-ระดับเสียงจากการจราจรบนทางด่วนจะเพิ่มขึ้น	-ติดตั้งกำแพงกั้นเสียงแบบสะท้อนบนขอบทางด่วนใกล้ร.พ.บางปะกงเปียะเวช ระยะทางประมาณ 80 ม. ร.พ.บางปะกง ระยะทางประมาณ 100 ม. และบริเวณแฟลตเคหะชุมชนบางนา (ก.ม. 3+600) ระยะทางประมาณ 150 ม.	-การทางพิเศษแห่ง-ประเทศไทย	2,000,000 บาท

องค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา	สาเหตุของผลกระทบ ลักษณะผลกระทบ	มาตรการลดผลกระทบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
คุณภาพน้ำ	การก่อสร้าง	-การปรับสภาพพื้นที่และการเคลื่อนย้ายเครื่องมืออาจก่อให้เกิดความขุ่นและสารแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นในแม่น้ำ -ไขมันและน้ำมันจากสถานที่ก่อสร้างจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ	-วางแผนดำเนินกิจกรรมการก่อสร้างในบริเวณใกล้แม่น้ำในช่วงฤดูแล้ง -จำกัดพื้นที่ก่อสร้างเพื่อลดปริมาณตะกอนและการกัดเซาะลงสู่แหล่งน้ำ -ตรวจสอบเครื่องมือเป็นประจำเพื่อป้องกันการรั่วไหลของน้ำมันและก๊าซลงสู่แหล่งน้ำ -กำหนดบริเวณที่จอดน้ำมันให้ห่างจากแหล่งน้ำเพื่อลดปริมาณน้ำมันที่จะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ -จัดสร้างคันดักตะกอนที่วิดราวก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ	-กรมทางพิเศษแห่งประเทศไทย	-ไม่ต้องการงบประมาณเพิ่มเติม
	การดำเนินการ	-โครงการฯ จะก่อให้ระดับของน้ำมันและไขมันในทางน้ำเพิ่มขึ้น	-จัดเตรียมแผนฉุกเฉินในกรณีที่เกิดการรั่วไหลของน้ำมันหรืออุบัติเหตุ	-กรมทางพิเศษแห่งประเทศไทย	-ไม่ต้องการงบประมาณเพิ่มเติม
นิเวศวิทยาทางน้ำ	การก่อสร้าง	-ตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มขึ้นจากการปรับสภาพพื้นที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิทยาทางน้ำ	-วางแผนดำเนินการก่อสร้างในบริเวณที่อยู่ใกล้ทางน้ำให้เหมาะสม -หลีกเลี่ยงการทิ้งหรือระบายของเสียหรือขยะลงในแม่น้ำ -จำกัดพื้นที่การก่อสร้างเพื่อลดการกัดเซาะของหน้าดิน -ติดตั้งคันดักตะกอนเพื่อลดปริมาณตะกอนที่จะถูกชะลงแหล่งน้ำ	-กรมทางพิเศษแห่งประเทศไทย	-ไม่ต้องการงบประมาณเพิ่มเติม

องค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา	สาเหตุของผลกระทบ ลักษณะผลกระทบ	มาตรการลดผลกระทบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
นิเวศวิทยาทางน้ำ (ต่อ)	การดำเนินการ	-ในกรณีเกิดอุบัติเหตุใหญ่ ๆ หรือการรั่วไหลของก๊าซ/น้ำมันใกล้กับทางน้ำ อาจเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศน์ทางน้ำ	-จัดทำแผนฉุกเฉินในกรณีอุบัติเหตุการรั่วไหลของน้ำมัน/ก๊าซ -จำกัดความเร็วของพาหนะบนทางด่วนเพื่อลดอุบัติเหตุ	-การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	-ไม่ต้องการงบประมาณเพิ่มเติม
การใช้ที่ดิน	การก่อสร้างและดำเนินการ	-โครงการฯ จะมีผลกระทบต่อการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่ เช่น การขยายตัวของชุมชนการเพิ่มจำนวนโรงงานอุตสาหกรรม	-การเตรียมการเรื่องค่าทดแทน สำหรับผู้ที่ต้องอพยพจะต้องเหมาะสมและสะท้อนมูลค่าที่ดินในปัจจุบัน -รัฐบาลต้องกำหนดเขตการใช้ที่ดิน เพื่อการขยายตัวของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมให้เป็นไปตามกฎหมาย	-การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และสำนักผังเมือง	-งบประมาณในการทดแทนรวมอยู่ในราคาโครงการ

องค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา	สาเหตุของผลกระทบ ลักษณะผลกระทบ	มาตรการลดผลกระทบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
การคมนาคม	การก่อสร้าง	- กิจกรรมการก่อสร้างโครงการฯ จะขัดขวางและก่อให้เกิดความไม่สะดวกต่อการจราจรในเส้นทางท้องถิ่นและเส้นทางหลักที่แนวทางด่วนพาดผ่านหรือเป็นแนวเส้นทางที่ใช้ประโยชน์ในการขนส่งวัสดุของโครงการ	- ดำเนินการขนย้ายเครื่องมือในเวลาที่การจราจรไม่เร่งด่วน (ระหว่าง 22.00 - 04.00 น.) - นำเทคนิคการก่อสร้างและลำดับความสะดวกต่อการจราจรที่เหมาะสมมาใช้ - แจ้งให้ชาวบ้านท้องถิ่นทราบถึงตารางการก่อสร้างและเส้นทางการคมนาคมที่สามารถหลีกเลี่ยงไปใช้แทนได้ - การทางพิเศษฯ ต้องประสานงานกับตำรวจทางหลวงอย่างใกล้ชิด - กวดขันให้มีการรักษากฎจราจรอย่างเคร่งครัด - กั้นรั้วล้อมรอบบริเวณที่มีการก่อสร้างเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ - ติดตั้งเครื่องหมายเตือนผู้ขับขี่ยวดแขนล่วงหน้าก่อนเข้าสู่บริเวณก่อสร้าง	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และตำรวจทางหลวง	- ไม่ต้องการงบประมาณเพิ่มเติม
	การดำเนินการ	- โครงการฯ อาจมีการขัดขวางการติดต่อระหว่างชุมชนในบางจุด	- การทางพิเศษฯประสานงานกับกรมทางหลวงสร้างสะพานข้ามสำหรับคนเดินเท้า - กวดขันการปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด - ติดตั้งเครื่องหมายที่เหมาะสมตลอดเส้นทางด่วนและทางขึ้นลง	- กรมทางหลวง	-ไม่ต้องการงบประมาณเพิ่มเติม
สภาพเศรษฐกิจ-สังคม	การก่อสร้างและดำเนินการ	- การก่อสร้างและดำเนินโครงการจะให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเศรษฐกิจและสังคมสำหรับพื้นที่ระหว่างเมือง	- แนวทางปฏิบัติในการเวนคืนและการจ่ายค่าชดเชยต่อครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบต้องเป็นไปอย่างเป็นธรรม - การกำหนดค่าเวนคืนจะต้องนำเอาราคาที่ประเมินโดยหัวหน้าครัวเรือนมาใช้เป็นหลักและครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายในการโยกย้ายและค่าความสูญเสียทางสังคมด้วย	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	- งบประมาณส่วนนี้อยู่ในค่าก่อสร้างโครงการแล้ว

องค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา	สาเหตุของผลกระทบ ลักษณะผลกระทบ	มาตรการลดผลกระทบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
			- การทางพิเศษฯ จะให้ความสนใจและปฏิบัติตามมาตรการป้องกัน/ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจัง - นำเอาแนวคิดเรื่องพื้นที่สีเขียวมาใช้ทุกบริเวณเท่าที่เป็นไปได้ - การทางพิเศษฯ จะให้ความเอาใจใส่ต่อแผนการประชาสัมพันธ์มากขึ้น - อัตราการจ่ายค่าทดแทนสำหรับทรัพย์สินควรยึดหลักแนวคิดการทดแทนได้ - อัตราค่าทดแทนสำหรับสิ่งก่อสร้างควรครอบคลุมค่ารื้อถอน ค่าขนส่ง และอื่น ๆ		
ทัศนียภาพ	การก่อสร้าง	- โครงการจะตัดผ่านหรือใกล้เคียงอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่สำคัญ	- พิจารณาถึงลักษณะและโครงสร้างของทางด่วน นอกเหนือไปจากความเหมาะสมด้านวิศวกรรม - นำเทคนิคด้านภูมิสถาปัตยกรรมมาใช้เพื่อช่วยบดบังทางส่วนของโครงการฯ และทางด่วน	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	- งบประมาณในการปลูกต้นไม้รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายด้านภูมิทัศน์แล้ว

องค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา	สาเหตุของผลกระทบ ลักษณะผลกระทบ	มาตรการติดตามตรวจสอบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
คุณภาพน้ำ	การก่อสร้าง	- การปรับสภาพพื้นที่และการเคลื่อนย้ายเครื่องมือ อาจก่อให้เกิดความขุ่นและสารแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นในแม่น้ำลำคลอง - ไขมันและน้ำมันจากสถานที่ก่อสร้างจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ	- ตรวจวัดคุณภาพน้ำตามตารางนี้: pH, สารแขวนลอย, น้ำมันและไขมัน ตามจุดต่างๆ ดังต่อไปนี้ คลองพระองค์เจ้าไชยานุชิต คลองสมบวมพลี คลองจระเข้ใหญ่ คลองบางน้ำจืด คลองลาดกระบัง คลองบ้านระกาศ คลองบางพลีน้อย คลองสำโรง และคลองบางโฉลง โดยจุดเก็บตัวอย่างจะห่างจากจุดก่อสร้างในทิศทางต้นน้ำและท้ายน้ำในระยะ 50 ม. โดยเก็บตัวอย่างในระหว่างการปรับพื้นที่ ที่บริเวณแม่น้ำบางปะกงจะทำการเก็บตัวอย่างบริเวณปากอ่าวชายเลนและบริเวณเพาะเลี้ยงชายฝั่งที่อยู่ใกล้บริเวณก่อสร้างมากที่สุด ในช่วงทำการตอกเสาเข็มเป็นจำนวน 2 ครั้งมีระยะห่างประมาณ 1 เดือน - เปรียบเทียบผลการตรวจวัดกับค่ามาตรฐานโดยตารางนี้ pH น้ำมันและไขมัน ใช้มาตรฐาน สผ. ส่วนสารแขวนลอย ใช้มาตรฐานสากลที่กำหนดให้ปริมาณสารแขวนลอยในระหว่างการก่อสร้างต้องมีค่าไม่เกิน 10 ppm จากคุณภาพน้ำในสภาพปัจจุบัน	- การท่าเรือแห่งประเทศไทย	55,000.-/ปี

สรุปผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม มาตรการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ของโครงการทางด่วนสายบางนา-บางพลี-บางปะกง

องค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา	สาเหตุของผลกระทบ ลักษณะผลกระทบ	มาตรการติดตามตรวจสอบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
เสียง/ความสั่นสะเทือน	ก่อนการก่อสร้าง	-	- ตรวจวัดเสียง Leq(24),Leq(7-22)และ Leq(22-7) 1 วัน ณ บริเวณ ร.พ.ไทยนครินทร์ ร.พ.ปิยมินทร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียว ร.พ.บางนา1 และ ร.พ.บางนา2	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	15,000.-/ปี
			- ตรวจวัดความสั่นสะเทือน 1 วัน ณ บริเวณ ร.พ.บางนา1 และ ร.พ.บางนา2 เปรียบเทียบผลตรวจวัดกับค่ามาตรฐาน REIHER & MEISTER	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	7,000.-/ปี
	การดำเนินการ	-ระดับเสียงจากการจราจรบนทางด่วนจะเพิ่มขึ้น	- ตรวจวัดเสียง Leq (24),Leq (7-22) และ Leq (22-7) 3 วันต่อเนื่อง ณ บริเวณ ร.พ.ไทยนครินทร์ ร.พ.ปิยมินทร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียว ร.พ.บางนา1 และ ร.พ.บางนา2	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	45,000.-/ปี
			- เปรียบเทียบผลการตรวจวัดเสียงก่อนการก่อสร้างและภายหลังเปิดดำเนินการโดยระดับเสียงภายหลังเปิดดำเนินการจะต้องไม่สูงกว่าระดับเสียงก่อนการก่อสร้างเกิน 3 dB(A)		
			- ตรวจวัดความสั่นสะเทือน ณ บริเวณ ร.พ.บางนา1 และ ร.พ.บางนา2 3 วันต่อเนื่อง เปรียบเทียบผลการตรวจวัดกับมาตรฐาน REIHER & MEISTER	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	7,000.-/ปี
			- ระยะเวลาการตรวจวัดเสียงและความสั่นสะเทือนในระยะแรกตรวจวัด 3 ปีต่อเนื่อง หากผลการตรวจวัดไม่เปลี่ยนแปลงให้หยุดตรวจวัดและเริ่มตรวจวัดใหม่ตามความเหมาะสม		
คุณภาพน้ำ	ก่อนการก่อสร้าง	-	- ตรวจวัดคุณภาพน้ำตามดรรชนี: pH, สารแขวนลอย, น้ำมันและไขมัน ที่บริเวณแม่น้ำบางปะกงที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณน้ำชายเลน และบริเวณเพาะเลี้ยงชายฝั่งที่ใกล้บริเวณก่อสร้างมากที่สุด	- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	5,000.-/ปี

ภาคผนวก 2

- **เอกสารแนบประกอบมาตรการ**

2.1 เอกสารประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4485 (พ.ศ. 2555) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2540-2554

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๔๘๕ (พ.ศ. ๒๕๕๕)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เครื่องสูบโรโตไดนามิก - การทดสอบเพื่อการยอมรับด้านสมรรถนะเชิงไฮดรอลิก -

เกรด 1 และเกรด 2

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสูบโรโตไดนามิก - การทดสอบเพื่อการยอมรับด้านสมรรถนะเชิงไฮดรอลิก - เกรด 1 และเกรด 2 มาตรฐานเลขที่ มอก. 2554 - 2555 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๕

หม่อมราชวงศ์พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เครื่องสูบโรโตไดนามิก – การทดสอบเพื่อการยอมรับด้านสมรรถนะเชิงไฮดรอลิก – เกรด 1 และเกรด 2

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดการทดสอบเพื่อการยอมรับด้านสมรรถนะเชิงไฮดรอลิกของเครื่องสูบแบบโรโตไดนามิก (เครื่องสูบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ เครื่องสูบแบบไหลผสมและเครื่องสูบแบบไหลตามแกน ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "เครื่องสูบ") มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเครื่องสูบทุกขนาดและของเหลวที่สูบทุกชนิดที่มีคุณสมบัติเหมือนน้ำเย็นสะอาด (clean cold water) (ดังที่กำหนดไว้ในข้อ 5.4.5.2) แต่ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดโครงสร้างของเครื่องสูบและคุณสมบัติทางกลของส่วนประกอบเครื่องสูบ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ระบุความแม่นของการวัด 2 เกรด สำหรับเกรด 1 เป็นความแม่นสูงกว่าและเกรด 2 เป็นความแม่นต่ำกว่า เกรดเหล่านี้รวมถึงค่าความแตกต่างของตัวประกอบความคลาดเคลื่อนสำหรับค่าแกว่งที่ยอมให้และค่าความไม่แน่นอนในการวัด

สำหรับเครื่องสูบที่ผลิตเป็นอนุกรม ซึ่งเลือกจากเส้นโค้งสมรรถนะทั่วไป และสำหรับเครื่องสูบซึ่งมีกำลังไฟฟ้าด้านเข้าน้อยกว่า 10 กิโลวัตต์ ดูภาคผนวก ก. สำหรับตัวประกอบความคลาดเคลื่อนที่สูงกว่า

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้กับทั้งเครื่องสูบที่ไม่มีข้อต่อใด ๆ และเครื่องสูบที่มีข้อต่อร่วมของเครื่องสูบด้านต้นทางและ/หรือปลายทางทั้งหมดหรือบางส่วน

2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่ระบุต่อไปนี้ประกอบด้วยข้อกำหนดซึ่งใช้ประกอบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับที่ระบุเท่านั้น ไม่ใช้ฉบับที่แก้ไขหรือเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามผู้ที่เกี่ยวข้องอาจตกลงกันโดยยึดถือมาตรฐานระหว่างประเทศเพื่อตรวจสอบว่าสามารถใช้เอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุดได้เพียงใด ส่วนเอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ได้ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับล่าสุด

ISO 1438-1 *Water flow measurement in open channels using weirs and Venturi flumes – Part 1: Thin-plate weirs.*

ISO 2186 *Fluid flow in closed conduits – Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements.*

ISO 3354 *Measurement of clean water flow in closed conduits – Velocity-area method using, current-meters in full conduits and under regular flow conditions.*

ISO 3966 *Measurement of fluid flow in closed conduits – Velocity area method using Pilot static tubes.*

ISO 4373 *Measurement of liquid flow in open channels – Water-level measuring devices.*

ISO 5167-1 *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices – Part 1: Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full.*

ISO 5198 *Centrifugal, mixed flow and axial pumps – Code for hydraulic performance tests – Precision grade.*

ISO 7194 *Measurement of fluid flow in closed conduits – Velocity-area methods of flow measurement in swirling or asymmetric flow conditions in circular ducts by means of current-meters or Pilot-static tubes.*

ISO 8316 *Measurement of liquid flow in closed conduits – Method by collection of the liquid in a volumetric tank.*

ISO 9104 *Measurement of liquid flow in closed conduits – Methods of evaluating the performance of electromagmetic flow-meters for liquids.*

IEC 60034-2 *Recommendations for rotating electrical machinery (excluding machines for traction vehicles) – Part 2: Determination of efficiency of rotating electrical machinery.*

IEC 60051 *Recommendations for direct acting electrical measuring instruments and their accessories.*

3. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้เป็นดังต่อไปนี้

หมายเหตุ 1 บทนิยามโดยเฉพาะที่กำหนดสำหรับหัวน้ำ (head) และหัวน้ำด้านดูดสุทธิทางบวก (net positive suction head, NPSH) เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เท่านั้น แต่อาจไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานทั่วไปในไฮโดรไดนามิกส์ คำบางคำที่ใช้อยู่ทั่วไปไม่กำหนดเป็นบทนิยามไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

หมายเหตุ 2 รายการตามลำดับอักษรของสัญลักษณ์ที่ใช้ ให้ไว้ในตารางที่ 1 และรายการของตัวห้อย ให้ไว้ตารางที่ 2 ทุกสูตรในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดให้สอดคล้องกับหน่วย SI สำหรับการแปลงหน่วยอื่นให้เป็นหน่วย SI ดูภาคผนวก ง.

หมายเหตุ 3 เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดของการตีความ ควรนิยามซ้ำปริมาณและหน่วยที่กำหนดใน ISO 31 และเพิ่มเติมคำนิยามเหล่านี้ โดยให้ข้อมูลการใช้งานโดยเฉพาะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

3.1 ความเร็วเชิงมุม (angular velocity)

จำนวนของเรเดียนของเพลาต่อหน่วยเวลา

$$\omega = 2\pi n$$

3.2 ความเร็วรอบของการหมุน

จำนวนของรอบต่อหน่วยเวลา

3.3 ความหนาแน่น (density)

มวลต่อหน่วยปริมาตร

3.4 ความดัน (pressure)

แรงต่อหน่วยพื้นที่

หมายเหตุ ความดันทั้งหมดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นความดันเกจ คือ วัดเทียบกับความดันบรรยากาศ ยกเว้นความดันบรรยากาศและความดันไอซึ่งเป็นความดันสัมบูรณ์

3.5 กำลัง (power)

พลังงานที่ส่งผ่านต่อหน่วยเวลา

3.6 ตัวเลขเรย์โนลดส์ (Reynolds number, *Re*)

$$Re = \frac{UD}{\nu}$$

3.7 อัตราการไหลเชิงมวล (mass flow rate)

อัตราการไหลเชิงมวลภายนอกของเครื่องสูบ คือ อัตราการไหลที่ส่งออกจากช่องทางออกของเครื่องสูบเข้าไปในท่อ

หมายเหตุ 1 ความสูญเสียหรือการแยกออกไป ใช้เป็นสมบัติเฉพาะตัวในเครื่องสูบ ดังนี้

ก) การส่งออกที่จำเป็นเพื่อให้ได้ดุลไฮดรอลิกของแรงผลักดันตามแกน

ข) การหล่อเย็นของรองลื่นเครื่องสูบเอง

ค) ของเหลวสำหรับตัวกันรั่ว (packing)

หมายเหตุ 2 การรั่วจากข้อต่อ การรั่วภายใน ฯลฯ ไม่ถูกคิดรวมในอัตราการไหลในทางตรงกันข้ามการไหลทั้งหมดที่ได้มาจากจุดประสงค์อื่น เช่น

- การหล่อเย็นของรองลื่นมอเตอร์
- การหล่อเย็นของห้องเกียร์ (รองลื่น น้ำมันหล่อเย็น) ฯลฯ

ให้คิดรวมในอัตราการไหล

หมายเหตุ 3 การไหลเหล่านี้จะนำมาคิดหรือไม่และอย่างไร ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ได้มาและภาคตัดของการวัดการไหลตามลำดับ

3.8 อัตราการไหลเชิงปริมาตร (volume flow rate)

อัตราการไหลเชิงปริมาตรทางออก มีค่าดังต่อไปนี้

$$Q = \frac{q}{\rho}$$

หมายเหตุ ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้สัญลักษณ์ Q อาจระบุเป็นอัตราการไหลเชิงปริมาตรในภาคตัดที่กำหนดให้ใดๆ ซึ่งเป็นผลหารของอัตราการไหลเชิงมวลในภาคตัดนี้กับความหนาแน่น (ภาคตัดอาจระบุด้วยตัวห้อย)

3.9 ความเร็วเฉลี่ย (mean velocity)

ความเร็วตามแนวแกนเฉลี่ยของการไหล เท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรหารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางของท่อ

$$U = \frac{Q}{A}$$

หมายเหตุ คำนึงถึงความจริงที่ว่า ในกรณีนี้ Q อาจเปลี่ยนแปลงตามเหตุผลต่าง ๆ ตลอดวงจร

3.10 ความเร็วเฉพาะที่ (local velocity)

ความเร็วของการไหลที่จุดใดๆ

3.11 หัวน้ำ (head)

พลังงานต่อหน่วยมวลของของไหล หารด้วยความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง g

3.12 ระนาบอ้างอิง (reference plane)

ระนาบแนวระดับใดๆ ที่ใช้เป็นฐานสำหรับการวัดความสูง

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติไม่นิยมระบุระนาบอ้างอิงจินตภาพ

3.13 ความสูงเหนือระนาบอ้างอิง (high above reference plane)

ความสูงของจุดที่พิจารณาเหนือระนาบอ้างอิง

หมายเหตุ มีค่าเป็น

- บวก ถ้าจุดที่พิจารณาอยู่เหนือระนาบอ้างอิง
- ลบ ถ้าจุดที่พิจารณาอยู่ใต้ระนาบอ้างอิง

ดูรูปที่ 3 และรูปที่ 4

3.14 ความดันเกจ (gauge pressure)

ความดันที่วัดได้เทียบกับความดันบรรยากาศ

หมายเหตุ 1 มีค่าเป็น

- บวก ถ้าความดันนี้มากกว่าความดันบรรยากาศ
- ลบ ถ้าความดันนี้น้อยกว่าความดันบรรยากาศ

หมายเหตุ 2 ความดันทั้งหมดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นความดันเกจที่อ่านค่าจากแมนอมิเตอร์หรือเครื่องวัดความดันที่คล้ายกัน ยกเว้นความดันบรรยากาศและความดันไอของของเหลวซึ่งแสดงเป็นความดันสัมบูรณ์

3.15 หัวน้ำความเร็ว (velocity head)

พลังงานจลน์ต่อหน่วยมวลของของเหลวในขณะเคลื่อนที่หารด้วย g

$$\frac{U^2}{2g}$$

3.16 หัวน้ำรวม (total head)

ในภาคตัดใดๆ หัวน้ำรวมหาได้จาก

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\rho g} + \frac{U_x^2}{2g}$$

เมื่อ z คือความสูงของกึ่งกลางภาคตัดขวางเหนือระนาบอ้างอิง และ p คือความดันเกจที่วัดตรงกึ่งกลางภาคตัดขวาง

หมายเหตุ หัวน้ำรวมสัมบูรณ์ในภาคตัดใดๆ หาได้จาก

$$H_{x(\mathrm{abs})} = z_x + \frac{p_x}{\rho g} + \frac{p_{\mathrm{amb}}}{\rho g} + \frac{U_x^2}{2g}$$

3.17 หัวน้ำรวมทางเข้า (inlet total head)

หัวน้ำรวมในภาคตัดทางเข้าของเครื่องสูบ

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g}$$

3.18 หัวน้ำรวมทางออก (outlet total head)

หัวน้ำรวมในภาคตัดทางออกของเครื่องสูบ

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g}$$

3.19 หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ (pump total head)

ความแตกต่างทางพีชคณิตระหว่างหัวน้ำรวมทางออก H_2 กับหัวน้ำรวมทางเข้า H_1

หมายเหตุ 1 ถ้าสภาพอัดได้สามารถละได้ $H = H_2 - H_1$

ถ้าสภาพอัดได้ของของเหลวที่สูบมีนัยสำคัญ ความหนาแน่น ρ ควรแทนด้วยค่าเฉลี่ย

$$\rho_{\mathrm{m}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

และหัวน้ำรวมของเครื่องสูบควรคำนวณจากสูตร

$$H = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho_{\mathrm{m}} \cdot g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g}$$

หมายเหตุ 2 สัญลักษณ์ที่ถูกต้องทางคณิตศาสตร์จะเป็น H_{1-2}

3.20 พลังงานจำเพาะ (specific energy)

พลังงานต่อหน่วยมวลของของเหลว

$$y = gH$$

3.21 ความสูญเสียของหัวน้ำที่ทางเข้า (loss of head at inlet)

ความแตกต่างระหว่างหัวน้ำรวมของของเหลวที่จุดวัด กับหัวน้ำรวมของของเหลวในภาคตัดทางเข้าของเครื่องสูบ

3.22 ความสูญเสียของหัวน้ำที่ทางออก (loss of head at outlet)

ความแตกต่างระหว่างหัวน้ำรวมของของเหลวที่จุดวัด กับหัวน้ำรวมของของเหลวในภาคตัดทางออกของเครื่องสูบ

3.23 สัมประสิทธิ์ความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อ (pipe friction loss coefficient)

สัมประสิทธิ์สำหรับความสูญเสียหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ

3.24 หัวน้ำด้านดูดทางบวกสุทธิ (net positive suction head (NPSH))

หัวน้ำรวมทางเข้าสัมบูรณ์เหนือหัวน้ำซึ่งเท่ากับความดันไอที่วัดเทียบกับระนาบฐาน NPSH

$$\mathrm{NPSH} = H_1 - z_D + \frac{p_{amb} - p_v}{\rho_1 g}$$

หมายเหตุ NPSH นี้สัมพันธ์กับระนาบฐาน NPSH ส่วนหัวน้ำรวมทางเข้าสัมพันธ์กับระนาบอ้างอิง

3.25 ระนาบฐาน NPSH (NPSH datum plane) <เครื่องสูบแบบหลายขั้น>

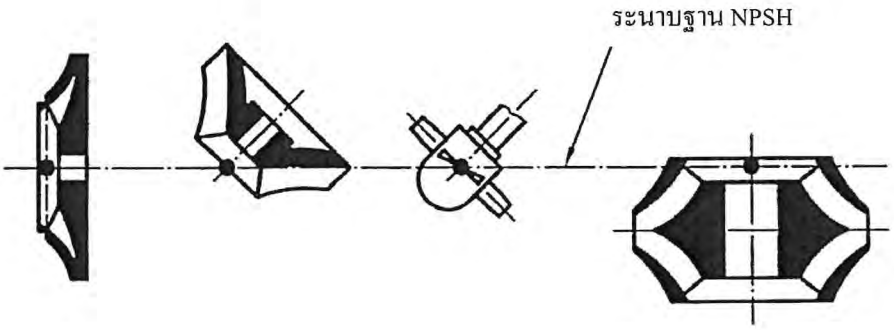
ระนาบแนวระดับผ่านกึ่งกลางวงกลมที่วาดด้วยจุดภายนอกของขอบจานใบพัดด้านเข้า

3.26 ระนาบฐาน NPSH (NPSH datum plane) <เครื่องสูบทางเข้าคู่ที่มีแกนอยู่ในแนวดิ่งหรือแนวเอียง>

ระนาบผ่านกึ่งกลางที่สูงกว่า

หมายเหตุ ผู้ทำควรชี้บอกตำแหน่งของระนาบนี้โดยอ้างถึงจุดอ้างอิงที่แน่นอนบนเครื่องสูบ

ดูรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระนาบฐาน NPSH

3.27 NPSH ที่มีได้ (available NPSH (NPSHA))

NPSH ที่มีได้ซึ่งหาได้จากภาวะของการติดตั้งสำหรับอัตราการไหลที่ระบุ

3.28 NPSH ที่ต้องการ (required NPSH (NPSHR))

NPSH ต่ำสุดที่ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ กำหนดให้สำหรับเครื่องสูบเพื่อให้มีสมรรถนะที่ระบุที่อัตราการไหล ความเร็ว และของเหลวที่สูบที่ระบุ (การเกิดคาวิเทชัน(cavitation) ที่มองเห็นได้ การเพิ่มขึ้นของเสียงรบกวนและการสั่นเนื่องจากคาวิเทชันการเริ่มมีการตกของหัวน้ำหรือประสิทธิภาพ การตกของหัวน้ำหรือประสิทธิภาพตามที่ระบุ ขีดจำกัดของการกร่อนเนื่องจากคาวิเทชัน)

3.29 NPSH3

NPSH ที่ต้องการเพื่อให้หัวน้ำรวมขั้นแรกของเครื่องสูบตกลงร้อยละ 3 ตามพื้นฐานมาตรฐานสำหรับใช้ในเส้นโค้งสมรรถนะ

3.30 เลขแบบ (type number)

ปริมาณไร้มิติซึ่งคำนวณที่จุดประสิทธิภาพดีที่สุดหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$K = \frac{2\pi n Q'^{1/2}}{(gH')^{3/4}} = \frac{\omega Q'^{1/2}}{y'^{3/4}}$$

เมื่อ Q' คืออัตราการไหลเชิงปริมาตรต่อรู (volume rate of flow per eye) และ H' คือหัวน้ำของขั้นแรก

หมายเหตุ เลขแบบหาได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของใบพัดขั้นแรก

3.31 กำลังด้านเข้าเครื่องสูบ (pump power input)

กำลังที่ส่งไปยังเครื่องสูบโดยตัวขับ

3.32 กำลังด้านออกเครื่องสูบ (pump power output)

กำลังทางกลที่ถ่ายโอนไปยังของเหลวในระหว่างที่ไหลผ่านเครื่องสูบ

$$P_u = \rho Q g H = \rho Q y$$

3.33 กำลังด้านเข้าตัวขับ (driver power input)

กำลังที่ดูดกลืนโดยตัวขับเครื่องสูบ

3.34 ประสิทธิภาพเครื่องสูบ (pump efficiency)

กำลังด้านออกเครื่องสูบหารด้วยกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ

$$\eta = \frac{P_u}{P}$$

3.35 ประสิทธิภาพโดยรวม (overall efficiency)

กำลังด้านออกเครื่องสูบหารด้วยกำลังด้านเข้าตัวขับ

$$\eta_{gr} = \frac{P_u}{P_{gr}}$$

ตารางที่ 1 รายการตัวอักษรพื้นฐานที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ เรียงตามลำดับตัวอักษร

สัญลักษณ์	ปริมาณ	หน่วย
A	พื้นที่	m^2
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง	m
E	พลังงาน	J
e	ความไม่แน่นอนโดยรวม ค่าสัมพัทธ์	%
f	ความถี่	s^{-1}, Hz
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง[ก]	m/s^2
H	หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ	m
H_J	ความสูญเสียในพจน์ของหัวน้ำของเหลว	m
k	ความหยาบสม่ำเสมอสมมูล	m
K	เลขแบบ	(ไม่มีหน่วย)
l	ความยาว	m
m	มวล	kg
n	ความเร็วรอบ	s^{-1}, min^{-1}
NPSH	หัวน้ำด้านดูดทางบวกสุทธิ	m
p	ความดัน	Pa
P	กำลัง	W
q	อัตราการไหลเชิงมวล[ข]	kg/s
Q	อัตราการไหลเชิงปริมาตร[ค]	m^3/s
Re	เลขเรย์โนลดส์	(ไม่มีหน่วย)
t	ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนเป็นค่าสัมพัทธ์	%
t	เวลา	s
T	ทอร์ก	Nm
U	ความเร็วเฉลี่ย	m/s
v	ความเร็วเฉพาะที่	m/s
V	ปริมาตร	m^3
y	พลังงานจำเพาะ	J/kg
z	ความสูงเหนือระนาบอ้างอิง	m
z_D	ความแตกต่างระหว่างระนาบฐาน NPSH (ดูข้อ 3.25) กับระนาบอ้างอิง	m
η	ประสิทธิภาพ	(ไม่มีหน่วย)
Θ	อุณหภูมิ	°C
λ	ตัวประกอบความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อ	(ไม่มีหน่วย)
ν	ความหนืดจลน์	m^2/s
ρ	ความหนาแน่น	kg/m^3
ω	ความเร็วเชิงมุม	rad/s

[ก] โดยหลักการ ควรใช้ค่าเฉพาะที่ของ g แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับเกรด 2 เพียงพอที่จะใช้ค่า 9.81 m/s^2 สำหรับการคำนวณค่าเฉพาะที่ $g = 9.7803(1+0.0053\sin^2\varphi) - 3\times10^{-6}\cdot z$ เมื่อ φ คือละติจูดและ z คือระดับความสูง

[ข] สัญลักษณ์ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับอัตราการไหลเชิงมวลคือ q_m

[ค] สัญลักษณ์ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับอัตราการไหลเชิงปริมาตรคือ q_v

ตารางที่ 2 รายการตัวอักษรและตัวเลข ที่ใช้เป็นตัวห้อย

ตัวห้อย	ความหมาย
1	ทางเข้า
1′	ภาคตัดที่วัดทางเข้า
2	ทางออก
2′	ภาคตัดที่วัดทางออก
abs	สัมบูรณ์
amb	โดยรอบ
D	ความแตกต่างจากฐาน
f	ของไหลในท่อที่วัด
G	รับประกัน
H	หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ
gr	ชุดมอเตอร์/เครื่องสูบรวมกัน (โดยรวม)
m	เฉลี่ย
M	แมนอมิเตอร์
n	ความเร็วรอบ
P	กำลัง
Q	อัตราการไหล (เชิงปริมาตร)
sp	ที่ระบุ
T	ทอร์ก ที่ทำให้เคลื่อนที่
u	ใช้ประโยชน์
v	ไอ (ความดัน)
η	ประสิทธิภาพ
x	ที่ภาคตัดใดๆ

4. การรับประกัน

4.1 หัวข้อการรับประกัน

จุดรับประกัน 1 จุดต้องระบุด้วยการไหลรับประกัน Q_G และหัวน้ำรับประกัน H_G

ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ รับประกันว่าภายใต้ภาวะที่ระบุและที่ความเร็วที่ระบุ (หรือในบางกรณีความถี่และแรงดันไฟฟ้า) เส้นโค้ง $H(Q)$ ที่วัดได้จะผ่านตลอดพิสัยความคลาดเคลื่อน (ดูตารางที่ 10 และรูปที่ 2) รอบจุดรับประกัน

พิสัยความคลาดเคลื่อนอื่น (เช่น ให้เพียงตัวประกอบความคลาดเคลื่อนทางบวก) อาจตกลงกันในสัญญา

นอกจากนี้ ปริมาณต่อไปนี้ 1 ข้อหรือมากกว่าอาจรับประกันภายใต้ภาวะที่ระบุและที่ความเร็วที่ระบุ

ก) ประสิทธิภาพเครื่องสูบ η_G หรือประสิทธิภาพรวม η_{grG} ในกรณีของชุดตัวขับเครื่องสูบโดยรวม

ข) หัวน้ำด้านดูดทางบวกสุทธิที่ต้องการ (NPSHR) ที่การไหลรับประกัน

} ที่อัตราการไหลซึ่งระบุในข้อ 6.4.2 และรูปที่ 2

โดยการตกลงกันเป็นพิเศษ อาจรับประกันจุดรับประกันหลายจุด และค่าต่างๆ ที่เหมาะสมของประสิทธิภาพและหัวน้ำด้านดูดทางบวกสุทธิที่ต้องการที่อัตราการไหลที่ลดลงหรือที่เพิ่มขึ้น อาจรับประกันกำลังด้านเข้าสูงสุดสำหรับการไหลรับประกันหรือสำหรับพิสัยการทำงาน อย่างไรก็ตาม อาจต้องการพิสัยความคลาดเคลื่อนกว้างขึ้นซึ่งต้องตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ

4.2 ภาวะอื่นของการรับประกัน

หากมิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น ต้องใช้ภาวะต่อไปนี้กับค่าที่รับประกัน

ก) หากมิได้ระบุสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของของเหลวที่สูบ จุดรับประกันต้องใช้กับน้ำเย็นสะอาด (ดูข้อ 5.4.5.2)

ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารับประกันภายใต้ภาวะน้ำเย็นสะอาดกับสมรรถนะที่น่าจะเกิดขึ้นภายใต้ภาวะของเหลวอื่นต้องตกลงกันในสัญญา

ค) การรับประกันจะใช้ได้เฉพาะเครื่องสูบที่ทดสอบด้วยวิธีและการจัดเตรียมการทดสอบที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เท่านั้น

ง) ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ เครื่องสูบไม่ได้รับผิดชอบในการกำหนด ข้อกำหนดคุณลักษณะของจุดรับประกัน

5. การปฏิบัติการทดสอบ

5.1 หัวข้อการทดสอบ

5.1.1 ทั่วไป

หากมิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่นระหว่าง ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ กับผู้ซื้อ ต้องใช้สิ่งต่อไปนี้

ก) ความแม่นตามเกรด 2

ข) การทดสอบต้องทำบนแท่นทดสอบที่โรงงานของผู้ทำ

ค) ไม่รวมการทดสอบ NPSH

การเบี่ยงเบนใดๆ จากสิ่งนี้ต้องตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ ซึ่งควรทำเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้และควรอย่างยิ่งที่จะทำให้เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา

ท่ามกลางสิ่งอื่นๆ การเบี่ยงเบนนั้นอาจเป็น

- ความแม่นตามเกรด 1
- ไม่มีตัวประกอบความคลาดเคลื่อนทางลบ (ดูข้อ 4.1)
- ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนที่สมนัยกับภาคผนวก ก.
- การประเมินทางสถิติของผลการวัดตามภาคผนวก ฌ.
- การทดสอบในห้องปฏิบัติการที่เป็นกลางหรือที่หน้างาน
- การเบี่ยงเบนจากข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องสูบและเครื่องวัด
- การสร้างเครื่องสูบที่จำลองขึ้น (เช่น โรเตอร์หลายตัวในเครื่องเดียวกัน)
- ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ NPSH

ภาคผนวก ฎ. แสดงแผ่นรายการตรวจสอบของรายการซึ่งแนะนำให้ตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ

5.1.2 การทดสอบตามสัญญา – ปฏิบัติตามการรับประกัน

การทดสอบเจตนาเพื่อให้แน่ใจในสมรรถนะของเครื่องสูบและเพื่อเปรียบเทียบสิ่งนี้กับการรับประกันของผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ

การรับประกันที่กำหนดไว้สำหรับปริมาณใดๆ ถือว่าเป็นไปตามที่กำหนด ถ้าสมรรถนะที่วัดได้อยู่ภายในความคลาดเคลื่อนที่ระบุสำหรับปริมาณเฉพาะ (ดูข้อ 6.) เมื่อทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เมื่อรับประกัน NPSHR ต้องระบุแบบของการทดสอบ (ดูข้อ 11.1.2)

เมื่อซื้อเครื่องสูบที่เหมือนกันจำนวนมาก จำนวนเครื่องสูบที่ทดสอบต้องตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ

5.1.3 การตรวจสอบเพิ่มเติม

ในระหว่างการทดสอบ ถ้าลักษณะของเครื่องสูบเป็นที่น่าพอใจเกี่ยวกับเรื่องอุณหภูมิของตัวกันรั่วและรองลื่น การรั่วของอากาศหรือน้ำ การเกิดเสียง และการสั่น อาจทำเป็นข้อสังเกตไว้

5.2 การจัดการทดสอบ

5.2.1 ทั่วไป

ทั้งผู้ซื้อและ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ มีสิทธิที่จะเป็นพยานในการทดสอบเหล่านี้

5.2.2 สถานที่ทดสอบ

5.2.2.1 การทดสอบที่โรงงาน

การทดสอบสมรรถนะควรทำที่โรงงานของผู้ทำ หรือที่สถานที่ซึ่งตกลงร่วมกันระหว่าง ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ กับผู้ซื้อ

5.2.2.2 การทดสอบที่หน้างาน

จำเป็นต้องมีการตกลงกันเป็นพิเศษสำหรับการทดสอบสมรรถนะที่หน้างาน เพื่อให้สามารถเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ได้ อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบกันว่าภาวะที่หน้างานส่วนใหญ่มักไม่เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ในกรณีเหล่านี้ การทดสอบสมรรถนะที่หน้างานอาจยังคงยอมรับได้หากผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมตกลงกันถึงวิธีการยอมรับสำหรับความไม่แม่นซึ่งจะส่งผลให้เปลี่ยนแปลงไปจากข้อกำหนดที่ระบุอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

5.2.3 วันที่ทดสอบ

วันที่ทดสอบต้องตกลงร่วมกันระหว่าง ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ กับผู้ซื้อ

5.2.4 เจ้าหน้าที่

การวัดที่แม่นไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องวัดที่ใช้เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความสามารถและความชำนาญของบุคคลที่ทำงานและอ่านค่าจากอุปกรณ์วัดในระหว่างการทดสอบ ต้องมีความระมัดระวังในการเลือกเจ้าหน้าทซึ่งมีผลกระทบกับการวัดเช่นเดียวกับการเลือกเครื่องทดสอบ

โดยทั่วไปผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เพียงพอในการวัดต้องทำงานและอ่านค่าจากเครื่องวัดที่ซับซ้อน ส่วนการอ่านค่าจากอุปกรณ์วัดอย่างง่ายอาจเป็นความรับผิดชอบของผู้ช่วย (ได้รับการแนะนำมาก่อนแล้ว) ผู้ซึ่งเชื่อได้ว่าอ่านค่าได้แม่นตามที่ต้องการและใช้ความระมัดระวังอย่างเหมาะสม

ต้องร่วมกันแต่งตั้งผู้ควบคุมดูแลการทดสอบที่มีประสบการณ์เพียงพอในการวัด ตามปกติเมื่อการทดสอบทำที่โรงงานของผู้ทำ ผู้ควบคุมดูแลการทดสอบคือสมาชิกเจ้าหน้าที่ของผู้ทำเครื่องสูบ

ในระหว่างการทดสอบ ทุกคนที่มีผลกระทบกับการวัดต้องอยู่ภายใต้การบังคับบัญชาของหัวหน้างานทดสอบผู้ซึ่งดำเนินการและควบคุมดูแลการวัด รายงานภาวะทดสอบและผลการทดสอบ และร่างรายงานการทดสอบ ข้อสงสัยทั้งหมดที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการวัดและการปฏิบัติขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของหัวหน้างานทดสอบ

ทุกฝ่ายต้องให้ความช่วยเหลือตามที่หัวหน้างานทดสอบเห็นว่าจำเป็น

5.2.5 สถานะของเครื่องสูบ

เมื่อการทดสอบไม่ได้ทำที่โรงงานของผู้ทำ ต้องยอมให้มีการปรับตั้งเบื้องต้นโดยทั้งผู้ทำและผู้ติดตั้ง

5.2.6 กำหนดการทดสอบ

กำหนดการและวิธีดำเนินการที่ต้องปฏิบัติในการทดสอบต้องเตรียมโดยผู้ควบคุมดูแลการทดสอบและเสนอให้ทั้ง ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ และผู้ซื้อในเวลาที่เพียงพอสำหรับการพิจารณาและเห็นชอบ

เฉพาะข้อมูลการทำงานที่รับประกัน (ดูข้อ 4.1) เท่านั้นที่ใช้เป็นพื้นฐานของการทดสอบ ข้อมูลอื่นที่หาได้จากการวัดในระหว่างการทดสอบเป็นเพียงเชิงชี้แนะ (ข้อแนะนำ) และต้องระบุด้วยถ้ารวมอยู่ในกำหนดการ

5.2.7 บริภัณฑ์ทดสอบ

เมื่อตัดสินใจเลือกวิธีดำเนินการวัด ต้องระบุเครื่องวัดและบันทึกที่ต้องการในเวลาเดียวกัน

ผู้ควบคุมดูแลการทดสอบต้องรับผิดชอบการตรวจสอบการติดตั้งที่ถูกต้องของเครื่องทดสอบและการทำหน้าที่ได้อย่างถูกต้อง

เครื่องวัดทั้งหมดต้องมีรายงานการสอบเทียบหรือการเปรียบเทียบตามมาตรฐาน ISO หรือ IEC อื่นซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 6.2 รายงานเหล่านี้ต้องสามารถแสดงได้ถ้าต้องการ

คำแนะนำสำหรับคาบที่เหมาะสมระหว่างการสอบเทียบเครื่องทดสอบให้ไว้ในภาคผนวก จ.

5.2.8 บันทึก

บันทึกการทดสอบและแผนภูมิบันทึกทั้งหมดต้องทำขึ้นโดยผู้ควบคุมดูแลการทดสอบและตัวแทนของทั้งผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ และผู้ซื้อ (ถ้ามี) ซึ่งแต่ละฝ่ายต้องได้รับสำเนาของบันทึกและแผนภูมิทั้งหมด

การประเมินผลการทดสอบต้องทำเท่าที่จะเป็นไปได้ในขณะที่ดำเนินการทดสอบ และต้องทำก่อนรื้อถอนชุดเครื่องทดสอบออกเพื่อให้การวัดที่มีข้อสงสัยสามารถทำซ้ำได้โดยไม่ชักช้า

5.2.9 รายงานการทดสอบ

หลังจากการพิจารณาอย่างถี่ถ้วน ต้องสรุปผลการทดสอบในรายงานซึ่งลงนามโดยผู้ควบคุมดูแลการทดสอบเพียงคนเดียวหรือลงนามร่วมกับตัวแทนของ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ และผู้ซื้อ

ทุกฝ่ายที่ระบุไว้ในสัญญาต้องได้รับสำเนาของรายงาน

รายงานการทดสอบควรมีข้อมูลดังต่อไปนี้

ก) สถานที่และวันที่ทำการทดสอบเพื่อยอมรับ

ข) ชื่อผู้ทำ แบบของเครื่องสูบ หมายเลขลำดับเครื่อง และ (ถ้าเป็นไปได้) ปีที่ทำ

ค) เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด มุมใบพัด หรือการชี้บ่งใบพัดในรูปแบบอื่น

ง) ลักษณะเฉพาะที่รับประกัน ภาวะการทำงานในระหว่างการทดสอบเพื่อยอมรับ

จ) ข้อกำหนดคุณลักษณะของตัวขับเครื่องสูบ

ฉ) แบบร่างของการจัดเตรียมการทดสอบ เส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัดที่วัด คำอธิบายวิธีดำเนินการทดสอบและเครื่องวัดที่ใช้รวมถึงข้อมูลการสอบเทียบ

ช) ค่าที่อ่าน

ซ) การประเมินและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ฌ) บทสรุป

- การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับปริมาณที่รับประกัน
- การได้มาซึ่งสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อตกลงพิเศษใดๆ
- การแนะนำว่าสามารถยอมรับเครื่องสูบได้หรือไม่ หรือควรปฏิเสธ และภายใต้ภาวะอะไร (ถ้าไม่เป็นไปตามการรับประกันทั้งหมด การตัดสินใจขั้นสุดท้ายว่าสามารถยอมรับเครื่องสูบได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับผู้ซื้อ)
- ข้อความที่นอกเหนือจากสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อตกลงพิเศษใดๆ

ใบบันทึกการทดสอบเครื่องสูบที่ให้ไว้เป็นข้อแนะนำอยู่ในภาคผนวก ญ.

5.3 การจัดเตรียมการทดสอบ

5.3.1 ทั่วไป

ภาวะที่จำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าการวัดเป็นไปตามข้อกำหนด ในส่วนของลักษณะเฉพาะของการทำงานระบุไว้ในข้อนี้ โดยคำนึงถึงความแม่นที่ต้องการสำหรับการทดสอบของเกรด 1 และเกรด 2

หมายเหตุ 1 สมรรถนะของเครื่องสูบในการจัดเตรียมการทดสอบที่ให้ ถึงแม้ว่าจะวัดอย่างแม่นก็ไม่สามารถยึดถือเป็นการชี้บอกความแม่นที่สมนัยกับสมรรถนะของเครื่องสูบในการจัดเตรียมอื่น

หมายเหตุ 2 การแนะนำและคำแนะนำทั่วไปเกี่ยวกับการจัดเตรียมท่อที่เหมาะสมเพื่อให้แน่ใจว่าการวัดเป็นไปตามข้อกำหนดให้ไว้ในข้อ 7. และข้อ 8. และ (ถ้าจำเป็น) สามารถใช้ร่วมกับมาตรฐานการวัดอัตราการไหลในท่อปิดในวิธีที่ต่างกัน (ดูข้อ 7.)

5.3.2 การจัดเตรียมการทดสอบมาตรฐาน

ภาวะของการวัดที่ดีที่สุดได้มาเมื่อการไหลในภาคตัดที่วัดมี

- การกระจายความเร็วสมมาตรตามแนวแกน
- การกระจายความดันสถิตสม่ำเสมอ
- ปราศจากการหมุนวนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการติดตั้ง

สำหรับเกรด 1 และเกรด 2 ไม่จำเป็นต้องทวนสอบ เพราะในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เป็นไปตามข้อกำหนดเหล่านี้ได้ทั้งหมด

เป็นไปได้ที่จะป้องกันการกระจายความเร็วที่ไม่เพียงพอหรือการหมุนวน ด้วยการหลีกเลี่ยงส่วนดัดโค้งหรือส่วนที่ประกอบด้วยส่วนดัดโค้งต่างๆ หลายส่วน การต่อขยายใดๆ หรือความไม่ต่อเนื่องใดๆ ในหน้าตัดตามขวางในบริเวณใกล้เคียง (น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ) ภาคตัดที่วัด

โดยทั่วไปผลกระทบของภาวะการไหลทางเข้าจะเพิ่มขึ้นตามเลขแบบ K ของเครื่องสูบ เมื่อ $K > 1.2$ แนะนำให้จำลองภาวะที่หน้างาน

สำหรับการจัดเตรียมการทดสอบมาตรฐาน แนะนำให้ต่อท่อนำจากถังเก็บน้ำที่มีพื้นผิวอิสระ หรือจากท่อลดคลื่นขนาดใหญ่ในวงจรปิด ความยาวตรงทางเข้า L ต้องหาจากสูตร: $L/D = K + 5$ เมื่อ D คือเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ซึ่งมีผลใช้ได้เฉพาะสำหรับการทดสอบเกรด 1

สูตรนี้มีผลใช้ได้สำหรับการจัดเตรียมที่รวม (ที่ระยะ L ด้านต้นทาง) การดัดโค้งมุมฉากอย่างง่ายซึ่งไม่มีใบนำร่องติดตั้งอยู่ ภายใต้ภาวะเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องมีตัวดัดการไหลให้ตรง (flow straighter) ในท่อระหว่างส่วนดัดโค้งกับเครื่องสูบ อย่างไรก็ตาม ในวงจรปิดซึ่งไม่มีทั้งถังเก็บน้ำและท่อลดคลื่นใกล้กับด้านต้นทางของเครื่องสูบ จำเป็นต้องแน่ใจว่าการไหลเข้าในเครื่องสูบปราศจากการหมุนวนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการติดตั้งและมีการกระจายความเร็วสมมาตรปกติ

การหมุนวนที่มีนัยสำคัญสามารถหลีกเลี่ยงได้โดย

- การออกแบบวงจรทดสอบด้านต้นทางของภาคตัดที่วัดอย่างระมัดระวัง
- การใช้ตัวดัดการไหลให้ตรงอย่างรอบคอบ
- การจัดเตรียมตัวต่อแยกความดันอย่างเหมาะสม เพื่อลดอิทธิพลที่มีกับการวัดให้น้อยที่สุด

ไม่แนะนำให้ติดตั้ง ลิ้นปีกผีเสื้อ (throttle valve)ในท่อด้านดูด (ดูข้อ 5.4.4) แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น การทดสอบการเกิดคาวิเทชัน ความยาวท่อตรงระหว่างวาล์วกับทางเข้าเครื่องสูบควรเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 11.2.2

5.3.3 การจัดเตรียมการทดสอบที่จำลองขึ้น

จากเหตุผลที่ให้ไว้ข้างต้น เป็นที่ตกลงกันว่าให้ทดสอบเครื่องสูบในภาวะที่หน้างานที่จำลองขึ้น เป็นสิ่งสำคัญที่ทางเข้าของวงจรที่จำลองขึ้น การไหลควรปราศจากการหมุนวนที่มีนัยสำคัญซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการติดตั้งและมีการกระจายความเร็วสมมาตรเท่าที่จะเป็นไปได้ การเตรียมที่จำเป็นทั้งหมดต้องทำเพื่อให้แน่ใจว่ามีภาวะเหล่านี้

ถ้าจำเป็น สำหรับการทดสอบเกรด 1 การกระจายความเร็วของการไหลเข้าในวงจรที่จำลองขึ้นต้องหาจากการใช้พิโทต์ทิวบ์ (Pitot tube) วัดตามขวางท่ออย่างระมัดระวัง เพื่อให้มีลักษณะเฉพาะการไหลที่ต้องการ ถ้าไม่สามารถทำได้ ลักษณะเฉพาะที่ต้องการสามารถหาได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น ตัวดัดการไหลให้ตรงที่ติดตั้งเพื่อปรับแก้ความผิดพร่องในการไหล (การหมุนวนหรือไม่สมมาตร) ข้อกำหนดคุณลักษณะของตัวดัดการไหลให้ตรงแบบที่ใช้กันส่วนใหญ่สามารถพบได้ใน ISO 7194 แต่ต้องระมัดระวังเพื่อให้แน่ใจว่าภาวะการทดสอบจะไม่มีผลกระทบจากการสูญเสียความดันเนื่องจากอุปกรณ์ดัดตรงบางอย่าง

5.3.4 เครื่องสูบที่ทดสอบกับข้อต่อ

ถ้าระบุไว้ในสัญญา การทดสอบมาตรฐานสามารถทำกับเครื่องสูบที่รวมกับสิ่งต่อไปนี้:

ก) ข้อต่อที่เกี่ยวข้องในการติดตั้งที่หน้างานขั้นสุดท้าย หรือ

ข) การผลิตซ้ำที่ตรงกับตัวเครื่องสูบเอง หรือ

ค) ข้อต่อสำหรับจุดประสงค์การทดสอบและใช้เป็นส่วนของเครื่องสูบเอง

การไหลที่ทางเข้าและทางออกของชุดรวมต้องเป็นไปตาม ข้อกำหนดที่ระบุในข้อ 5.3.2

การวัดต้องทำตามข้อ 8.2.2

5.3.5 การติดตั้งเครื่องสูบภายใต้ภาวะจุ่มในของเหลว

ในกรณีที่เครื่องสูบ หรือชุดรวมของเครื่องสูบและข้อต่อของเครื่องสูบ ถูกทดสอบหรือติดตั้งในภาวะที่การติดตั้งท่อมาตรฐานตามที่อธิบายในข้อ 5.3.2 ไม่สามารถทำได้เนื่องจากเข้าถึงไม่ได้หรือจุ่มในของเหลว การวัดต้องทำตามข้อ 8.2.3

5.3.6 เครื่องสูบแบบหลุมเจาะและแบบบ่อลึก

เครื่องสูบแบบหลุมเจาะและแบบบ่อลึก โดยทั่วไปไม่สามารถทดสอบกับความยาวสมบูรณ์ของส่วนหลักที่ส่งมอบได้ ดังนั้นความสูญเสียหัวน้ำในส่วนที่แตกต่างและกำลังที่ดูดกลืนโดยเพลาใดๆ จึงไม่นำมาคิดรวม รองลื่นแบบรับแรงผลัก (trust bearing) จะมีโหลดในระหว่างการทดสอบน้อยกว่าในการติดตั้งขั้นสุดท้าย การวัดต้องทำตามข้อ 8.2.3

5.3.7 เครื่องสูบแบบเซลฟ์ไพรมิ่ง (self-priming pumps)

โดยหลักการ ความสามารถในการดูดของเครื่องสูบแบบเซลฟ์ไพรมิ่ง ต้องทวนสอบที่หัวน้ำสถิตด้านดูดตามสัญญาซึ่งมีท่อทางเข้าที่ติดตั้งเทียบเท่ากับการติดตั้งขั้นสุดท้าย เมื่อการทดสอบไม่สามารถทำอย่างที่อธิบายได้ การจัดเตรียมการทดสอบที่ใช้ต้องระบุในสัญญา

5.4 ภาวะการทดสอบ

5.4.1 วิธีดำเนินการทดสอบ

ระยะเวลาการทดสอบต้องเพียงพอเพื่อให้ได้ผลที่สอดคล้องกับระดับความแม่นที่ต้องการ

การวัดทั้งหมดต้องทำภายใต้ภาวะคงตัวของการทำงานหรือภาวะไม่คงตัวภายในขีดจำกัดที่ให้ไว้ในตารางที่ 4

การตัดสินใจทำการวัดเมื่อไม่สามารถทำให้มีภาวะเหล่านั้นได้ ต้องเป็นการตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง การทวนสอบจุดรับประกันต้องได้จากการบันทึกจุดวัดอย่างน้อย 3 จุด (การทดสอบเกรด 2) หรือ 5 จุด (การทดสอบเกรด 1) เป็นกลุ่มใกล้กันและสม่ำเสมอรอบจุดรับประกัน เช่น ระหว่าง 0.9 Q_G กับ 1.1 Q_G

ในกรณีที่จำเป็นต้องหาสมรรถนะตลอดพิสัยภาวะการทำงานเนื่องจากมีเหตุผลพิเศษ ต้องมีจำนวนของจุดวัดที่เพียงพอเพื่อให้มีสมรรถนะภายในขีดจำกัดของความไม่แน่นอนตามที่ระบุในข้อ 6.2

ถ้ากำลังขับที่มีได้ในระหว่างการทดสอบบนแท่นทดสอบไม่เพียงพอ และถ้าการทดสอบต้องทำที่ความเร็วรอบที่ลดลง ผลการทดสอบต้องปรับค่าไปที่ความเร็วรอบที่ระบุตามข้อ 6.1.2

5.4.2 เสถียรภาพการทำงาน

5.4.2.1 ข้อสังเกตทั่วไป

สำหรับจุดประสงค์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

ก) การกระเพื่อม (fluctuation) : การเปลี่ยนแปลงในคาบสั้นๆ รอบค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณทางกายภาพที่วัดได้ในระหว่างเวลาที่ทำการอ่านค่าค่าเดียว

ข) การแปรผัน (variation) : การเปลี่ยนแปลงค่าซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการอ่านค่าครั้งหนึ่งกับการอ่านค่าครั้งถัดไป

5.4.2.2 การกระเพื่อมที่ยอมให้ในการอ่านค่าและการใช้การหน่วง

5.4.2.2.1 การสังเกตด้วยสายตาโดยตรงของสัญญาณที่ได้จากระบบการวัด

สำหรับแต่ละปริมาณที่วัดได้ ขนาดการกระเพื่อมที่ยอมให้ดังในตารางที่ 3

ในกรณีที่การสร้างหรือการทำงานของเครื่องสูบมีขนาดการกระเพื่อมมาก การวัดอาจทำโดยมีอุปกรณ์หน่วงในเครื่องวัดหรือสายต่อซึ่งสามารถลดขนาดการกระเพื่อมลงให้อยู่ภายในค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 3

เนื่องจากเป็นไปได้ที่การหน่วงจะมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญกับความแม่นของการอ่านค่า จึงต้องใช้อุปกรณ์หน่วงที่สมมาตรและเป็นเชิงเส้น เช่น หลอดคะพิลลารี (capillary tube) ซึ่งต้องมีการอินทิเกรตตลอดอย่างน้อย 1 วัฏจักรสมบูรณ์ของการกระเพื่อม

ตารางที่ 3 ขนาดของการกระเพื่อมที่ยอมให้เป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยของปริมาณที่วัดได้

ปริมาณที่วัดได้	ขนาดของการกระเพื่อมที่ยอมให้	
	เกรด 1 %	เกรด 2 %
อัตราการไหล หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ ทอร์ก กำลังด้านเข้า	± 3	± 6
ความเร็วรอบ	± 1	± 2
เมื่อใช้อุปกรณ์ความดันต่างวัดอัตราการไหล ขนาดการกระเพื่อมที่ยอมให้ของความดันต่างที่สังเกตต้องเป็น ± 6 % สำหรับเกรด 1 และ ± 12 % สำหรับเกรด 2 ในกรณีของการวัดแยกของความดันรวมทางเข้าและความดันรวมทางออก ขนาดการกระเพื่อมที่ยอมให้สูงสุดต้องคำนวณจากหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ		

5.4.2.2.2 การบันทึกอัตโนมัติหรือการอินทิเกรตสัญญาณที่ได้จากระบบการวัด

เมื่อสัญญาณที่ได้จากระบบการวัดถูกบันทึกอัตโนมัติหรืออินทิเกรตโดยอุปกรณ์วัด ขนาดการกระเพื่อมที่ยอมให้สูงสุดของสัญญาณเหล่านี้อาจสูงกว่าค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 3 ถ้า

ก) ระบบการวัดที่ใช้รวมอุปกรณ์อินทิเกรตที่ทำงานอัตโนมัติ โดยมีความแม่นที่ต้องการ การอินทิเกรตที่จำเป็นในการคำนวณค่าเฉลี่ยตลอดคาบการอินทิเกรตนานกว่าเวลาตอบสนองของระบบที่สมนัยกันมาก

ข) การอินทิเกรตที่จำเป็นในการคำนวณค่าเฉลี่ยอาจทำหลังจากบันทึกสัญญาณแอนะล็อก $x(t)$ แบบต่อเนื่องหรือแบบสุ่ม (ภาวะการสุ่มควรระบุไว้ในรายงานการทดสอบ)

5.4.2.3 จำนวนชุดของการสังเกต

5.4.2.3.1 ภาวะคงตัว

ภาวะการทดสอบถือว่าคงตัว ถ้าค่าเฉลี่ยของปริมาณทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง (อัตราการไหล หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ กำลังด้านเข้า ทอร์ก และความเร็วรอบ) ไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ในทางปฏิบัติ ภาวะการทดสอบอาจถือว่าคงตัวถ้าการแปรผันของแต่ละปริมาณ (ที่สังเกตที่จุดทำงานทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 10 วินาที) ไม่เกินค่าที่ให้ในส่วนบนของตารางที่ 4 ถ้าเป็นไปตามภาวะนี้ และถ้าการกระเพื่อมน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ในตารางที่ 3 การอ่านค่าเพียง 1 ชุด ของแต่ละปริมาณจะถูกบันทึกสำหรับจุดทดสอบที่พิจารณา

5.4.2.3.2 ภาวะไม่คงตัว

ในกรณีที่ความไม่คงตัวของภาวะการทดสอบทำให้เกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับความแม่นของการทดสอบ ต้องทำตามวิธีดำเนินการต่อไปนี้

ที่จุดทดสอบแต่ละจุด การอ่านค่าปริมาณที่วัดได้ซ้ำต้องทำในช่วงเวลาแบบสุ่ม แต่ไม่น้อยกว่า 10 วินาที โดยยอมให้ควบคุมความเร็วรอบและอุณหภูมิเท่านั้น การปรับตั้งทั้งหมดของลิ้นปีกผีเสื้อ ระดับน้ำ ปลอก(gland) น้ำปรับสมดุล ฯลฯ ต้องปล่อยไว้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ

ความแตกต่างระหว่างค่าที่อ่านซ้ำปริมาณเดียวกันจะวัดความไม่คงตัวของภาวะการทดสอบ ซึ่งอย่างน้อยได้รับอิทธิพลบางส่วนจากเครื่องสูบที่ทดสอบเช่นเดียวกับจากการติดตั้ง

ที่แต่ละจุดทดสอบต้องอ่านค่าอย่างน้อย 3 ชุด และต้องบันทึกค่าจากการอ่านค่าแยกกันแต่ละครั้งและประสิทธิภาพที่หาได้จากการอ่านค่าแต่ละชุด ความแตกต่างเป็นร้อยละระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุดของแต่ละปริมาณต้องไม่มากกว่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 4 ควรสังเกตว่ายอมให้มีความแตกต่างเพิ่มขึ้นถ้าจำนวนการอ่านค่าเพิ่มขึ้น (ดูตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ขีดจำกัดของการแปรผันระหว่างการวัดซ้ำของปริมาณเดียวกัน

(บนพื้นฐานของขีดจำกัดความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ภาวะ	จำนวนชุดของการอ่านค่า	ความแตกต่างที่ยอมให้ระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุดที่อ่านได้ของแต่ละปริมาณ เทียบกับค่าเฉลี่ย			
		อัตราการไหล, หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ, ทอร์ก, กำลังด้านเข้า		ความเร็วรอบ	
		เกรด 1 %	เกรด 2 %	เกรด 1 %	เกรด 2 %
คงตัว	1	0.6	1.2	0.2	0.4
ไม่คงตัว	3	0.8	1.8	0.3	0.6
	5	1.6	3.5	0.5	1.0
	7	2.2	4.5	0.7	1.4
	9	2.8	5.8	0.8	1.6
	13	2.9	5.9	0.9	1.8
	>20	3.0	6.0	1.0	2.0

ความแตกต่างที่ยอมให้สูงสุดเหล่านี้ออกแบบเพื่อให้แน่ใจว่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการกระจายร่วมกับความไม่แน่นอนแบบมีระบบที่ให้ไว้ในตารางที่ 7 จะส่งผลกับความไม่แน่นอนในการวัดโดยรวมไม่มากกว่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 8

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าที่อ่านได้ทั้งหมดสำหรับแต่ละปริมาณต้องใช้เป็นค่าจริงสำหรับจุดประสงค์ของการทดสอบ

ถ้าไม่สามารถทำให้ถึงค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 4 ได้ ต้องหาสาเหตุ แก้ไขภาวะและอ่านค่าใหม่ทั้งชุด นั่นคือต้องไม่นำค่าทั้งหมดในชุดเดิมมาใช้ เพราะอยู่ภายนอกขีดจำกัด

ในกรณีที่ความแปรผันที่เกินไม่ได้มาจากวิธีการหรือความผิดพลาดของเครื่องทดสอบและไม่สามารถขจัดได้ ขีดจำกัดของความผิดผลาดสามารถคำนวณ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ

5.4.3 ความเร็วรอบในระหว่างการทดสอบ

หากมิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น การทดสอบอาจทำที่ความเร็วรอบทดสอบภายในพิสัยร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 120 ของความเร็วรอบที่ระบุเพื่อสร้างอัตราการไหล หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ และกำลังด้านเข้า อย่างไรก็ตาม ควรสังเกตว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าร้อยละ 20 จากความเร็วรอบที่ระบุอาจมีผลกระทบกับประสิทธิภาพ

สำหรับการทดสอบ NPSH ความเร็วรอบทดสอบควรอยู่ภายในพิสัยร้อยละ 80 ถึงร้อยละ 120 ของความเร็วรอบที่ระบุ หากอัตราการไหลอยู่ภายในร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 120 ของอัตราการไหลที่สมนัยกับประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วรอบทดสอบ

หมายเหตุ สำหรับการทดสอบที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 11.1.2.1 และข้อ 11.1.2.2 อาจยอมให้มีการแปรผันที่กล่าวถึงข้างต้นได้ทุกครั้ง สำหรับการทดสอบที่เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 11.1.2.3 อาจยอมให้สำหรับเครื่องสูบที่มีเลขแบบ K น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2; สำหรับเครื่องสูบที่มีเลขแบบ K มากกว่า 2 ควรตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

5.4.4 การปรับตั้งหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ

ภาวะการทดสอบอาจได้มา (หนึ่งในวิธีอื่นๆ) โดยใช้การปรับวาวล์ในท่อทางเข้าหรือท่อทางออก หรือทั้งสองท่อ เมื่อใช้การปรับวาวล์ในท่อทางเข้า ต้องมีการพิจารณาอย่างถูกต้องถึงความเป็นไปได้ของการเกิดคาวิเทชันหรืออากาศที่ออกมากับน้ำ ซึ่งอาจมีผลกระทบกับการทำงานของเครื่องสูบ อุปกรณ์วัดการไหล หรือทั้งสองอย่าง (ดูข้อ 11.2.2)

5.4.5 การทดสอบเครื่องสูบสำหรับของเหลวอื่นที่ไม่ใช่น้ำเย็นสะอาด

5.4.5.1 ทั่วไป

สมรรถนะของเครื่องสูบค่อนข้างจะแปรผันตามสภาพของของเหลวที่สูบ ถึงแม้ว่าไม่สามารถตั้งเป็นกฎทั่วไปที่สามารถใช้ได้กับสมรรถนะของน้ำเย็นสะอาดเพื่อคาดคะเนสมรรถนะของของเหลวอื่น บ่อยครั้งที่ผู้ที่เกี่ยวข้องต้องตกลงกันบนกฎโดยประสบการณ์เพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์เฉพาะ จึงทดสอบเครื่องสูบด้วยน้ำเย็นสะอาด

อาจพิจารณาภาคผนวก ช. และภาคผนวก ซ. เป็นแนวทาง

5.4.5.2 ลักษณะเฉพาะของ "น้ำเย็นสะอาด"

ลักษณะเฉพาะของน้ำที่สมนัยกับสิ่งที่เรียกในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ว่า "น้ำเย็นสะอาด" ต้องอยู่ภายในขีดจำกัดที่ระบุในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อกำหนดคุณลักษณะของ "น้ำเย็นสะอาด"

ลักษณะเฉพาะ	หน่วย	ค่าสูงสุด
อุณหภูมิ	°C	40
ความหนืดจลน์	m^2/s	1.75×10^{-6}
ความหนาแน่น	kg/m^3	1 050
ปริมาณของแข็งอิสระที่ไม่ดูดซึมน้ำ	kg/m^3	2.5
ปริมาณของแข็งที่ละลาย	kg/m^3	50

ปริมาณก๊าซอิสระและก๊าซที่ละลายรวมของน้ำต้องไม่เกินปริมาตรอิ่มตัวที่สัมนัยกับ

- ความดันและอุณหภูมิในอ่างเครื่องสูบ สำหรับวงจรเปิด (open circuit)
- ความดันและอุณหภูมิในแท็งก์ สำหรับวงรอบปิด (closed loop)

5.4.5.3 ลักษณะเฉพาะของของเหลวที่การทดสอบน้ำเย็นสะอาดยอมรับได้

เครื่องสูบสำหรับของเหลวอื่นที่ไม่ใช่น้ำเย็นสะอาดอาจทดสอบหัวน้ำ อัตราการไหล และประสิทธิภาพด้วยน้ำเย็นสะอาดถ้าของเหลวอยู่ภายในข้อกำหนดคุณลักษณะในตารางที่ 6[1)]

ตารางที่ 6 ลักษณะเฉพาะของของเหลว

ลักษณะเฉพาะของของเหลว	หน่วย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ความหนืดจลน์	m^2/s	ไม่จำกัด	10×10^{-6}
ความหนาแน่น	kg/m^3	450	2 000
ปริมาณของแข็งอิสระที่ไม่ดูดซึมน้ำ	kg/m^3	-	5.0

ปริมาณก๊าซอิสระและก๊าซที่ละลายรวมของของเหลวต้องไม่เกินปริมาตรอิ่มตัวที่สัมนัยกับ

- ความดันและอุณหภูมิในอ่างเครื่องสูบ สำหรับวงจรเปิด
- ความดันและอุณหภูมิในแท็งก์ สำหรับวงรอบปิด

การทดสอบเครื่องสูบสำหรับของเหลวอื่นที่ไม่ใช่ของเหลวที่ระบุข้างต้นต้องตกลงกันเป็นพิเศษ

ในกรณีที่ไม่มีการตกลงกันเป็นพิเศษ การทดสอบการเกิดคาวิเทชันต้องทำกับน้ำเย็นสะอาด คำนึงถึงความจริงที่ว่าผลลัพธ์อาจมีผลกระทบจากวิธีดำเนินการนี้เมื่อของเหลวที่สูบไม่ใช่น้ำเย็นสะอาด

6. การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

6.1 การแปลงผลการทดสอบที่ภาวะการรับประกัน

6.1.1 ทั่วไป

ปริมาณที่ต้องการเพื่อทวนสอบลักษณะเฉพาะที่รับประกันโดย ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ และที่ให้ไว้ในข้อ 4.1 โดยทั่วไปวัดภายใต้ภาวะที่ต่างกันมากกว่าหรือน้อยกว่าภาวะที่อยู่บนพื้นฐานการรับประกัน เพื่อที่จะหาว่าเป็นไปตามการรับประกันหรือไม่ถ้าการทดสอบทำภายใต้ภาวะการรับประกัน จึงจำเป็นต้องแปลงปริมาณที่วัดได้ภายใต้ภาวะที่ต่างกันให้เป็นปริมาณที่วัดได้ภายใต้ภาวะการรับประกัน

6.1.2 การแปลงผลการทดสอบให้เป็นข้อมูลบนพื้นฐานของความเร็วรอบ (หรือความถี่) ที่ระบุ และความหนาแน่น

[1)] เส้นโค้ง NPSHR ของผู้ทำเครื่องสูบตามปกติสร้างขึ้นโดยใช้น้ำเย็นสะอาด และค่า NPSHR ให้ไว้สำหรับน้ำเย็นสะอาดเสมอ

ข้อมูลการทดสอบทั้งหมดที่หาได้ที่ความเร็วรอบ n ซึ่งมีการเบี่ยงเบนจากความเร็วรอบที่ระบุ n_{sp} ต้องแปลงให้อยู่บนพื้นฐานของความเร็วรอบที่ระบุ n_{sp}

ถ้าความเร็วรอบทดสอบ n เบี่ยงเบนจากความเร็วรอบที่ระบุ n_{sp} ไม่เกินการแปรผันที่ยอมให้ซึ่งระบุในข้อ 5.4.3 และถ้าการเบี่ยงเบนของของเหลวทดสอบจากของเหลวที่ระบุอยู่ภายในขีดจำกัดที่ระบุในข้อ 5.4.5.3 ข้อมูลที่วัดได้ที่อัตราการไหล Q หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ H กำลังด้านเข้า P และประสิทธิภาพเครื่องสูบ η สามารถแปลงด้วยสมการ:

$$Q_T = Q\frac{n_{sp}}{n}$$

$$H_T = H\left(\frac{n_{sp}}{n}\right)^2$$

$$P_T = P\left(\frac{n_{sp}}{n}\right)^3 \cdot \frac{\rho_{sp}}{\rho}$$

$$\eta_T = \eta$$

และผลลัพธ์ที่ได้สำหรับ NPSHR สามารถแปลงด้วยสมการ

$$(\text{NPSHR})_T = (\text{NPSHR})\left(\frac{n_{sp}}{n}\right)^x$$

ในการประมาณครั้งแรกสำหรับ NPSH อาจใช้ค่า $x = 2$ ถ้าเป็นไปตามภาวะที่ระบุซึ่งให้ไว้ในข้อ 5.4.3 สำหรับความเร็วรอบและอัตราการไหล และถ้าสถานะทางกายภาพของของเหลวที่ทางเข้าใบพัดอยู่ในลักษณะที่ไม่มีการแยกก๊าซที่สามารถมีผลกระทบกับการทำงานของเครื่องสูบ ถ้าเครื่องสูบทำงานใกล้กับขีดจำกัดการเกิดคาวิเทชัน หรือถ้าการเบี่ยงเบนของความเร็วทดสอบจากความเร็วที่ระบุเกินข้อกำหนดคุณลักษณะที่ให้ไว้ในข้อ 5.4.3 ปรากฏการณ์อาจได้รับอิทธิพลจาก เช่น ผลกระทบทางอุณหพลวัต การแปรผันของแรงตึงผิว หรือความแตกต่างในปริมาณอากาศที่ละลายหรืออากาศที่ถูกกัก ค่าเลขยกกำลัง x อยู่ระหว่าง 1.3 ถึง 2 และบังคับให้ตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างสูตรการแปลงที่ใช้

ในกรณีของชุดมอเตอร์และเครื่องสูบรวมกัน หรือเมื่อการรับประกันอ้างถึงความถี่และแรงดันไฟฟ้าที่ตกลงกันแทนที่ความเร็วรอบที่ตกลงกัน (ดูข้อ 4.1) ข้อมูลอัตราการไหล หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ กำลังด้านเข้า และประสิทธิภาพให้ใช้ตามกฎการแปลงที่กล่าวถึงข้างต้น หาก n_{sp} แทนด้วยความถี่ f_{sp} และ n แทนด้วยความถี่ f อย่างไรก็ตาม การแปลงนั้นถูกจำกัดไว้สำหรับกรณีที่ความถี่ที่เลือกในระหว่างการทดสอบแปรผันไม่เกินร้อยละ 1 ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบสูงกว่าหรือต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งอยู่บนพื้นฐานของลักษณะเฉพาะที่รับประกันไม่เกินร้อยละ 5 ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงข้อมูลการทำงานอื่น

ถ้าการเบี่ยงเบนที่กล่าวถึงข้างต้นเกิน นั่นคือ ± ร้อยละ 1 สำหรับความถี่ และ ± ร้อยละ 5 สำหรับแรงดันไฟฟ้า ผู้ซื้อและ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ จำเป็นต้องตกลงกัน

6.1.3 การทดสอบที่ NPSHA ต่างจากที่รับประกัน

ไม่สามารถยอมรับสมรรถนะเครื่องสูบที่ NPSHA สูงได้ หลังปรับแก้ความเร็วรอบภายในพิสัยที่ยอมให้ในข้อ 5.4.3 เพื่อชี้บอกสมรรถนะที่ NPSHA ที่ต่ำกว่า

อย่างไรก็ตาม สามารถยอมรับสมรรถนะเครื่องสูบที่ NPSHA ต่ำได้ หลังปรับแก้ความเร็วรอบภายในพิสัยที่ยอมให้ในข้อ 5.4.3 เพื่อชี้บอกสมรรถนะที่ NPSHA ที่สูงกว่า หากตรวจสอบว่าไม่มีการเกิดคาวิเทชัน ตามข้อ 11.1.2.2 หรือข้อ 11.1.2.3

6.2 การวัดความไม่แน่นอน

6.2.1 ทั่วไป

การวัดทุกครั้งมีความไม่แน่นอนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แม้ว่าวิธีดำเนินการวัดและเครื่องวัดที่ใช้ เช่นเดียวกับวิธีวิเคราะห์จะเป็นไปตามกฎที่มีอยู่ทั้งหมด และโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

6.2.2 การหาความไม่แน่นอนแบบสุ่ม

จุดประสงค์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดให้ความไม่แน่นอนในการวัดแบบสุ่มของตัวแปรเป็น 2 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรนี้ ความไม่แน่นอนสามารถคำนวณและชี้บอกสำหรับการวัดใดๆ ตาม ISO 5198

เมื่อความผิดพลาดย่อยต่างๆ (เมื่อรวมกันทำให้เกิดความไม่แน่นอน) ซึ่งไม่ขึ้นต่อกัน มีค่าน้อยและมีจำนวนมาก และมีการกระจายแบบเกาส์เซียน ความผิดพลาดจริง (นั่นคือ ความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าจริง) จะมีค่าน้อยกว่าค่าความไม่แน่นอนด้วยความน่าจะเป็นร้อยละ 95

6.2.3 ความไม่แน่นอนแบบมีระบบที่ยอมให้สูงสุด

ความไม่แน่นอนของการวัดบางส่วนขึ้นอยู่กับความไม่แน่นอนที่เหลืออยู่ในเครื่องวัดหรือในวิธีการวัดที่ใช้หลังจากขจัดความผิดพลาดที่ทราบทั้งหมดด้วยการสอบเทียบ การวัดมิติอย่างระมัดระวัง การติดตั้งอย่างเหมาะสม ฯลฯ ก็ยังคงมีความผิดพลาดเหลืออยู่ซึ่งจะไม่หายไปและไม่สามารถลดลงได้ด้วยการวัดซ้ำถ้าใช้เครื่องวัดเดิมและวิธีการวัดเดิม ส่วนประกอบของความผิดพลาดนี้เรียกว่า "ความไม่แน่นอนแบบมีระบบ"

ข้อ 7. ถึงข้อ 11. อธิบายวิธีการวัดต่างๆ และอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อหาอัตราการไหล หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ ความเร็วรอบ กำลังด้านเข้าเครื่องสูบ และค่า NPSHR ในพิสัยความแม่นที่ต้องการสำหรับการทดสอบตามเกรด 1 และเกรด 2

อาจใช้อุปกรณ์หรือวิธีซึ่งทราบโดยการสอบเทียบหรืออ้างไปยังมาตรฐานอื่นเพื่อส่งผลให้การวัดมีความไม่แน่นอนแบบมีระบบไม่เกินค่าที่ยอมให้สูงสุดที่ให้ไว้ในตารางที่ 7 เครื่องวัดหรือวิธีเหล่านี้ต้องยอมรับโดยผู้ที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 7 ค่าที่ยอมให้ของความไม่แน่นอนแบบมีระบบ

ปริมาณ	ค่าที่ยอมให้	
	เกรด 1 %	เกรด 2 %
อัตราการไหล	± 1.5	± 2.5
ความเร็วรอบ	± 0.35	± 1.4
ทอร์ก	± 0.9	± 2.0
หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ	± 1.0	± 2.5
กำลังด้านเข้าตัวขับ	± 1.0	± 2.0

6.2.4 ความไม่แน่นอนในการวัดโดยรวม

ความไม่แน่นอนแบบสุ่มเนื่องจากลักษณะเฉพาะของระบบการวัด หรือการแปรผันของปริมาณที่วัดได้ หรือทั้งสองอย่างปรากฏเป็นการกระจายของการวัดโดยตรง แตกต่างจากความไม่แน่นอนแบบมีระบบโดยความไม่แน่นอนแบบสุ่มสามารถลดลงได้ด้วยการเพิ่มจำนวนครั้งของการวัดปริมาณเดิมภายใต้ภาวะเดิม

ความไม่แน่นอนในการวัดโดยรวมคำนวณจากรากที่สองของผลรวมระหว่างความไม่แน่นอนแบบมีระบบยกกำลังสองกับความไม่แน่นอนแบบสุ่มยกกำลังสอง

ตราบเท่าที่เป็นไปได้ ต้องหาความไม่แน่นอนในการวัดโดยรวม หลังการทดสอบ โดยคำนึงถึงการวัดและภาวะการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

ถ้าทำตามข้อแนะนำเกี่ยวกับความไม่แน่นอนแบบมีระบบตามที่ให้ไว้ในข้อ 6.2.3 และข้อกำหนดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับวิธีดำเนินการทดสอบตามที่ให้ไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ อาจถือว่าความไม่แน่นอนโดยรวม (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95) จะไม่เกินค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าที่ยอมให้ของความไม่แน่นอนในการวัดโดยรวม

ปริมาณ	สัญลักษณ์	เกรด 1 %	เกรด 2 %
อัตราการไหล	e_Q	± 2.0	± 3.5
ความเร็วรอบ	e_n	± 0.5	± 2.0
ทอร์ก	e_T	± 1.4	± 3.0
หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ	e_H		
กำลังด้านเข้าตัวขับ	e_{Pgr}	± 1.5	± 5.5
กำลังด้านเข้าเครื่องสูบ (คำนวณจากทอร์กและความเร็วรอบ)	e_P		
กำลังด้านเข้าเครื่องสูบ (คำนวณจากกำลังตัวขับและประสิทธิภาพมอเตอร์)	e_P	± 2.0	± 4.0

6.2.5 การหาความไม่แน่นอนในการวัดประสิทธิภาพ

ความไม่แน่นอนโดยรวมในประสิทธิภาพโดยรวมและในประสิทธิภาพเครื่องสูบคำนวณด้วยสูตรต่อไปนี้

$$e_{\eta gr} = \sqrt{e_Q^2 + e_H^2 + e_{Pgr}^2}$$

$$e_\eta = \sqrt{e_Q^2 + e_H^2 + e_T^2 + e_n^2}$$ (ถ้าประสิทธิภาพคำนวณจากทอร์กและความเร็วรอบ)

$$e_\eta = \sqrt{e_Q^2 + e_H^2 + e_P^2}$$ (ถ้าประสิทธิภาพคำนวณจากกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ)

การใช้ค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 8 ในการคำนวณทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ให้ไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าผลลัพธ์ของความไม่แน่นอนโดยรวมของประสิทธิภาพ

ปริมาณ	สัญลักษณ์	เกรด 1 %	เกรด 2 %
ประสิทธิภาพโดยรวม (คำนวณจาก Q, H และ P_{gr})	$e_{\eta gr}$	± 2.9	± 6.1
ประสิทธิภาพเครื่องสูบ (คำนวณจาก Q, H, T และ n)	e_η	± 2.9	± 6.1
ประสิทธิภาพเครื่องสูบ (คำนวณจาก Q, H, P_{gr} และ η_{mot})	e_η	± 3.2	± 6.4
หมายเหตุ สำหรับการคำนึงถึงความไม่แน่นอนเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสูญเสีย อ้างอิงข้อ 10.4			

ความไม่แน่นอนตามที่ให้ไว้ในตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ชี้บอกการเบี่ยงเบนที่เป็นไปได้ของค่าปริมาณที่หาได้โดยการวัดจากค่าจริง

6.3 ค่าตัวประกอบความคลาดเคลื่อน

เนื่องจากความไม่แน่นอนจากการผลิตซึ่งมีขึ้นในระหว่างการทำ ต้องระบุค่าเบี่ยงเบนเชิงเรขาคณิตจากแบบเขียน (drawing) ในเครื่องสูบทุกเครื่อง

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่าที่รับประกัน (จุดทำงาน) ต้องยอมให้มีความคลาดเคลื่อน รวมถึงการเบี่ยงเบนที่เป็นไปได้ในวันที่ใช้งานระหว่างเครื่องสูบที่ทดสอบกับเครื่องสูบที่ไม่มีความไม่แน่นอนจากการผลิตใดๆ

ควรชี้ให้เห็นเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ในลักษณะการทำงานของเครื่องสูบว่าสัมพันธ์กับเครื่องสูบจริง ไม่ใช่กับภาวะการทดสอบและความไม่แน่นอนในการวัด

เพื่อทำให้การทวนสอบค่าที่รับประกันง่ายขึ้น แนะนำให้ใช้ตัวประกอบความคลาดเคลื่อน

ตัวประกอบความคลาดเคลื่อน $\pm t_Q$, $\pm t_H$ และ t_η ของอัตราการไหล หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ และประสิทธิภาพเครื่องสูบต้องใช้กับจุดรับประกัน Q_G, H_G ตามลำดับ

ในกรณีที่ไม่มีการตกลงจำเพาะสำหรับค่าที่ใช้ ต้องใช้ค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าตัวประกอบความคลาดเคลื่อน

ปริมาณ	สัญลักษณ์	เกรด 1 %	เกรด 2 %
อัตราการไหล	t_Q	± 4.5	± 8
หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ	t_H	± 3	± 5
ประสิทธิภาพเครื่องสูบ	t_η	- 3	- 5

พิสัยความคลาดเคลื่อนอื่น (เช่น ให้เฉพาะตัวประกอบความคลาดเคลื่อนทางบวก)อาจตกลงกันในสัญญา

สมรรถนะของเครื่องสูบที่ผลิตเป็นอนุกรมและเลือกจากเส้นโค้งสมรรถนะทั่วไปที่พิมพ์ในแคตตาล็อก และเครื่องสูบที่มีกำลังด้านเข้าน้อยกว่า 10 กิโลวัตต์ อาจแปรเปลี่ยนไปได้ ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนสำหรับเครื่องสูบเหล่านั้นระบุไว้ในภาคผนวก ก.

6.4 การทวนสอบค่าที่รับประกัน

6.4.1 ทั่วไป

การทวนสอบค่าที่รับประกันแต่ละค่าต้องทำโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบกับค่าที่รับประกันในสัญญา (รวมถึงความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้อง)

6.4.2 การทวนสอบอัตราการไหล หัวน้ำ และประสิทธิภาพที่รับประกัน

ผลการวัดต้องแปลงเป็นที่ความเร็ว (หรือความถี่) ที่ระบุตามข้อ 6.1.2 จากนั้นต้องลงจุดเทียบกับอัตราการไหล Q เส้นโค้งที่พอดีที่สุดกับจุดที่วัดได้จะแสดงสมรรถนะของเครื่องสูบ

กากบาทเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้จากการลากผ่านจุดรับประกัน Q_G, H_G เป็นเส้นแนวระดับ $\pm t_Q \cdot Q_G$ และเส้นแนวดิ่ง $\pm t_H \cdot H_G$

หัวน้ำและอัตราการไหลจะเป็นไปตามการรับประกัน ถ้าเส้นโค้ง $H(Q)$ ตัดหรืออย่างน้อยสัมผัสกับเส้นแนวดิ่ง และ/หรือ เส้นแนวระดับ (ดูรูปที่ 2)

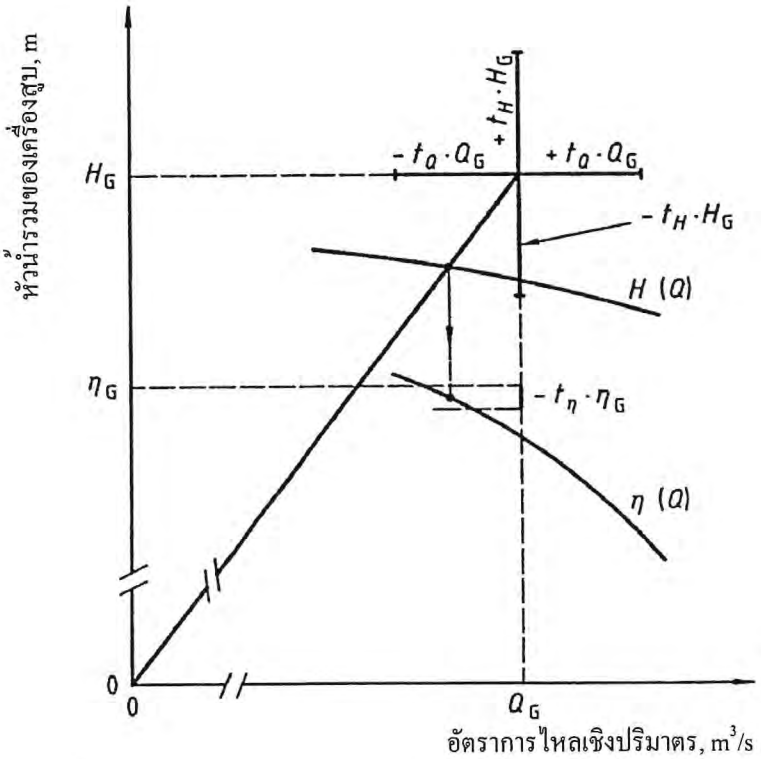
ประสิทธิภาพต้องหาจากเส้นโค้ง $H(Q)$ ที่วัดได้ที่จุดตัดกับเส้นตรงที่ลากผ่านจุดทำงานที่ระบุ Q_G, H_G และจุดศูนย์ของแกน QH และจากที่เส้นแนวดิ่งตัดกับเส้นโค้ง $\eta(Q)$

ภาวะการรับประกันของประสิทธิภาพอยู่ภายในความคลาดเคลื่อน ถ้าค่าประสิทธิภาพที่จุดตัดนี้สูงกว่าหรืออย่างน้อยเท่ากับ $\eta_G(1-t_\eta)$ (ดูรูปที่ 2)

หมายเหตุ ถ้าค่าที่วัดได้ของ Q และ H มากกว่าค่าที่รับประกัน Q_G และ H_G แต่อยู่ภายในความคลาดเคลื่อน $Q_G + (t_Q \cdot Q_G)$ และประสิทธิภาพอยู่ภายในความคลาดเคลื่อนด้วย กำลังด้านเข้าจริงอาจสูงกว่าที่สมมุติไว้ในแผ่นข้อมูล

6.4.3 การทวนสอบ NPSH ที่รับประกัน

สำหรับการตรวจสอบผลกระทบของการเกิดคาวิเทชันและค่าของ NPSHR ที่รับประกัน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ให้ในข้อ 11.1



รูปที่ 2 การทวนสอบการรับประกันอัตราการไหล หัวน้ำ และประสิทธิภาพ

6.5 การหาลักษณะเฉพาะที่ระบุ

6.5.1 การลดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด

เมื่อปรากฏจากการทดสอบว่าลักษณะเฉพาะของเครื่องสูบสูงกว่าลักษณะเฉพาะที่ระบุ โดยทั่วไปจะทำการลดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด

ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าที่ระบุกับค่าที่วัดได้มีน้อย เป็นไปได้ที่จะหลีกเลี่ยงการทดสอบชุดใหม่โดยการใช้กฎตามสัดส่วนซึ่งยอมให้ประเมินลักษณะเฉพาะใหม่

การใช้วิธีนี้และภาวะในทางปฏิบัติสำหรับการลดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดต้องใช้การตกลงร่วมกัน

ภาคผนวก ข. ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ให้การชี้บอกบางอย่างซึ่งอาจใช้ในกรณีที่การลดเส้นผ่านศูนย์กลางทางออกเฉลี่ยของใบพัดไม่เกินร้อยละ 5 สำหรับเครื่องสูบเลขแบบ $K \leq 1.5$

6.5.2 การแปรผันของความเร็ว

ถ้าเครื่องสูบที่มีการขับเคลื่อนปรับความเร็วได้ไม่เป็นไปตามหรือเกินกว่าการรับประกัน อาจคำนวณจุดทดสอบใหม่สำหรับความเร็วรอบต่างกัน หากไม่เกินความเร็วรอบต่อเนื่องที่ยอมให้สูงสุด ในกรณีที่ไม่มีการตกลงจำเพาะ ความเร็วรอบที่ยอมให้สูงสุดอาจเท่ากับ 1.02 n_{sp} ในกรณีเช่นนั้นไม่จำเป็นต้องทดสอบใหม่

7. การวัดอัตราการไหล

7.1 การวัดด้วยการชั่ง

ISO 4185 ระบุข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดสำหรับการวัดอัตราการไหลของของเหลวด้วยวิธีชั่ง

วิธีชั่งซึ่งให้เพียงค่าอัตราการไหลเฉลี่ยในระหว่างเวลาที่ใช้ในการเติมแท็งก์ชั่ง อาจพิจารณาว่าเป็นวิธีที่แม่นที่สุดสำหรับการวัดอัตราการไหล โดยมีผลกระทบจากความผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับการชั่ง การวัดเวลาในการเติม การหาความหนาแน่นโดยคำนึงถึงอุณหภูมิของของไหล และอาจมีความผิดพลาดเกี่ยวกับการเปลี่ยนทิศทางการไหล (วิธีสถิต) หรือปรากฏการณ์พลวัตที่เวลาของการชั่ง (วิธีพลวัต)

7.2 วิธีเชิงปริมาตร

ISO 8316 ระบุข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดสำหรับการวัดอัตราการไหลของของเหลวด้วยวิธีเชิงปริมาตร

วิธีเชิงปริมาตรได้ความแม่นใกล้เคียงกับวิธีชั่งและในแบบเดียวกันให้เพียงค่าอัตราการไหลเฉลี่ยในระหว่างเวลาที่ใช้ในการเติมในถังที่มีเกจบอกความจุ (gauged capacity)

การสอบเทียบถังเก็บน้ำอาจได้จากการวัดระดับน้ำหลังจากปล่อยปริมาตรน้ำอย่างต่อเนื่อง (ที่หาได้ทั้งโดยมวลหรือโดยอุปกรณ์ปิเปตต์เกจ) ลงในถังเก็บน้ำ

วิธีเชิงปริมาตรมีผลกระทบจากความผิดพลาดที่เกี่ยวกับการสอบเทียบแท็งก์ การวัดระดับ การวัดเวลาในการเติม และจากความผิดพลาดที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนทิศทางการไหล นอกจากนี้ ต้องตรวจสอบความแน่นสนิทของถังเก็บน้ำและถ้าจำเป็นให้ทำการแก้ไขปริมาณจากการรั่ว

อย่างไรก็ตาม วิธีเชิงปริมาตรยังคงมีความแปรปรวนอยู่แต่สามารถใช้ที่หน้างานและใช้สำหรับอัตราการไหลมากๆ ได้ เช่น ในกรณีที่ใช้ถังเก็บน้ำธรรมชาติเป็นความจุเกจ สามารถหาปริมาตรได้ด้วยวิธีดำเนินการทางเรขาคณิตหรือทางภูมิประเทศ คำแนะนำในการใช้วิธีนี้มีอยู่ใน IEC 60041 อย่างไรก็ตาม ต้องให้ความสำคัญว่าวิธีนี้มีความแม่นน้อยมากเนื่องจากความยากในการวัดระดับซึ่งอาจไม่คงตัวหรือไม่สม่ำเสมอ

7.3 อุปกรณ์ความดันต่าง

การสร้าง การติดตั้งและการใช้แผ่นช่อง (orifice plates) หัวฉีด และท่อเวนจูริ ระบุไว้ใน ISO 5167-1 และในขณะที่ ISO 2186 ให้ข้อกำหนดคุณลักษณะของการต่อระบบท่อสำหรับแมนอมิเตอร์

ควรคำนึงถึงโดยเฉพาะความยาวตรงต่ำสุดที่ต่อกับด้านต้นทางของอุปกรณ์ความดันต่าง ซึ่งระบุไว้ใน ISO 5167-1 สำหรับโครงแบบต่างๆ ของระบบท่อ ถ้าจำเป็นต้องวางอุปกรณ์ความดันต่างไว้ด้านปลายทางของ

เครื่องสูบ (ซึ่งไม่ครอบคลุมในตารางที่อ้างถึง) สำหรับจุดประสงค์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้อาจพิจารณาว่าเครื่องสูบสร้างการรบกวนในการไหลเท่ากับข้องอเดี่ยว 90 องศาในระนาบเดียวกับก้นหอยของเครื่องสูบ (pump volute) หรือขั้นสุดท้ายของเครื่องสูบแบบหลายขั้น หรือช่องทางออกของเครื่องสูบ

ควรสังเกตว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและเลขเรย์โนลดส์ต้องอยู่ภายในพิสัยที่ระบุใน ISO 5167-1 สำหรับอุปกรณ์แต่ละแบบ

ต้องแน่ใจว่าเครื่องวัดการไหลไม่มีอิทธิพลจากการเกิดคาวิเทชันหรือการกำจัดอากาศหลงเหลือ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ เช่น ที่วาล์วควบคุม การเกิดขึ้นของอากาศโดยทั่วไปสามารถตรวจหาได้โดยการทำงานของช่องอากาศในอุปกรณ์วัด

ต้องสามารถตรวจสอบเครื่องวัดความดันต่างได้โดยการเปรียบเทียบกับแมนอมิเตอร์แบบคอลัมน์ของเหลว หรือแมนอมิเตอร์แบบน้ำหนักตายตัว หรือกับมาตรฐานการสอบเทียบความดันอื่น

ถ้าเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดของมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง สามารถใช้สัมประสิทธิ์การปล่อยที่ให้ในมาตรฐานได้โดยไม่ต้องสอบเทียบ

7.4 แผ่นกั้นบาง (thin-plate weirs)

ข้อกำหนดคุณลักษณะสำหรับการสร้าง การติดตั้ง และการใช้งานของแผ่นกั้นบางแบบสี่เหลี่ยมหรือแบบสามเหลี่ยมให้ไว้ใน ISO 1438-1

สำหรับ ISO 4373 จะระบุอุปกรณ์วัดระดับ

โดยเฉพาะต้องคำนึงถึงความไวสูงของอุปกรณ์เหล่านี้กับภาวะการไหลด้านต้นทางและความจำเป็นที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับช่องแอปโพรช (approach channel)

สำหรับการใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ การแบ่งมาตราส่วนที่เล็กที่สุดของเครื่องวัดทั้งหมดที่ใช้สำหรับการวัดหัวน้ำเหนือแผ่นกั้นต้องไม่มากกว่าค่าที่สมนัยกับร้อยละ 1.5 ของอัตราการไหลที่วัดได้

7.5 วิธีพื้นที่ความเร็ว

วิธีเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของ ISO 3354 และ ISO 3966 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดการปล่อยในท่อปิดด้วยมาตรกระแสและท่อแบบพิโทต์สแตติกตามลำดับ มาตรฐานเหล่านี้ให้ข้อกำหนดคุณลักษณะที่จำเป็นทั้งหมดเกี่ยวกับภาวะการใช้งาน การเลือกและการทำงานของเครื่องวัด การวัดความเร็วเฉพาะที่ และการคำนวณอัตราการไหลด้วยการอินทิเกรตการกระจายความเร็ว

ความซับซ้อนของวิธีเหล่านี้ไม่ได้ตัดสินว่าใช้สำหรับการทดสอบเกรด 2 แต่บางครั้งเป็นเพียงวิธีที่สามารถใช้ได้เมื่อทดสอบเครื่องสูบที่มีอัตราการไหลมากสำหรับการทดสอบเกรด 1

ยกเว้นท่อที่ติดตั้งยาวมาก นิยมที่จะติดตั้งส่วนที่วัดไว้ที่ต้นทางของเครื่องสูบเพื่อหลีกเลี่ยงความปั่นป่วนหรือการไหลหมุนวนมากเกินไป

7.6 วิธีตัวตามรอย

วิธีเหล่านี้ใช้กับการวัดอัตราการไหลในท่อซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ISO 2975 ส่วนที่ต่างกันซึ่งครอบคลุมทั้งวิธีทำให้เจือจาง (การฉีดด้วยอัตราคงที่) และวิธีเวลาแทรนซิท แต่ละวิธีใช้ตัวตามรอยกัมมันตรังสีหรือตัวตามรอยเคมี

ในกรณีของวิธีพื้นที่ความเร็ว วิธีตัวตามรอยพิสูจน์แล้วว่าใช้ได้สำหรับการทดสอบเกรด 1 เท่านั้น วิธีนี้ควรใช้โดยเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเท่านั้นและควรสังเกตว่าการใช้ตัวตามรอยกัมมันตรังสีขึ้นอยู่กับเงื่อนไขบังคับที่แน่นอน

7.7 วิธีอื่น

อาจใช้อุปกรณ์บางอย่าง เช่น มาตรอัตราการไหลแบบเทอร์ไบน์ แบบแม่เหล็กไฟฟ้า (ISO 9140) หรือแบบอัลทราโซนิก แบบกระแสวน หรือแบบพื้นที่แปรผันได้ หากสอบเทียบไว้ก่อนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งในวิธีเบื้องต้นที่อธิบายในข้อ 7.1 หรือข้อ 7.2 เมื่อติดตั้งอย่างถาวรบนเครื่องทดสอบ ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการตรวจสอบของการสอบเทียบเป็นคาบ

ต้องสอบเทียบมาตรอัตราการไหลทั้งหมดและระบบการวัดที่เกี่ยวข้อง ตามปกติการสอบเทียบควรทำภายใต้ภาวะการทำงานจริง (ความดัน อุณหภูมิ คุณภาพน้ำ ฯลฯ) ในระหว่างการทดสอบ ต้องระมัดระวังเพื่อให้แน่ใจว่ามาตรอัตราการไหลไม่มีผลกระทบจากการเกิดคาวิเทชันในระหว่างการทดสอบ

มาตรอัตราการไหลแบบเทอร์ไบน์และแบบแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ต้องการความยาวท่อตรงด้านต้นทางที่ยาวมาก (ส่วนใหญ่ความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อก็เพียงพอ) และมีความแม่นดีมาก มาตรอัตราการไหลแบบอัลทราโซนิกมีความไวสูงต่อการกระจายความเร็วและต้องสอบเทียบภายใต้ภาวะการทำงานจริง การใช้มาตรอัตราการไหลแบบพื้นที่แปรผันได้ควรจำกัดไว้สำหรับการทดสอบเกรด 2

8. การวัดหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ

8.1 ทั่วไป

8.1.1 หลักการวัด

หัวน้ำรวมของเครื่องสูบคำนวณตามบทนิยาม (ข้อ 3.19) แสดงเป็นความสูงของคอลัมน์ของเหลวที่สูบแสดงพลังงานที่ส่งผ่านโดยเครื่องสูบต่อหน่วยน้ำหนักของของเหลว

แนวคิดของหัวน้ำอาจแทนด้วยพลังงานจำเพาะ ($y = gH$, ดูข้อ 3.20) ซึ่งแสดงพลังงานที่ส่งผ่านโดยเครื่องสูบต่อหน่วยมวลของของเหลว ถึงแม้ว่าปกติจะมีใช้น้อย แต่แนะนำให้ใช้

ปริมาณต่างๆ ที่ระบุในบทนิยามของหัวน้ำรวมของเครื่องสูบในข้อ 3.19 ตามกฎควรหาในภาคตัดทางเข้า S_1 และภาคตัดทางออก S_2 ของเครื่องสูบ (หรือของชุดเครื่องสูบและข้อต่อซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบ) ในทางปฏิบัติ เพื่อความสะดวกและความแม่นในการวัด โดยทั่วไปการวัดทำในภาคตัดขวาง $S_{1'}$ และ $S_{2'}$ ในเส้นทางหนึ่งด้านต้นทางจาก S_1 และด้านปลายทางจาก S_2 (รูปที่ 3) ดังนั้นต้องคำนึงถึงความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อ นั่นคือ H_{J1} ระหว่าง $S_{1'}$ กับ S_1 และ H_{J2} ระหว่าง S_2 กับ $S_{2'}$ (และความเป็นไปได้ของความสูญเสียหัวน้ำเฉพาะที่) และหัวน้ำรวมของเครื่องสูบหาได้จาก

$$H = H_{2'} - H_{1'} + H_{J1} + H_{J2}$$

เมื่อ $H_{1'}$ และ $H_{2'}$ คือหัวน้ำรวมที่ $S_{1'}$ และ $S_{2'}$

ข้อ 8.2 ระบุภาคตัดที่วัดในการติดตั้งแบบต่างๆ และวิธีประเมินความสูญเสียหัวน้ำ

8.1.2 วิธีวัดแบบต่างๆ

หัวน้ำรวมของเครื่องสูบอาจหาด้วยการวัดหัวน้ำทางเข้าและทางออกแยกต่างหาก หรือด้วยการวัดความดันต่างระหว่างทางเข้ากับทางออกและบวกด้วยความแตกต่างของหัวน้ำความเร็ว (ถ้ามี) (ดูรูปที่ 10) โดยขึ้นอยู่กับภาวะการติดตั้งของเครื่องสูบและของการวางผังวงจรของท่อ

หัวน้ำรวมอาจลดลงได้ทั้งจากการวัดความดันในท่อหรือการวัดระดับน้ำในอ่างน้ำ สำหรับกรณีเหล่านี้ ข้อ 8.2 ถึงข้อ 8.4 ระบุเกี่ยวกับการเลือกและการจัดเตรียมภาคตัดที่วัด อุปกรณ์วัดแบบต่างๆ ซึ่งสามารถใช้ได้ และการหาหัวน้ำความเร็ว

8.1.3 ความไม่แน่นอนในการวัด

ความไม่แน่นอนในการวัดหัวน้ำรวมของเครื่องสูบต้องได้จากการรวมความไม่แน่นอนที่ประเมินได้ของแต่ละส่วนที่ประกอบอยู่ ดังนั้นลักษณะการคำนวณนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการวัดที่ใช้และเป็นไปได้ที่จะให้เพียงข้อมูลทั่วไปบางอย่างสำหรับความผิดพลาดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

ก) ความผิดพลาดด้านความสูงโดยทั่วไปสามารถตัดทิ้งได้เมื่อเปรียบเทียบกับความผิดพลาดจากแหล่งอื่น

ข) ความผิดพลาดด้านหัวน้ำความเร็วที่เกิดขึ้น ส่วนหนึ่งเกิดจากความผิดพลาดในการวัดอัตราการไหล และในการวัดพื้นที่ภาคตัด และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากความจริงที่ว่าการใช้ $U^2/2g$ ในการประเมินหัวน้ำความเร็วเฉลี่ยเป็นเพียงการประมาณซึ่งจะมีความแม่นมากขึ้นถ้าการกระจายความเร็วสม่ำเสมอมากขึ้น ความผิดพลาดเหล่านี้สามารถมีนัยสำคัญได้ สำหรับเครื่องสูบที่มีหัวน้ำรวมต่ำโดยสัมพัทธ์

ค) ความผิดพลาดในการวัดระดับหรือการวัดความดันต้องประเมินในแต่ละกรณีเฉพาะ โดยให้การพิจารณาไม่แต่เพียงแบบของเครื่องทดสอบที่ใช้ แต่พิจารณาภาวะการใช้งาน (คุณภาพของตัวต่อแยกความดัน การกันน้ำรั่วของท่อที่ต่อ ฯลฯ) และลักษณะเฉพาะของการไหลด้วย (ความไม่คงตัว การกระเพื่อม การกระจายความดัน ฯลฯ)

8.2 บทนิยามของภาคตัดที่วัด

8.2.1 เครื่องสูบที่ทดสอบในการติดตั้งมาตรฐาน

8.2.1.1 ภาคตัดที่วัดทางเข้า

เมื่อทดสอบเครื่องสูบในการจัดเตรียมการทดสอบมาตรฐานตามที่อธิบายในข้อ 5.3.2 ตามปกติภาคตัดที่วัดทางเข้าต้องอยู่ที่ระยะ 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านต้นทางจากหน้าแปลนทางเข้าเครื่องสูบ เมื่อความยาวของท่อทางเข้ายอมให้ทำได้ หากความยาวไม่เพียงพอ (เช่น ในกรณีของข้อต่อสั้นปากระฆัง (short bellmouth)) และไม่มีการตกลงกันไว้ก่อน ความยาวตรงที่ใช้ได้ควรแบ่งเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดที่เป็นไปได้ในภาวะเฉพาะที่ด้านต้นทางและด้านปลายทางของภาคตัดที่วัด (เช่น ในอัตราส่วนด้านต้นทาง 2 ต่อด้านปลายทาง 1)

ภาคตัดที่วัดทางเข้าควรอยู่ในภาคตัดตรงของท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกันและร่วมแกนกับหน้าแปลนทางเข้าเครื่องสูบ เพื่อให้ภาวะการไหลใกล้เคียงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้กับที่แนะนำในข้อ 5.3.2 ถ้ามีข้องอในระยะสั้นด้านต้นทางของภาคตัดที่วัด และถ้าใช้เพียงตัวต่อแยกความดัน 1 ตัวหรือ 2 ตัว (การทดสอบเกรด 2) สิ่งเหล่านี้ควรตั้งฉากกับระนาบข้องอ ดูรูปที่ 3 และรูปที่ 4

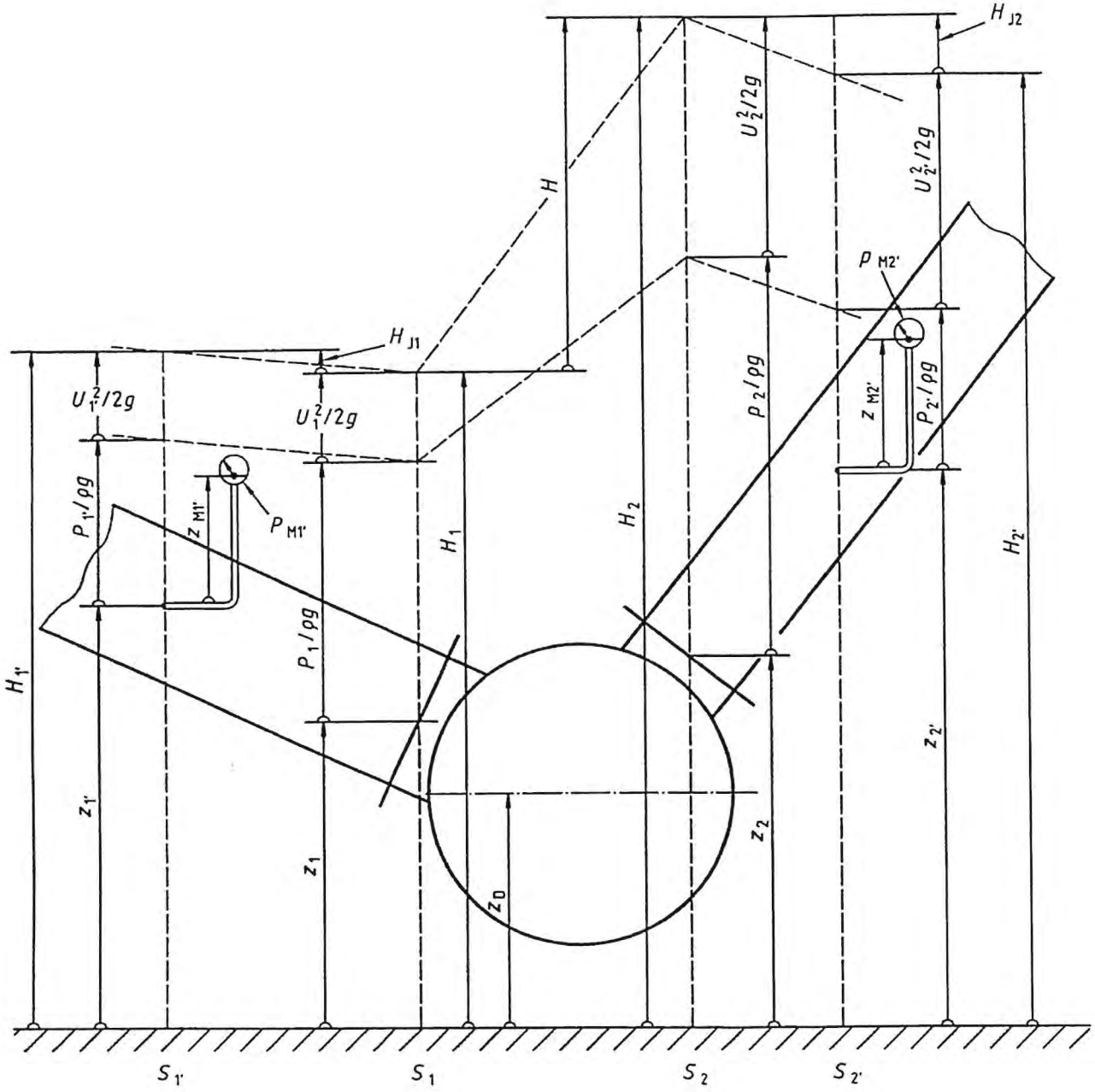
สำหรับการทดสอบเกรด 2 ถ้าอัตราส่วนของหัวน้ำความเร็วทางเข้าต่อหัวน้ำรวมของเครื่องสูบมีค่าต่ำมาก (น้อยกว่าร้อยละ 0.5) และถ้าการรับรู้ค่าหัวน้ำรวมทางเข้าเองไม่สำคัญมาก (ไม่ใช่ในกรณีของการทดสอบ NPSH) อาจเพียงพอที่ตัวต่อแยกความดัน (ดูข้อ 8.4.1) จะอยู่บนหน้าแปลนทางเข้าเองและไม่อยู่ที่ระยะ 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านต้นทาง

หัวน้ำรวมทางเข้าหาได้จากหัวน้ำเกจที่วัดได้ จากความสูงของจุดที่วัดเหนือระนาบอ้างอิง และจากหัวน้ำความเร็วที่คำนวณได้ถ้ามีการกระจายความเร็วสม่ำเสมอในท่อด้านดูด

ความผิดพลาดในการวัดหัวน้ำทางเข้าเครื่องสูบสามารถเกิดขึ้นได้ที่การไหลบางส่วนเนื่องจากมีการหมุนวนก่อน ความผิดพลาดเหล่านี้สามารถตรวจหาได้และควรปรับแก้ดังต่อไปนี้

ก) ถ้าเครื่องสูบสูบจากถังเก็บน้ำที่มีพื้นผิวอิสระซึ่งระดับน้ำและความดันที่เกิดขึ้นคงที่ ความสูญเสียหัวน้ำระหว่างถังเก็บน้ำกับภาคตัดที่วัดทางเข้า (ในกรณีที่ไม่มีการหมุนวนก่อน) เป็นไปตามกฎกำลังสองกับอัตราการไหล ค่าของหัวน้ำรวมทางเข้าควรเป็นไปตามกฎเดียวกัน เมื่อผลกระทบของการหมุนวนก่อนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงจากความสัมพันธ์ที่อัตราการไหลต่ำ หัวน้ำรวมทางเข้าที่วัดได้ควรปรับแก้โดยคำนึงถึงความแตกต่างนี้ (ดูรูปที่ 5)

ข) ถ้าเครื่องสูบไม่ได้สูบจากถังเก็บน้ำที่มีระดับและความดันคงที่ ต้องเลือกภาคตัดที่วัดอื่นห่างจากด้านต้นทางอย่างเพียงพอที่จะแน่ใจว่าไม่มีการหมุนวนก่อน แล้วจึงเป็นไปได้ที่จะคาดคะเนความสูญเสียหัวน้ำระหว่างภาคตัด 2 ภาคตัด (แต่ไม่เกี่ยวกับหัวน้ำรวมทางเข้าโดยตรง) ในทางเดียวกับข้างต้น ดูรูปที่ 3 และรูปที่ 4



$$H = H_2 - H_1$$

$$H = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g}$$

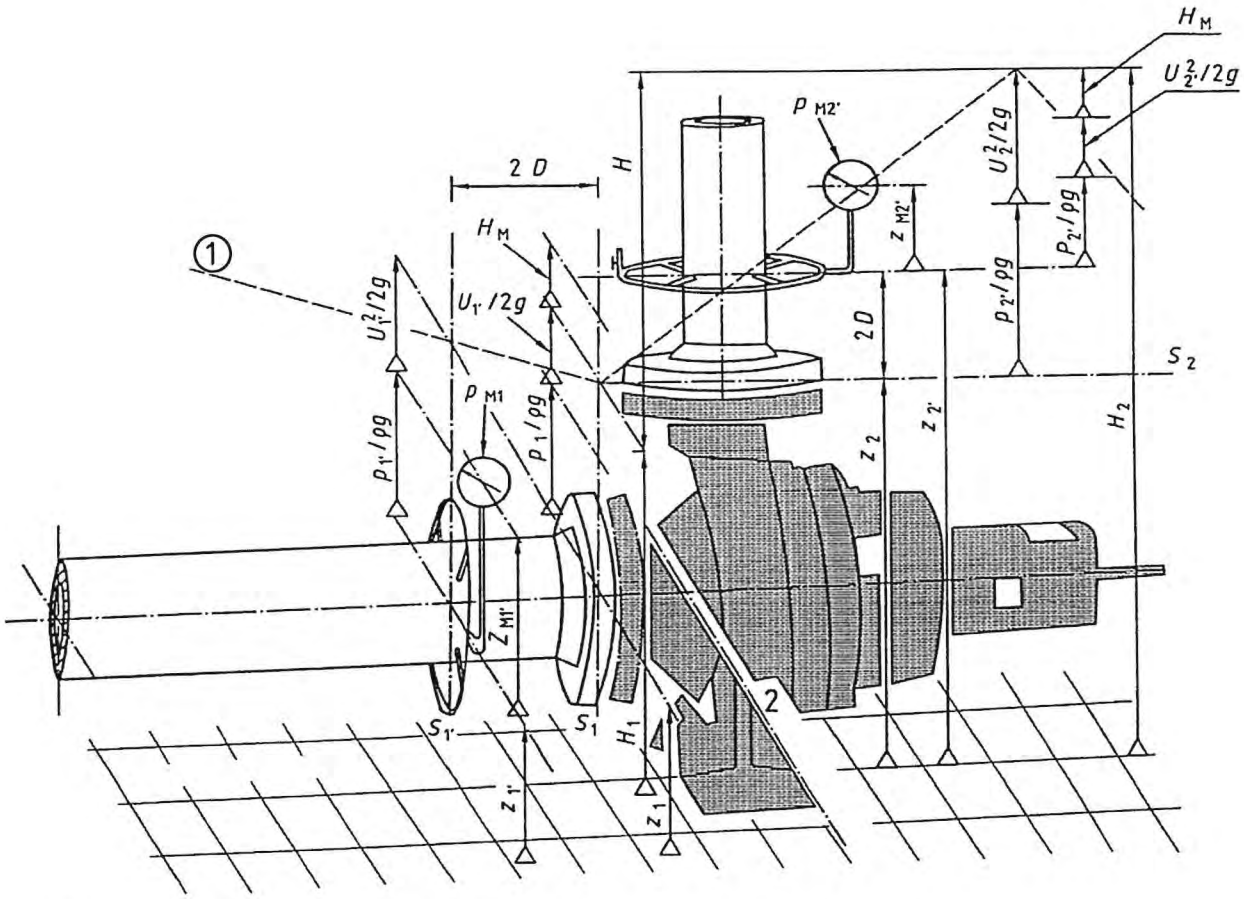
$$H = z_{2'} - z_{1'} + z_{M2'} - z_{M1'} + \frac{p_{M2'} - p_{M1'}}{\rho \cdot g} + \frac{U_{2'}^2 - U_{1'}^2}{2g} + H_{J2} + H_{J1}$$

หมายเหตุ 1 ตำแหน่งลาดเอียงของเครื่องสูบเพื่อแสดง z_1 และ $z_{1'}$ หรือ z_2 และ $z_{2'}$ ตามลำดับ อาจต่างกันซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความดันที่สมนัยกัน

หมายเหตุ 2 แบบเขียน แสดงเพียงหลักการและไม่มีรายละเอียดทางเทคนิค

รูปที่ 3 การหาหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ

(ข้อ 8.2.1.1)

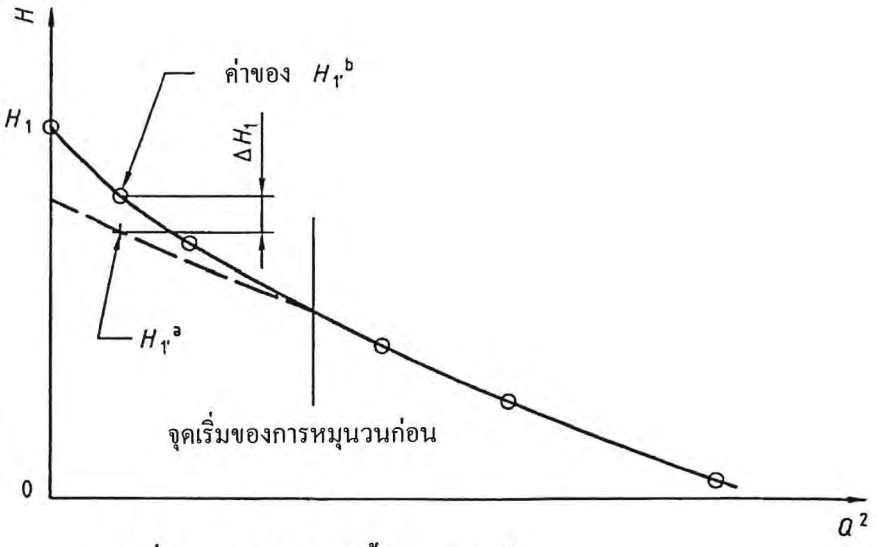


① เส้นของหัวน้ำรวม (พลังงานรวม)

หมายเหตุ ในกรณีนี้ใช้สำหรับเพลาแนวระดับ $z_1 = z_D = z_{1'}$

รูปที่ 4 ภาพไอโซเมตริกของการหาหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ

(ข้อ 8.2.1.1)



[a] ค่าจริง

[b] ผลกระทบจากการหมุนวนก่อน

รูปที่ 5 การปรับแก้หัวน้ำรวมทางเข้า

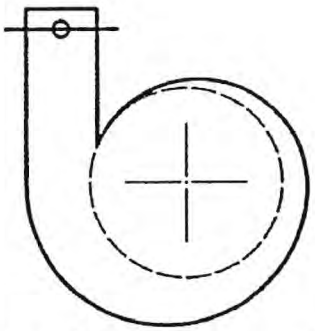
(ข้อ 8.2.1.1)

8.2.1.2 ภาคตัดที่วัดทางออก

ตามปกติภาคตัดที่วัดทางออกต้องอยู่ที่ระยะ 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางจากหน้าแปลนทางออกเครื่องสูบ สำหรับเครื่องสูบที่มีหัวน้ำความเร็วทางออกน้อยกว่าร้อยละ 5 ของหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ ภาคตัดที่วัดทางออกสำหรับการทดสอบเกรด 2 อาจอยู่ที่หน้าแปลนทางออก

ภาคตัดที่วัดทางออกควรอยู่ในส่วนที่ตรงของท่อที่ร่วมแกนกับหน้าแปลนทางออกเครื่องสูบและมีเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกัน เมื่อใช้เพียงตัวต่อแยกความดัน 1 ตัวหรือ 2 ตัว (การทดสอบเกรด 2) ตัวต่อแยกความดันควรตั้งฉากกับระนาบของก้นหอยหรือข้องอใดๆ ที่อยู่ในตัวถังเครื่องสูบ (ดูรูปที่ 6)

หัวน้ำรวมทางออกหาได้จากหัวน้ำเกจที่วัดได้ จากความสูงของจุดที่วัดเหนือระนาบอ้างอิง และจากหัวน้ำความเร็วที่คำนวณได้ถ้ามีการกระจายความเร็วสม่ำเสมอในท่อด้านส่ง การหาหัวน้ำรวมอาจได้รับอิทธิพลจากการหมุนวนของการไหลที่เกิดขึ้นจากเครื่องสูบหรือจากการกระจายความเร็วหรือความดันไม่สม่ำเสมอ ตัวต่อแยกความดันสามารถอยู่ที่ระยะไกลขึ้นจากด้านปลายทาง ต้องคำนึงถึงความสูญเสียหัวน้ำระหว่างหน้าแปลนทางออกกับภาคตัดที่วัด (ดูข้อ 8.2.4)



รูปที่ 6 ตัวต่อแยกความดันที่ตั้งฉากกับระนาบของก้นหอยหรือระนาบของข้องอ

(ข้อ 8.2.1.2)

8.2.2 เครื่องสูบที่ทดสอบโดยมีข้อต่อ

ถ้าทดสอบเครื่องสูบรวมกับข้อต่อ (ซึ่งพิจารณาว่าเป็นส่วนรวมหน่วยของเครื่องสูบ) ที่ต่อด้านต้นทางและด้านปลายทางของเครื่องสูบทั้งหมดหรือบางส่วน ให้ใช้ข้อกำหนดข้อ 8.2.1 กับหน้าแปลนทางเข้าและทางออกของข้อต่อแทนหน้าแปลนทางเข้าและทางออกของเครื่องสูบ วิธีดำเนินการนี้คิดรวมความสูญเสียหัวน้ำทั้งหมดที่เกิดจากข้อต่อ

แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นการรับประกันเฉพาะสมรรถนะของเครื่องสูบ ความสูญเสียหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานและความสูญเสียหัวน้ำเฉพาะที่ที่เป็นไปได้ระหว่างภาคตัดที่วัดหัวน้ำรวมทางเข้ากับหน้าแปลนทางเข้า H_{J1} และระหว่างหน้าแปลนทางออกกับภาคตัดที่วัดหัวน้ำรวมทางออก H_{J2} ต้องหาตามวิธีที่อธิบายในข้อ 8.2.4 และคำนึงถึงการคำนวณหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ

ถ้าข้อต่อเป็นส่วนของอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการทดสอบ และไม่ใช่ส่วนของเครื่องสูบ ให้ใช้วิธีเดียวกันนี้

8.2.3 เครื่องสูบแบบจุ่มในของเหลวและเครื่องสูบแบบบ่อลึก

เครื่องสูบแบบนี้ไม่สามารถทดสอบในการจัดเตรียมมาตรฐานตามที่อธิบายในข้อ 5.3.2 ได้ ภาวะการติดตั้งแสดงด้วยแผนภาพดังในรูปที่ 7

หัวน้ำรวมทางเข้าเท่ากับความสูงเหนือระนาบอ้างอิงของระดับพื้นผิวอิสระของของเหลวซึ่งสูบโดยเครื่องสูบบวกกับหัวน้ำที่เท่ากับความดันเกจที่เกิดขึ้นเหนือพื้นผิวนี้

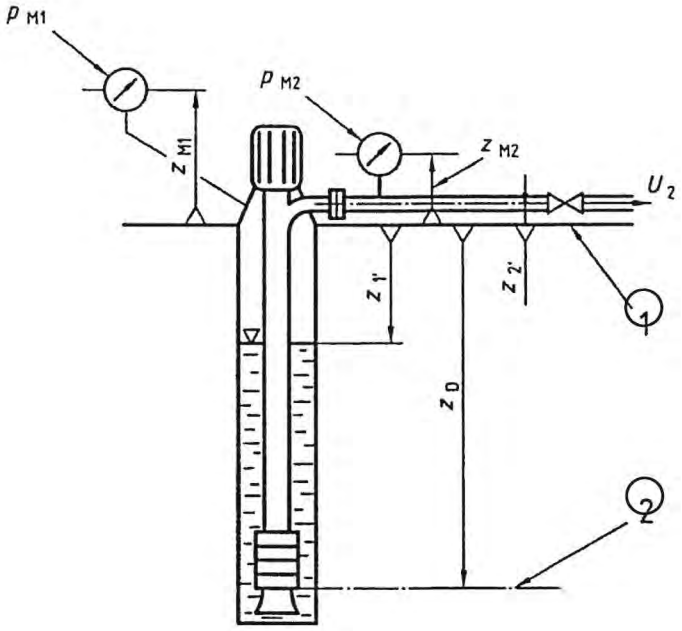
หัวน้ำรวมทางออกสามารถหาได้โดยการวัดความดันในท่อด้านส่ง (ดูข้อ 8.2.1.2) หรือโดยการวัดระดับในอ่างน้ำ (ถ้าเครื่องสูบส่งเข้าไปในอ่างน้ำที่มีพื้นผิวอิสระ) ตามแต่สถานการณ์ ในกรณีนี้หัวน้ำทางออกเท่ากับความสูงเหนือระนาบอ้างอิงของระดับพื้นผิวอิสระของของเหลวซึ่งเครื่องสูบส่งออก บวกกับหัวน้ำที่เท่ากับความดันเกจที่เกิดขึ้นเหนือพื้นผิวนี้ และเป็นผลให้ของเหลวหยุดอยู่ใกล้จุดวัดระดับอย่างแท้จริง

วิธีดำเนินการนี้คิดรวมความสูญเสียหัวน้ำทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างภาคตัดที่วัดต่างๆ

ถ้าจำเป็น ความสูญเสียหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานระหว่างภาคตัดที่วัดกับข้อจำกัดของสัญญาของเครื่องสูบหาได้ตามวิธีที่อธิบายในข้อ 8.2.4 ความสูญเสียหัวน้ำเฉพาะที่เนื่องจากลักษณะเฉพาะของวงจรและเนื่องจากข้อต่อต่างๆ (ตัวกรองด้านดูด วาล์วกันกลับ ข้องอ วาล์ว ข้อต่อขยาย ฯลฯ) ต้องระบุไว้เท่าที่จะเป็นไปได้เมื่อร่างสัญญาโดยผู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งจัดให้มีข้อต่อเหล่านี้ ถ้าปรากฏว่าไม่สามารถทำได้ ผู้ซื้อและผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ ต้องตกลงค่าที่ใช้ก่อนการทดสอบเพื่อยอมรับ

โดยทั่วไปเครื่องสูบแบบบ่อลึก [รูปที่ 7ก)] ไม่ทดสอบกับท่อแนวดิ่งทั้งหมด เว้นแต่การทดสอบเพื่อยอมรับทำที่หน้างาน ความสูญเสียหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานในส่วนที่ขาดไป ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบต้องประเมินและระบุให้แก่ผู้ซื้อ ถ้าปรากฏว่าจำเป็นต้องทวนสอบลักษณะเฉพาะที่ระบุด้วยการทดสอบที่หน้างาน ต้องระบุไว้ในสัญญา

สำหรับการทดสอบเครื่องสูบแบบนี้ อาจใช้หรือไม่ใช้การรับประกันกับข้อต่อด้วยก็ได้



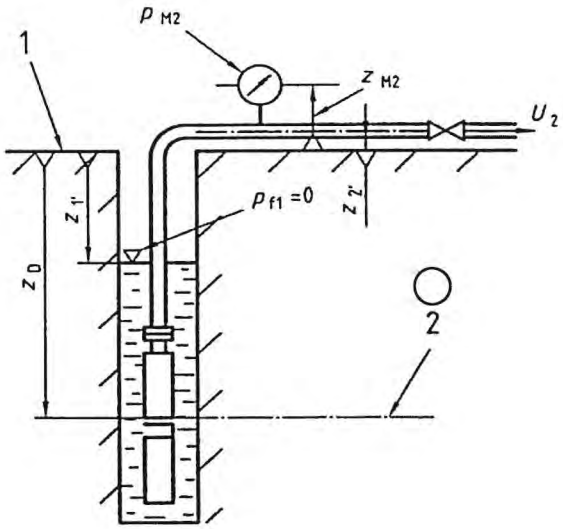
① ระนาบอ้างอิง
② ระนาบฐาน NPSH

$$H_1 = z_{1'} + \frac{p_{M1}}{\rho g} + \frac{p_{f1}}{\rho}\left(z_{M1} - z_{1'}\right)$$

$$H_2 = z_{2'} + \frac{p_{M2}}{\rho g} + \frac{p_{f2}}{\rho}\left(z_{M2} - z_{2'}\right) + \frac{U_2^2}{2g}$$

$$H = z_{2'} - z_{1'} + \frac{p_{M2} - p_{M1}}{\rho g} + \frac{p_{f2}\left(z_{M2} - z_{2'}\right) - p_{f1}\left(z_{M1} - z_{1'}\right)}{\rho} + \frac{U_2^2}{2g}$$

ก)



① ระนาบอ้างอิง
② ระนาบฐาน NPSH

$$H_1 = z_{1'}$$

$$H_2 = z_{2'} + \frac{p_{M2}}{\rho g} + \frac{p_{f2}}{\rho}\left(z_{M2} - z_{2'}\right) + \frac{U_2^2}{2g}$$

$$H = z_{2'} - z_{1'} + \frac{p_{M2}}{\rho g} + \frac{p_{f2}}{\rho}\left(z_{M2} - z_{2'}\right) + \frac{U_2^2}{2g}$$

ข)

รูปที่ 7 การวัดหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ H สำหรับแบบต่างๆ ของเครื่องสูบแบบจุ่มในของเหลว

8.2.4 ความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานที่ทางเข้าและทางออก

การรับประกันภายใต้ข้อ 4.1 อ้างถึงหน้าแปลนทางเข้าและทางออกเครื่องสูบ และโดยทั่วไปจุดที่วัดความดันที่ระยะห่างจากหน้าแปลนเหล่านี้ (ดูข้อ 8.2.1 ถึงข้อ 8.2.3) ดังนั้นอาจจำเป็นต้องเพิ่มหัวน้ำรวมของเครื่องสูบที่วัดด้วยความสูญเสียหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทาน (H_{J1} และ H_{J2}) ระหว่างจุดที่วัดกับหน้าแปลนเครื่องสูบ

การปรับแก้นั้นควรใช้เมื่อ

$H_{J1} + H_{J2} \geq 0.005\,H$ สำหรับเกรด 2 หรือ

$H_{J1} + H_{J2} \geq 0.002\,H$ สำหรับเกรด 1

ถ้าท่อระหว่างจุดที่วัดกับหน้าแปลนไม่มีสิ่งกีดขวาง เป็นท่อตรง มีภาคตัดขวางกลมสม่ำเสมอ และมีความยาว L ดังนั้น:

$$H_J = \lambda \frac{L}{D} \frac{U^2}{2g}$$

ค่าของ λ ควรหาได้จาก:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log_{10}\left[\frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3.7D}\right]$$

เมื่อ

k คือ ความหยาบสม่ำเสมอสมมูลของท่อ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

$\frac{k}{D}$ คือ ความหยาบสัมพัทธ์ (ไม่มีหน่วย)

ภาคผนวก ค. แสดงว่าการปรับแก้จำเป็นต้องทำหรือไม่ และจะคำนวณการปรับแก้ได้อย่างไร (ถ้าจำเป็น)

ถ้าท่อไม่เป็นไปตามที่กล่าวข้างต้น การปรับแก้ต้องตกลงกันเป็นพิเศษในสัญญา

8.3 การวัดระดับน้ำ

8.3.1 การจัดเตรียมภาคตัดที่วัด

ที่หน้างานการวัด การไหลต้องคงที่และต้องไม่มีการรบกวนเฉพาะที่ ถ้าพื้นผิวน้ำอิสระถูกรบกวนโดยคลื่นหรือคลื่นหัวเรียบขนาดเล็กอาจจำเป็นต้อง (ขึ้นอยู่กับแบบของอุปกรณ์วัดที่ใช้) จัดให้มีบ่อลดคลื่นหรือกล่องลดคลื่นติดต่อกับอ่างน้ำผ่านแผ่นเจาะรู รูทั้งหมดในแผ่นต้องเล็กเพียงพอ (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตรถึง 5 มิลลิเมตร) เพื่อหน่วงการกระเพื่อมของความดัน

8.3.2 เครื่องวัด

อาจใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบต่างๆ ตามแต่สภาพแวดล้อม (พื้นผิวอิสระเข้าถึงได้ คงตัว หรือถูกรบกวน ฯลฯ) และความแม่นที่ต้องการเกี่ยวกับหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ อุปกรณ์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นดังนี้

ก) เกจแนวดิ่งหรือแนวเอียง ที่ติดตั้งกับผนัง

ข) เกจแบบจุดหรือแบบตะขอ ซึ่งจำเป็นต้องมีบ่อลดคลื่นและชุดโครงรองรับเหนือพื้นผิวอิสระอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ค) เกจแบบแผ่น ประกอบด้วยจานโลหะแนวระดับแขวนจากแถบเทปเหล็กกล้าที่มีขีดแบ่งวัดระดับ

ง) เกจแบบลอย ใช้ในบ่อลดคลื่นเท่านั้น

จ) แมนอมิเตอร์แบบของเหลวในรูปแบบสัมบูรณ์หรือผลต่าง ตามที่อธิบายในข้อ 8.4.3.1

ฉ) เครื่องทำคาวิเทชัน โดยใช้การระบายอากาศอัด

ช) ตัวแปลงสัญญาณความดันแบบจุ่ม (immersed pressure transducer)

3 แบบสุดท้ายเหมาะสมเฉพาะในกรณีที่พื้นผิวอิสระไม่สามารถเข้าถึงได้

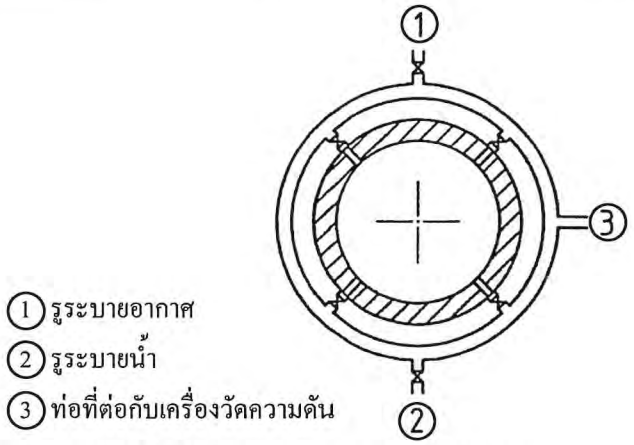
เครื่องวัดเหล่านี้อธิบายไว้ใน ISO 4373

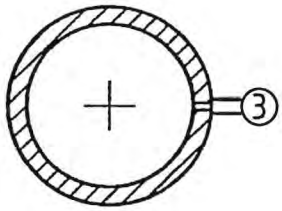
8.4 การวัดความดัน

8.4.1 ตัวต่อแยกความดัน (pressure tapping)

สำหรับการทดสอบเกรด 1 ต้องจัดให้มีตัวต่อแยกความดันสถิต 4 ตัว รอบๆ เส้นรอบวงของแต่ละภาคตัดที่วัด ดังแสดงในรูปที่ 8 ก)

สำหรับการทดสอบเกรด 2 ตามปกติเพียงพอที่จะมีตัวต่อแยกความดันสถิตเพียง 1 ตัวที่แต่ละภาคตัดที่วัด แต่เมื่อการหมุนวนหรือไม่สมมาตรมีผลกระทบต่อการไหล อาจจำเป็นต้องมี 2 ตัวหรือมากกว่า [ดูรูปที่ 8 ข)]

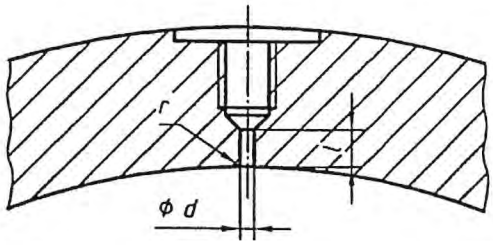




ก) เกรด 1: ตัวต่อแยก (tappings) ความดัน 4 ตัว ที่ต่อด้วยท่อร่วมแบบวงแหวน

ข) เกรด 2: ตัวต่อแยกความดัน 1 ตัว (หรือ 2 ตัวในตำแหน่งตรงข้าม)

รูปที่ 8 ตัวต่อแยกความดันสำหรับการทดสอบเกรด 1 และเกรด 2

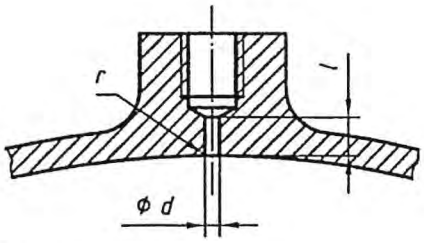


$l \geq 2.5\ d$

เมื่อ d = 3 มิลลิเมตร ถึง 6 มิลลิเมตร หรือ

1/10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ แล้วแต่อย่างใดเล็กกว่า

ก) ผนังหนา



$r \leq d/10$

ข) ผนังบาง

รูปที่ 9 ข้อกำหนดสำหรับตัวต่อแยกความดันสถิต

ยกเว้นในกรณีเฉพาะซึ่งตำแหน่งตัวต่อแยกความดันหาได้จากการจัดเตรียมวงจร (ดูข้อ 8.2.1.1 และข้อ 8.2.1.2) ตัวต่อแยกความดันไม่ควรอยู่ที่หรือใกล้กับจุดสูงสุดหรือจุดต่ำสุดของภาคตัดขวาง

ตัวต่อแยกความดันสถิตต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่แสดงในรูปที่ 9 และต้องปราศจากเสี้ยนและความไม่สม่ำเสมอ ตั้งฉากและเรียบเสมอกับผนังภายในท่อ

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวต่อแยกความดันต้องอยู่ระหว่าง 3 มิลลิเมตร ถึง 6 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 1/10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ แล้วแต่อย่างใดเล็กกว่า ความยาวของรูตัวต่อแยกความดันต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางรู

รูของท่อที่มีตัวต่อแยกความดันต้องสะอาด เรียบ และทนต่อปฏิกิริยาเคมีกับของเหลวที่สูบ การเคลือบใดๆ เช่น สี ที่ใช้ในรูของท่อต้องอยู่ในสภาพเดิม ถ้าเชื่อมท่อตามยาว รูตัวต่อแยกต้องห่างจากรอยเชื่อมที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

เมื่อใช้ตัวต่อแยกความดันหลายตัว ต้องต่อตัวต่อแยกความดันผ่านก็อกปิด (shut-off cock) ไปที่ท่อร่วมแบบวงแหวนที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางไม่น้อยกว่าผลรวมของพื้นที่ภาคตัดขวางของตัวต่อแยก ในลักษณะที่อาจวัดความดันจากตัวต่อแยกใดๆ ได้ถ้าต้องการ ก่อนทำการสังเกต ต้องวัดความดันที่ตัวต่อแยกแต่ละตัวที่เปิดต่อเนื่องกันในภาวะการทดสอบตามปกติของเครื่องสูบ ถ้าค่าที่อ่านได้ค่าใดค่าหนึ่งแสดงความแตกต่างมากกว่าร้อยละ 0.5 ของหัวน้ำรวมที่เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัด 4 ครั้ง หรือถ้าแสดงการเบี่ยงเบนมากกว่า 1 เท่าของหัวน้ำความเร็วในภาคตัดที่วัด ต้องค้นหาสาเหตุและแก้ไขภาวะการวัดก่อนเริ่มการทดสอบจริง

เมื่อใช้ตัวต่อแยกความดันเดียวกันสำหรับการวัด NPSH การเบี่ยงเบนนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 1 ของค่า NPSH หรือ 1 เท่าของหัวน้ำความเร็วทางเข้า

ท่อที่ต่อตัวต่อแยกความดันกับอุปกรณ์หน่วงที่เป็นไปได้ (ดูข้อ 5.4.2.2) และกับเครื่องวัดต้องมีขนาดรูไม่น้อยกว่าขนาดรูของตัวต่อแยกความดัน ระบบต้องปราศจากรอยรั่ว

จุดใดๆ ที่อยู่สูง ในเส้นทางของท่อที่ต่อต้องจัดให้มีวาล์วระบาย เพื่อไม่ให้ฟองอากาศเข้าไปในระหว่างการวัด

เมื่อใดก็ตามที่เป็นไปได้ แนะนำให้ใช้ท่อโปร่งใสเพื่อหาว่ามีอากาศในท่อหรือไม่ การชี้บอกเกี่ยวกับท่อที่ต่อให้ไว้ใน ISO 2186

8.4.2 การแก้ไขเมื่อความสูงแตกต่าง

การแก้ไขความดันที่อ่านค่าได้ p_M

เมื่อความสูงแตกต่าง $(z_M - z)$ ระหว่างกึ่งกลางของภาคตัดที่วัดกับระนาบอ้างอิงของเครื่องวัดความดันต้องทำโดยสมการต่อไปนี้

$$p = p_M + \rho_f \cdot g \cdot (z_M - z)$$

เมื่อ ρ_f คือ ความหนาแน่นของของไหลในท่อที่ต่อ

ควรระมัดระวังเพื่อให้แน่ใจว่าความยาวทั้งหมดของท่อที่ต่อบรรจุของไหลชนิดเดียวกัน ท่อต่อแนวระดับที่สั้น $(z_M - z \approx 0)$ จะลดความผิดพลาดที่เป็นไปได้ให้ต่ำที่สุด

8.4.3 เครื่องวัดความดัน

8.4.3.1 แมนอมิเตอร์แบบคอลัมน์ของเหลว

อาจใช้แมนอมิเตอร์แบบคอลัมน์ของเหลว ซึ่งไม่จำเป็นต้องสอบเทียบเพื่อวัดความดันต่ำ

ของเหลวในแมนอมิเตอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นน้ำและปรอท แต่อาจใช้ของเหลวอื่นที่มีความหนาแน่นเหมาะสมกับความดันที่วัดได้ด้วย ถ้าเป็นไปได้ต้องหลีกเลี่ยงการใช้คอลัมน์ของเหลวที่สูงน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ความยาวนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้แมนอมิเตอร์เอียงหรือโดยใช้ของเหลวในแมนอมิเตอร์อื่น ถ้าไม่สามารถทำได้ต้องคำนึงถึงโดยเฉพาะความผิดพลาดในการวัด

เพื่อที่จะลดผลกระทบจากรูเล็กให้ต่ำที่สุด ขนาดรูของหลอดแมนอมิเตอร์ต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร สำหรับเกจปรอท และไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร สำหรับเกจน้ำและเกจของเหลวอื่น และต้องเป็นขนาดเดียวกันในทั้ง 2 ช่องทาง

ต้องคงความสะอาดของของเหลวในแมนอมิเตอร์และของพื้นผิวภายในหลอด เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดเนื่องจากการแปรผันของแรงตึงผิว

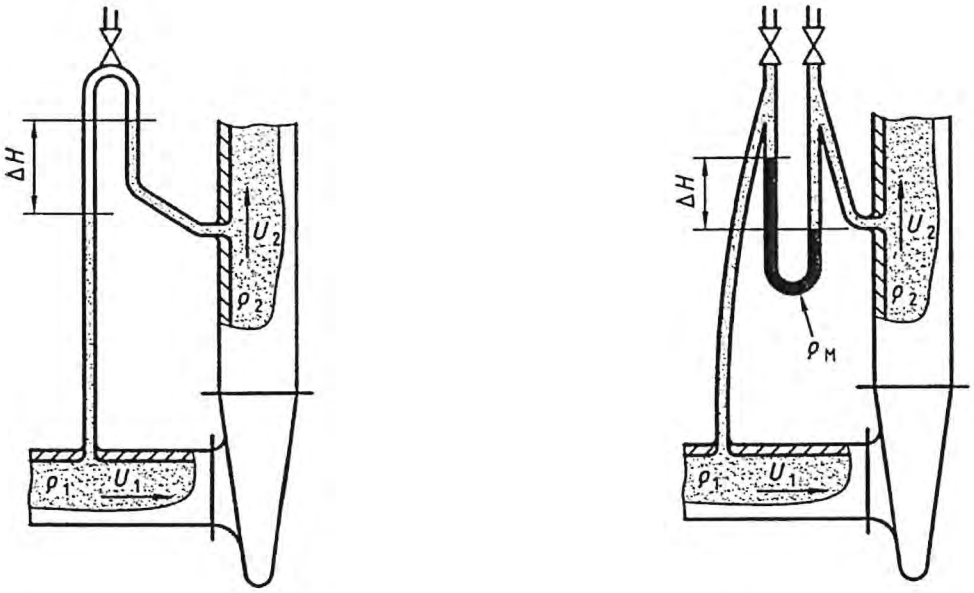
การออกแบบแมนอมิเตอร์ต้องเป็นในลักษณะที่มีความผิดพลาดที่เกิดจากมุมมองที่ต่างกันมีน้อยที่สุด

ช่วงระหว่างขีดแบ่งมาตราส่วน 2 ขีด ตามปกติต้องเป็น 1 มิลลิเมตร

แมนอมิเตอร์แบบคอลัมน์ของเหลวอาจเป็นแบบปลายเปิดหรือปลายปิด โดยที่อากาศในวงจรที่ต่อทั้งสองข้างถูกอัดจนถึงปริมาณที่ต้องการเพื่อยอมให้อ่านค่าหัวน้ำแตกต่างบนมาตราส่วนได้ หรือเป็นรูปแบบหลอดรูปตัวยูที่เติมด้วยของเหลวในแมนอมิเตอร์ ในกรณีแรก ความดันวัดจากระนาบอ้างอิงคงที่และอยู่เหนือความดันบรรยากาศโดยรอบซึ่งถือว่าคงที่ 2 แบบหลังยอมให้หาหัวน้ำรวมของเครื่องสูบได้จากการวัดแตกต่างครั้งเดียว (ดูรูปที่ 10)

เมื่อท่อที่ต่อมีอากาศอยู่ อาจเกิดคอลัมน์ตกค้าง (ความสูง h) ของของเหลวที่สูบเหลืออยู่ที่ระดับของปรอท ดังนั้น

$$p = p_{\mathrm{M}} - |\rho\, g\, h|$$



$$H = \Delta H + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g}$$

ก) แมนอมิเตอร์แบบผลต่างแบบน้ำ-อากาศ

$$H = \frac{p_{\mathrm{M}} - \rho_1}{\rho_1}\Delta H + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g}$$

ข) แมนอมิเตอร์แบบผลต่างแบบปรอท

หมายเหตุ แบบเขียน แสดงเพียงหลักการและไม่มีรายละเอียดทางเทคนิค

รูปที่ 10 การหาหัวน้ำรวมของเครื่องสูบด้วยแมนอมิเตอร์แบบผลต่าง

8.4.3.2 แมนอมิเตอร์แบบน้ำหนักตายตัว

สำหรับความดันเกินกว่าที่จะสามารถใช้แมนอมิเตอร์แบบคอลัมน์ของเหลวได้ แมนอมิเตอร์แบบน้ำหนักตายตัว (แบบลูกสูบ) เหมาะสำหรับใช้ในทางปฏิบัติไม่ว่าจะเป็นเรื่องของรูปแบบที่ง่ายหรือความหลากหลาย อย่างไรก็ตาม สามารถใช้ได้เฉพาะที่ความดันมากกว่าความดันต่ำสุดที่สมนัยกับน้ำหนักของชุดชิ้นส่วนที่หมุน

สามารถใช้เส้นผ่านศูนย์กลางประสิทธิผล D_c ของแมนอมิเตอร์แบบธรรมดาเท่ากับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ D_p (ที่วัดได้โดยตรง) กับเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ D_c ซึ่งสามารถใช้สำหรับการคำนวณความดันโดยไม่ต้องสอบเทียบเพิ่มเติม ถ้าก่อนการทดสอบเป็นไปตามภาวะต่อไปนี้

$$\frac{D_c - D_p}{D_c + D_p} \leq 0.1\%$$

ความเสียดทานระหว่างลูกสูบกับกระบอกสูบในทางปฏิบัติอาจขจัดได้โดยการหมุนลูกสูบที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 30 รอบต่อนาที

แนะนำให้ตรวจสอบแมนอมิเตอร์แบบน้ำหนักด้วยการเปรียบเทียบกับแมนอมิเตอร์แบบคอลัมน์ของเหลว เพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบประสิทธิผลให้กว้างที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ตลอดพิสัยความดัน

8.4.3.3 เกจความดันแบบสปริง

เกจแบบนี้ใช้การเบนทางกลของวงวนของหลอด ที่เรียบหรือเวียนก้นหอย (เกจหน้าปัดบูร์ดอน) หรือแผ่น (membrane) เพื่อชี้บอกความดัน

ถ้าใช้เครื่องวัดแบบนี้เพื่อวัดความดันที่ทางเข้าหรือทางออก แนะนำให้

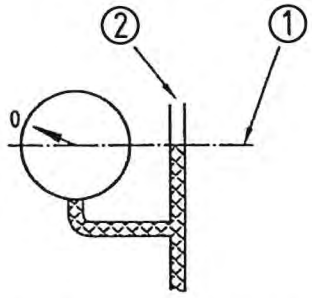
ก) ใช้เครื่องวัดแต่ละเครื่องภายในพิสัยการวัดที่เหมาะที่สุด (มากกว่าร้อยละ 40 ของค่าเต็มมาตราส่วน)

ข) ช่วงระหว่างขีดแบ่งมาตราส่วนต่อเนื่องกัน 2 ขีด อยู่ระหว่าง 1.5 มิลลิเมตร ถึง 3 มิลลิเมตร

ค) การแบ่งนั้นสมนัยกับค่าสูงสุดของร้อยละ 5 ของหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ

การสอบเทียบเครื่องวัดนี้ต้องตรวจสอบเป็นประจำ

รูปที่ 11 แสดงการจัดเตรียมสำหรับการหาระนาบอ้างอิงของเกจวัดความดันแบบสปริง



① ระนาบอ้างอิงของแมนอมิเตอร์
② เปิดสู่บรรยากาศ

รูปที่ 11 การจัดเตรียมสำหรับการหาระนาบอ้างอิงของเกจความดันแบบสปริง

8.4.3.4 แมนอมิเตอร์แบบอื่น

ตัวแปลงสัญญาณความดันมีความหลากหลายมาก (แบบสัมบูรณ์หรือแบบผลต่าง) บนพื้นฐานของการแปรผันสมบัติทางกล และ/หรือ สมบัติทางไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งอาจใช้ได้หากมีความแม่น การทำซ้ำได้ และความเชื่อถือได้ที่ต้องการ ให้ใช้ตัวแปลงสัญญาณภายในพิสัยการวัดที่เหมาะที่สุด และสอบเทียบตัวแปลง

สัญญาณร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นประจำโดยเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดความดันที่มีความแม่นและความเชื่อถือได้สูงกว่า

9. การวัดความเร็วรอบ

ความเร็วรอบสามารถวัดได้ด้วยการนับจำนวนรอบในช่วงเวลาที่วัด ด้วยมาตรอัตรารอบที่อ่านค่าได้โดยตรง ด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับสำหรับวัดความเร็วรอบ ด้วยตัวนับแบบเชิงแสงหรือแบบแม่เหล็กหรือด้วยสตรอโบสโคป

ในกรณีที่เครื่องสูบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสสลับ ความเร็วรอบยังสามารถหาได้จากการสังเกตความถี่กริดและข้อมูลสลิปของมอเตอร์ซึ่งให้มาโดยผู้ทำมอเตอร์หรือวัดได้โดยตรง (เช่น การใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ) ความเร็วรอบหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$n = \frac{2}{i}\left(f - \frac{j}{\Delta t} \right)$$

เมื่อ

i คือ จำนวนขั้วของมอเตอร์

f คือ ความถี่กริดที่วัดได้ หน่วยเป็นเฮิรตซ์

j คือ จำนวนภาพที่วัดได้ในระหว่างช่วงเวลา Δt ด้วยสตรอโปสโคปที่ซิงโครนัสกับกริด

ในกรณีที่ความเร็วรอบไม่สามารถวัดได้โดยตรง (เช่น สำหรับเครื่องสูบแบบจุ่มในของเหลว) โดยทั่วไปการตรวจสอบความถี่กริดและแรงดันไฟฟ้าก็ถือว่าเพียงพอแล้ว

10. การวัดกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ

10.1 ทั่วไป

กำลังด้านเข้าเครื่องสูบให้หาจากการวัดความเร็วรอบและทอร์ก หรือจากการวัดกำลังไฟฟ้าด้านเข้าของมอเตอร์ที่ทราบประสิทธิภาพ ซึ่งต่อควบโดยตรงกับเครื่องสูบ

ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าด้านเข้ามอเตอร์ที่ต่อควบกับเฟืองกลาง หรือความเร็วรอบและทอร์กวัดด้วยทอร์กมิเตอร์ระหว่างเฟืองกับมอเตอร์ถูกใช้สำหรับการหากำลังด้านเข้าเครื่องสูบ วิธีหาความสูญเสียเนื่องจากเฟืองลดต้องระบุไว้ในสัญญา

ดู ISO 5198 สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมในการทดสอบที่อธิบายไว้ดังต่อไปนี้

10.2 การวัดทอร์ก

ทอร์กต้องวัดด้วยไดนาโมมิเตอร์ที่เหมาะสมหรือทอร์กมิเตอร์ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 8

การวัดทอร์กและความเร็วรอบต้องทำในเวลาเดียวกัน (ภายในขีดจำกัดในทางปฏิบัติ)

10.3 การวัดกำลังไฟฟ้า

ในกรณีที่ใช้กำลังไฟฟ้าด้านเข้าของมอเตอร์ที่ต่อควบโดยตรงกับเครื่องสูบ เพื่อหากำลังด้านเข้าเครื่องสูบ มอเตอร์ต้องทำงานภายใต้ภาวะซึ่งทราบประสิทธิภาพอย่างแม่นเพียงพอเท่านั้น ประสิทธิภาพมอเตอร์ต้องหาตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง และต้องระบุโดยผู้ทำมอเตอร์

ประสิทธิภาพนี้ไม่ได้คำนึงถึงความสูญเสียในสายไฟฟ้าของมอเตอร์

กำลังไฟฟ้าด้านเข้าของมอเตอร์กระแสสลับต้องวัดด้วยวิธีวัตต์มิเตอร์ 2 เครื่อง หรือวิธีวัตต์มิเตอร์ 3 เครื่อง ซึ่งยอมให้ใช้วัตต์มิเตอร์เฟสเดียว หรือวัตต์มิเตอร์ที่วัด 2 เฟส หรือ 3 เฟสในเวลาเดียวกัน หรือวัตต์-ชั่วโมง-มิเตอร์แบบรวม

ในกรณีของมอเตอร์กระแสตรง อาจใช้ได้ทั้งวัตต์มิเตอร์ หรือแอมป์มิเตอร์และโวลต์มิเตอร์

แบบและชั้นความแม่นของเครื่องวัดสำหรับวัดกำลังไฟฟ้า ต้องเป็นไปตาม IEC 60051

10.4 กรณีพิเศษ

10.4.1 เครื่องสูบที่ปลายทางไม่สามารถเข้าถึงได้

ในกรณีของชุดมอเตอร์และเครื่องสูบรวมกัน (เช่น เครื่องสูบแบบจุ่มในของเหลว หรือเครื่องสูบแบบหล่อชิ้นเดียว หรือเครื่องสูบและมอเตอร์แยกกันที่รับประกันประสิทธิภาพโดยรวม) กำลังของชุดต้องวัดที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์ถ้าเข้าถึงได้ เมื่อเกี่ยวข้องกับเครื่องสูบแบบจุ่มในของเหลว การวัดที่ปลายสายไฟฟ้าด้านไฟเข้า จะได้รับผลกระทบจากความสูญเสียในสายไฟฟ้าที่รวมอยู่ด้วยและให้ระบุไว้ในสัญญาประสิทธิภาพที่ให้ต้องเป็นของชุดรวมที่ถูกต้อง ไม่รวมถึงความสูญเสียในสายไฟฟ้าและตัวเริ่มเดินเครื่อง

10.4.2 เครื่องสูบแบบบ่อลึก

ในกรณีนี้ ต้องคำนึงถึงกำลังที่ดูดกลืนโดยรองลื่นแบบรับแรงผลัก และเพลาแนวดิ่งและรองลื่นแนวดิ่ง

เนื่องจากโดยทั่วไปเครื่องสูบแบบบ่อลึกทดสอบกับท่อยืนทั้งหมดที่ติดตั้ง ยกเว้นการทดสอบเพื่อยอมรับทำที่หน้างาน ความสูญเสียในรองลื่นแบบรับแรงผลักและเพลาแนวดิ่งต้องประเมินและระบุโดย ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ

10.4.3 ชุดมอเตอร์และเครื่องสูบที่มีรองลื่นตามแนวแกนร่วมกัน (ไม่ใช่เครื่องสูบที่ต่อควบแบบปิด)

ในกรณีนี้ ถ้ากำลังและประสิทธิภาพของมอเตอร์และของเครื่องสูบต้องหาแยกกัน ต้องคำนึงถึงอิทธิพลของแรงผลักตามแนวแกนและอิทธิพลที่เป็นไปได้ของน้ำหนักของโรเตอร์เครื่องสูบต่อความสูญเสียในรองลื่นแบบรับแรงผลัก

10.4.4 การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของชุดเครื่องสูบ

เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดเครื่องสูบ ให้วัดกำลังด้านเข้าและกำลังด้านออกเท่านั้น โดยตัวขับทำงานภายใต้ภาวะที่ระบุในสัญญา ในการทดสอบนี้ไม่เกิดสัดส่วนของความสูญเสียระหว่างตัวขับกับเครื่องสูบหรือความสูญเสียใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลระหว่างกลาง เช่น กล่องเฟือง หรืออุปกรณ์ปรับความเร็วรอบได้

11. การทดสอบการเกิดคาวิเทชัน

11.1 ทั่วไป

11.1.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบการเกิดคาวิเทชัน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เกี่ยวข้องเฉพาะกับการวัดสมรรถนะไฮดรอลิกของเครื่องสูบ (การแปรผันของหัวน้ำ อัตราการไหล ประสิทธิภาพ) และไม่เกี่ยวข้องกับผลกระทบอื่นซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้โดยการเกิดคาวิเทชัน (เสียงรบกวน การสั่น ความเสียหายของวัสดุ ฯลฯ)

ห้ามใช้การทดสอบการเกิดคาวิเทชัน เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องสูบจะปราศจากการกร่อนเนื่องจากคาวิเทชันในระหว่างอายุการใช้งาน

การเกิดคาวิเทชัน สามารถตรวจหาได้จากการลดลงของหัวน้ำหรือประสิทธิภาพที่อัตราการไหลที่กำหนด หรือการลดลงของอัตราการไหลหรือประสิทธิภาพที่หัวน้ำกำหนด โดยส่วนใหญ่ใช้เกณฑ์ของหัวน้ำตกที่อัตราการไหลที่กำหนด ในกรณีของเครื่องสูบแบบหลายขั้น หัวน้ำตกต้องสัมพันธ์กับหัวน้ำของขั้นแรกซึ่งควรวัดถ้าเข้าถึงได้

ในแทบทุกกรณี การทดสอบการเกิดคาวิเทชันจะทำกับน้ำเย็นสะอาด การทดสอบการเกิดคาวิเทชันไม่สามารถคาดคะเนพฤติกรรมของเครื่องสูบกับของเหลวอื่นที่ไม่ใช่น้ำเย็นสะอาดได้อย่างแม่นยำ (ดูข้อ 5.4.5)

ในกรณีของการทดสอบกับของเหลวที่อุณหภูมิสูงหรือใกล้กับจุดวิกฤต การวัด NPSH ที่มีความแม่นที่ต้องการอาจทำได้ยากหรือไม่สามารถทำได้ (ดูข้อ 11.3.3)

11.1.2 แบบของการทดสอบ

11.1.2.1 การทวนสอบลักษณะเฉพาะที่รับประกันที่ NPSHA ที่ระบุ

การตรวจสอบอาจทำได้ง่ายเพื่อหาสมรรถนะไฮดรอลิกของเครื่องสูบที่ NPSHA ที่ระบุโดยไม่มีการสำรวจหาผลกระทบของการเกิดคาวิเทชัน

เครื่องสูบจะเป็นไปตามข้อกำหนด ถ้าหัวน้ำรวมของเครื่องสูบและประสิทธิภาพที่รับประกันหาได้ตามข้อ 6.4.1 ภายใต้อัตราการไหลที่ระบุและภายใต้ NPSHA ที่ระบุ

11.1.2.2 การทวนสอบการหายไปของอิทธิพลของการเกิดคาวิเทชันต่อสมรรถนะที่ NPSHA ที่ระบุ

การตรวจสอบอาจทำเพื่อแสดงว่าสมรรถนะไฮดรอลิกของเครื่องสูบไม่มีผลกระทบจากการเกิดคาวิเทชันที่ภาวะการทำงานที่ระบุ

เครื่องสูบจะเป็นไปตามข้อกำหนด ถ้าการทดสอบที่ค่า NPSH สูงกว่าค่า NPSHA ที่ระบุให้หัวน้ำรวมและประสิทธิภาพเดียวกันที่อัตราการไหลเดียวกัน

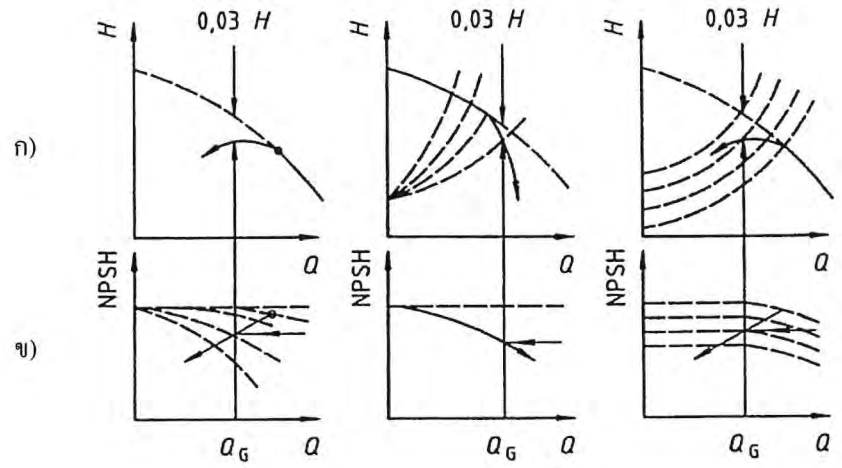
11.1.2.3 การหา NPSH3

ในการทดสอบนี้ NPSH จะลดลงแบบก้าวหน้าจนกระทั่งการตกของหัวน้ำรวม (ของขั้นแรก) ที่อัตราการไหลคงที่ถึงร้อยละ 3 ค่า NPSH นี้คือ NPSH3 (ดูตารางที่ 11 และรูปที่ 12 ถึงรูปที่ 14)

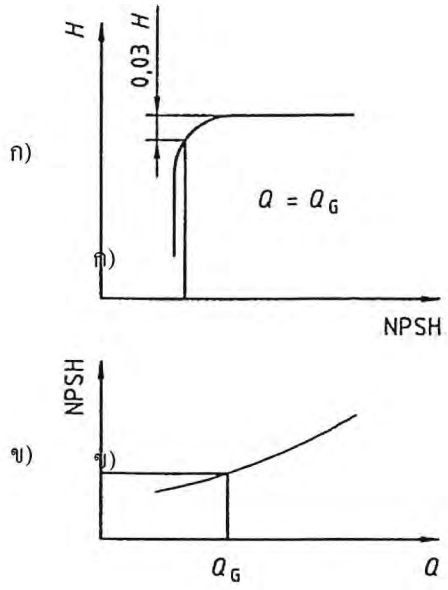
สำหรับเครื่องสูบที่หัวน้ำต่ำมาก อาจจะตกลงยอมให้มีหัวน้ำตกมากขึ้น

ตารางที่ 11 วิธีหา NPSH3

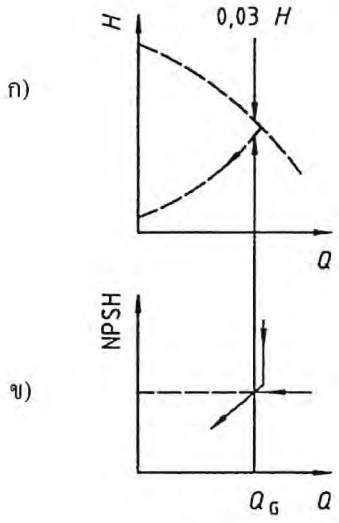
แบบของการติดตั้ง	อ่างเปิด	อ่างเปิด	อ่างเปิด	อ่างเปิด	อ่างเปิด	วงรอบปิด	วงรอบปิด	วงรอบปิด	อ่างปิดหรือวงรอบปิด
ตัวแปรอิสระ	ลิ้นปีกผีเสื้อทางเข้า	ลิ้นปีกผีเสื้อทางออก	ระดับน้ำ	ลิ้นปีกผีเสื้อทางเข้า	ระดับน้ำ	ความดันในแท็งก์	อุณหภูมิ (ความดันไอ)	ความดันในแท็งก์	อุณหภูมิ (ความดันไอ)
ค่าคงตัว	ลิ้นปีกผีเสื้อทางออก	ลิ้นปีกผีเสื้อทางเข้า	ลิ้นปีกผีเสื้อทางเข้าและทางออก	อัตราการไหล	อัตราการไหล	อัตราการไหล	อัตราการไหล	ลิ้นปีกผีเสื้อทางเข้าและทางออก	
ปริมาณซึ่งการแปรผันขึ้นอยู่กับการควบคุม	หัวน้ำรวม อัตราการไหล NPSHA ระดับน้ำ	หัวน้ำรวม อัตราการไหล NPSHA ระดับน้ำ	หัวน้ำรวม อัตราการไหล NPSHA	NPSHA หัวน้ำรวม ลิ้นปีกผีเสื้อทางออก (สำหรับอัตราการไหลคงที่)	NPSHA หัวน้ำรวม ลิ้นปีกผีเสื้อทางออก	หัวน้ำรวม NPSHA ลิ้นปีกผีเสื้อทางออก (สำหรับอัตราการไหลคงที่ เมื่อหัวน้ำรวมเริ่มตก)	NPSHA หัวน้ำ ลิ้นปีกผีเสื้อทางออก (สำหรับอัตราการไหลคงที่ เมื่อหัวน้ำรวมเริ่มตก)	NPSHA หัวน้ำรวมและอัตราการไหล เมื่อถึงระดับการเกิดคาวิเทชันที่แน่นอน	
เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของหัวน้ำเทียบกับอัตราการไหลและ NPSH	ดูรูปที่ 12 ก)			ดูรูปที่ 13 ก)				ดูรูปที่ 14 ก)	
เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของ NPSH เทียบกับอัตราการไหล	ดูรูปที่ 12 ข)			ดูรูปที่ 13 ข)				ดูรูปที่ 14 ข)	



รูปที่ 12



รูปที่ 13



รูปที่ 14

11.1.2.4 การทดสอบการเกิดคาวเทิชันอื่น

อาจใช้เกณฑ์การเกิดคาวิเทชันอื่น (เช่น การเพิ่มขึ้นของเสียงรบกวน) และการทดสอบการเกิดคาวิเทชันแบบที่สมนัยกัน ในกรณีนี้จำเป็นต้องมีการตกลงกันเป็นพิเศษในสัญญา

11.2 การติดตั้งการทดสอบ

11.2.1 ทั่วไป

การทดสอบที่อธิบายในข้อ 11.1.2 สามารถทำด้วยวิธีอื่นที่ชี้บอกในตารางที่ 11 และการติดตั้งใดๆ ที่อธิบายในข้อต่อไปนี้

เป็นไปได้ที่จะปรับพารามิเตอร์ควบคุม 2 ตัว และรักษาอัตราการไหลให้คงที่ในระหว่างการทดสอบ แต่โดยทั่วไปทำได้ยาก

11.2.2 ลักษณะเฉพาะทั่วไปของวงจร

วงจรทดสอบต้องเป็นลักษณะที่เมื่อปรากฏว่ามีการเกิดคาวิเทชันขึ้นในเครื่องสูบ ต้องไม่เกิดขึ้นที่อื่นเป็นปริมาณที่มีผลกระทบกับเสถียรภาพของการทำงานตามที่กำหนดของการติดตั้งหรือการวัดสมรรถนะเครื่องสูบ

ต้องแน่ใจว่าการเกิดคาวิเทชัน และฟองและการกำจัดอากาศ เนื่องจากการเกิดคาวิเทชันในเครื่องสูบไม่มีผลกระทบกับการทำงานของเครื่องวัด โดยเฉพาะอุปกรณ์วัดการไหล

ภาวะการวัดของเครื่องทดสอบการเกิดคาวิเทชัน (ไม่ว่าจะเป็นแบบเดียวกับที่ใช้สำหรับการหาเส้นโค้งประสิทธิภาพหรือไม่) ต้องเป็นไปตามภาวะที่ระบุในข้อ 5.3 และข้อ 5.4

แบบของการติดตั้งที่อธิบายในข้อ 11.2.4 อาจทำให้จำเป็นต้องใช้วาวล์ควบคุมค่าชนิดพิเศษที่ทางเข้าและทางออก เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดคาวิเทชันในสิ่งเหล่านี้ซึ่งสามารถมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์

การเกิดคาวิเทชันในการไหลผ่านลิ้นปีกผีเสื้อบางครั้งสามารถป้องกันได้โดยใช้อุปกรณ์ปรับได้ 2 ตัวหรือมากกว่ามาต่ออนุกรมกัน หรือโดยจัดเตรียมลิ้นปีกผีเสื้อเพื่อส่งตรงเข้าไปในภาชนะปิดหรือแท็งก์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ ที่ต่ออยู่ระหว่างลิ้นปีกผีเสื้อและทางเข้าเครื่องสูบ อาจจำเป็นต้องใช้แผ่นกั้นและอุปกรณ์แยกอากาศออกจากภาชนะนั้น โดยเฉพาะเมื่อ NPSH มีค่าต่ำ

เมื่อปิดลิ้นปีกผีเสื้อบางส่วน จำเป็นต้องทำให้แน่ใจว่าท่อเต็มไปด้วยของเหลวและการกระจายความดันและความเร็วที่ภาคตัดที่วัดทางเข้าสม่ำเสมอ อาจทำได้โดยใช้อุปกรณ์ดัดการไหลให้ตรงที่เหมาะสม และ/หรือท่อตรงยาวอย่างน้อย 12*D* ที่ทางเข้าเครื่องสูบ

11.2.3 ลักษณะเฉพาะของของเหลวทดสอบ

ของเหลวต้องสะอาดและใส และไม่ควรมีวัตถุที่เป็นของแข็ง ก่อนการทดสอบควรกำจัดอากาศออกเท่าที่จะเป็นไปได้

การกำจัดอากาศในน้ำที่ใช้สำหรับการทดสอบการเกิดคาวิเทชัน จำเป็นก็ต่อเมื่อในทางปฏิบัติใช้เครื่องสูบกับน้ำที่กำจัดก๊าซแล้วเท่านั้น

ในทางกลับกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการกำจัดอากาศในส่วนใดๆ ของเครื่องสูบ น้ำในวงจรไม่ควรอิ่มตัวยิ่งยวด

ภาวะการไหลทั่วไปต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.3 และข้อ 5.4 โดยเฉพาะที่ทางเข้าของเครื่องสูบ

11.2.4 แบบต่างๆ ของการติดตั้ง

หมายเหตุ 1 ในข้อ 11.2.4.1 ถึงข้อ 11.2.4.3 อธิบายแบบต่างๆ ของการติดตั้งซึ่งอาจใช้ได้ การติดตั้งนั้นอาจไม่เหมาะสมสำหรับของเหลวอื่นที่ไม่ใช่น้ำเย็น เนื่องจากความไม่แน่นอนของการวัดอุณหภูมิอาจทำให้เกิดความผิดพลาดเกินค่าที่กำหนดในการหาความดันไอ

หมายเหตุ 2 การทดสอบที่ใช้การติดตั้งที่อธิบายในข้อ 11.2.4.1 และข้อ 11.2.4.2 จะให้ความเที่ยงและผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบที่ใช้การติดตั้งที่อธิบายในข้อ 11.2.4.3

11.2.4.1 การจัดวงรอบปิด

ติดตั้งเครื่องสูบในวงรอบปิดของท่อดังแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความดัน ระดับ หรืออุณหภูมิทำให้ NPSH แปรผันโดยไม่มีอิทธิพลต่อหัวน้ำเครื่องสูบหรืออัตราการไหลจนกระทั่งมีการเกิดคาวิเทชันในเครื่องสูบ

อาจจำเป็นต้องจัดการหล่อเย็นหรือการให้ความร้อนของเหลวในวงรอบ เพื่อคงอุณหภูมิที่ต้องการ และอาจจำเป็นต้องใช้แท็งก์แยกก๊าซด้วย

อาจจำเป็นต้องใช้วงรอบหมุนเวียนกลับของเหลวเพื่อหลีกเลี่ยงความแตกต่างอุณหภูมิที่ยอมรับไม่ได้ในแท็งก์ทดสอบ

แท็งก์ต้องมีขนาดเพียงพอและออกแบบในลักษณะที่ป้องกันการดูดอากาศเข้าไปในเครื่องสูบด้านทางเข้า นอกจากนี้ อาจจำเป็นต้องใช้ตะแกรงกั้นลดคลื่นในแท็งก์ถ้าความเร็วเฉลี่ยเกิน 0.25 เมตรต่อวินาที

11.2.4.2 อ่างเปิดที่มีการควบคุมระดับ

เครื่องสูบดึงของเหลวผ่านท่อที่ไม่มีสิ่งกีดขวางจากอ่างซึ่งระดับของพื้นผิวของเหลวอิสระอาจปรับได้ (รูปที่ 16)

11.2.4.3 อ่างเปิดที่มีลิ้นปีกผีเสื้อ

ความดันของของเหลวที่เข้าไปในเครื่องสูบถูกปรับด้วยลิ้นปีกผีเสื้อที่ติดตั้งในท่อทางเข้าที่ระดับต่ำสุดเท่าที่จะทำได้ (รูปที่ 17)

11.3 การหา NPSH ที่ต้องการของเครื่องสูบ

11.3.1 วิธีวัดปริมาณต่างๆ

หากมิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น วิธีสำหรับการวัดหัวน้ำ อัตราการไหล ความเร็วรอบ และ (ถ้าจำเป็น) กำลังด้านเข้าในระหว่างการทดสอบการเกิดคาวิเทชันให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7. ถึงข้อ 10.

จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อให้แน่ใจว่าในการวัดการไหลการเกิดคาวิเทชันไม่มีผลกระทบกับความแม่นของมาตรอัตราการไหล จำเป็นต้องระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงอากาศเข้าผ่านทางข้อต่อและปลอก (เช่น โดยการใช้ ตัวกันน้ำรั่ว/แผ่นกั้นของเหลว)

ถ้าภาวะการทดสอบไม่เสถียรจนทำให้ต้องอ่านค่าซ้ำ ยอมให้มีการปรับ NPSH จนถึงค่าสูงสุด

- 1.5 เท่าของค่าที่ให้สำหรับหัวน้ำในตารางที่ 7 หรือ
- 0.2 เมตร

แล้วแต่อย่างใดสูงกว่า

11.3.2 การหาความดัน

ความดันไอของของเหลวทดสอบที่เข้าไปในเครื่องสูบต้องหาโดยมีความแม่นเพียงพอเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 11.3.3 เมื่อความดันไอหาได้จากข้อมูลมาตรฐานและการวัดอุณหภูมิของของเหลวที่เข้าไปในเครื่องสูบ ต้องระบุความแม่นที่ต้องการของการวัดอุณหภูมิ

แหล่งของข้อมูลมาตรฐานที่ใช้ต้องตกลงกันระหว่าง ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ กับผู้ซื้อ

ส่วนแอ็กทิฟของโพรบวัดอุณหภูมิต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 1/8 ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อทางเข้าวัดจากผนังของท่อทางเข้า ถ้าการจุ่มส่วนวัดอุณหภูมิในการไหลทางเข้าน้อยกว่าที่กำหนดโดยผู้ทำเครื่องวัด ต้องสอบเทียบที่ความลึกที่จุ่ม

ต้องระมัดระวังเพื่อให้แน่ใจว่าโพรบวัดอุณหภูมิที่ใส่เข้าไปในท่อทางเข้าเครื่องสูบไม่มีอิทธิพลต่อการวัดความดันทางเข้า

11.3.3 ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนสำหรับ NPSHR

ค่าที่ยอมให้สูงสุดของความแตกต่างระหว่าง NPSHR ที่วัดได้กับ NPSHR ที่รับประกันคือ

- สำหรับเกรด 1 : $t_{NPSHR} = +3\ \%$ หรือ $t_{NPSHR} = +0.15$ เมตร
- สำหรับเกรด 2 : $t_{NPSHR} = +6\ \%$ หรือ $t_{NPSHR} = +0.30$ เมตร

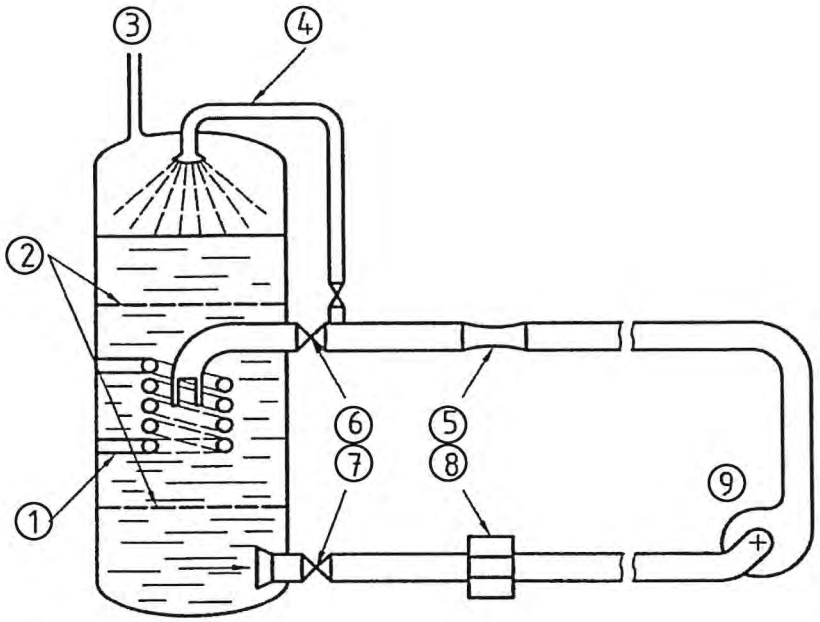
แล้วแต่อย่างใดมากกว่า

การใช้สูตรต่อไปนี้จะเป็นไปตามการรับประกันถ้า

$$(NPSHR)_G + t_{NPSHR} \cdot (NPSHR)_G \geq (NPSHR)_{measured}$$ หรือ

$(NPSHR)_G$ + (0.15 เมตร หรือ 0.3 เมตร ตามลำดับ) $\geq (NPSHR)_{measured}$

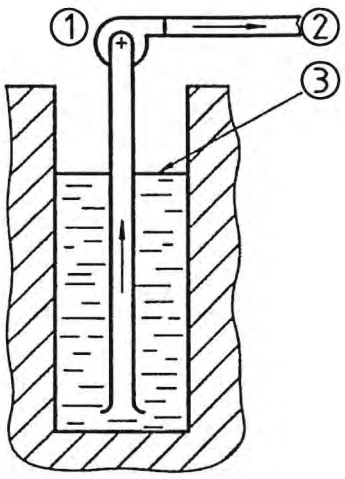
รูปที่ 15 ถึงรูปที่ 17 แสดงหลักการแต่ไม่มีรายละเอียดทางเทคนิคและสามารถใช้เป็นตัวอย่างได้



หมายเหตุ การหล่อเย็นด้วยคอยล์อาจแทนด้วยการฉีดน้ำเย็นเหนือพื้นผิวอิสระของของเหลวและการแยกน้ำร้อน

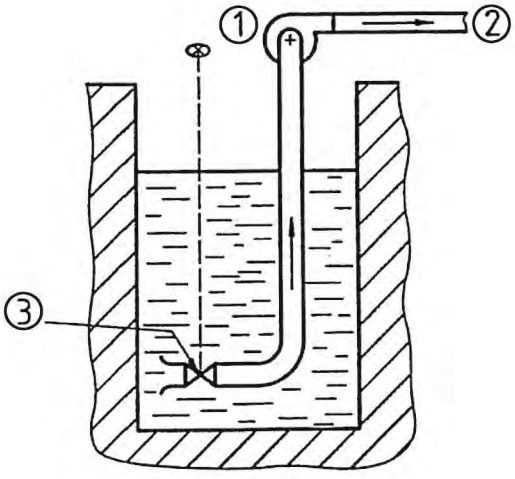
① คอยล์ระบายความร้อนหรือให้ความร้อน
② ตระแกรงกั้นลดคลื่น
③ ไปยังตัวควบคุมสุญญากาศหรือความดัน
④ หัวฉีดพ่นสำหรับการกำจัดอากาศในของเหลว
⑤ มาตรวัดอัตราการไหล
⑥ วาล์วควบคุมการไหล
⑦ วาล์วแยก (isolating valve)
⑧ จุดวัดปริมาณก๊าซ
⑨ เครื่องสูบทดสอบ

รูปที่ 15 การทดสอบคาวิเทชัน การแปรผันของ NPSH โดยวงจรปิด ที่ควบคุมความดัน และ/หรือ อุณหภูมิ



① เครื่องสูบทดสอบ
② ไปยังวาล์วควบคุมการไหลและมาตรอัตราการไหล
③ ระดับน้ำปรับได้

รูปที่ 16 การทดสอบคาวิเทชัน การแปรผันของ NPSH โดยการควบคุมระดับของเหลวที่อ่างทางเข้าเครื่องสูบ



① เครื่องสูบทดสอบ
② ไปยังวาล์วควบคุมการไหลและมาตรอัตราการไหล
③ วาล์วควบคุมความดันทางเข้า

รูปที่ 17 การทดสอบคาวิเทชัน การแปรผันของ NPSH ด้วยวาล์วควบคุมความดันทางเข้า

ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนสำหรับเครื่องสูบที่ผลิตเป็นอนุกรมและทำการเลือกจากเส้นโค้งสมรรถนะทั่วไป และสำหรับเครื่องสูบที่ตัวขับมีกำลังด้านเข้าน้อยกว่า 10 กิโลวัตต์ (เกี่ยวกับเครื่องสูบอนุกรม เกรด 2)

หมายเหตุ ภาคผนวกนี้ใช้กับพิสัยการใช้งานที่ยอมให้ของเครื่องสูบเท่านั้น

ก.1 เครื่องสูบที่ผลิตเป็นอนุกรมและทำการเลือกจากเส้นโค้งสมรรถนะทั่วไป

เส้นโค้งสมรรถนะในแคตตาล็อกแสดงสมรรถนะเฉลี่ย (ไม่ใช่ค่าต่ำสุด) ของอนุกรมเครื่องสูบที่เป็นแบบเดียวกัน ซึ่งใช้กับประสิทธิภาพและกำลังด้านเข้าด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นและความคลาดเคลื่อนของกำลัง

เมื่อ ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ ทำการอ้างอิงในแคตตาล็อกมาที่ภาคผนวกนี้ ต้องใช้ตัวประกอบสูงสุดต่อไปนี้:

- สำหรับอัตราการไหล $t_Q = \pm 9\ \%$
- สำหรับหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ $t_H = \pm 7\ \%$
- สำหรับกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ $t_P = +9\ \%$
- สำหรับกำลังด้านเข้าตัวขับ $t_{P\mathrm{gr}} = +9\ \%$
- สำหรับประสิทธิภาพ $t_\eta = -7\ \%$

ก.2 เครื่องสูบที่ตัวขับมีกำลังด้านเข้าน้อยกว่า 10 กิโลวัตต์

สำหรับเครื่องสูบที่ตัวขับมีกำลังด้านเข้าน้อยกว่า 10 กิโลวัตต์ แต่มากกว่า 1 กิโลวัตต์ ในกรณีที่ความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในส่วนประกอบทางกลต่างๆ มีความสำคัญและไม่สามารถคาดคะเนได้ง่าย อาจไม่สามารถใช้ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนที่ให้ไว้ในตารางที่ 10 ได้ ในกรณีนี้ต้องใช้ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนดังต่อไปนี้:

- สำหรับอัตราการไหล $t_Q = \pm 10\ \%$
- สำหรับหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ $t_H = \pm 8\ \%$

ตัวประกอบความคลาดเคลื่อนของประสิทธิภาพ (t_η) หากมิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่นอาจคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$t_\eta = -\left[10\left(1-\frac{P_{\mathrm{gr}}}{10}\right)+7\right]\ \%$$

เมื่อ P_{gr} คือกำลังด้านเข้าตัวขับสูงสุด หน่วยเป็นกิโลวัตต์ ตลอดพิสัยการทำงาน ยอมให้ตัวประกอบความคลาดเคลื่อน $t_{P\mathrm{gr}}$ ใช้สูตรต่อไปนี้:

$$t_{P\mathrm{gr}} = \sqrt{(7\%)^2 + t_\eta^2}\ \%$$

หมายเหตุ สำหรับเครื่องสูบที่มีกำลังด้านเข้าน้อยมาก (น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์) อาจตกลงกันเป็นพิเศษระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

ภาคผนวก ข.

(ข้อกำหนด)

การหาเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดที่ลดลง

ถ้าลักษณะเฉพาะของเครื่องสูบสูงกว่าลักษณะเฉพาะที่ระบุ โดยทั่วไปจะทำการลดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดตามการตกลงที่กล่าวถึงในข้อ 6.5.1 อาจใช้กฎต่อไปนี้ ในกรณีที่อัตราส่วนของการลดเส้นผ่านศูนย์กลางทางออกเฉลี่ยของใบพัดไม่เกินร้อยละ 5 สำหรับเครื่องสูบเลขแบบ $K \leq 1.5$ ถ้ารูปร่างของใบพัดยังคงไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากการตัดแต่ง (มุมทางออก การทำให้เรียวลง ฯลฯ)

กฎที่ยอมให้ประเมินลักษณะเฉพาะใหม่คือ:

$$R = \left(\frac{D_r^2 - D_l^2}{D_t^2 - D_l^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ

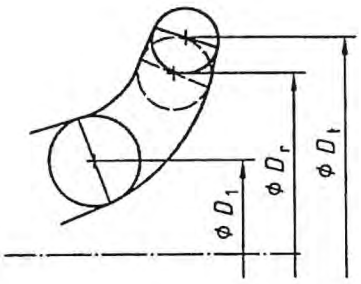
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ให้ในรูปที่ ข.1

ตัวห้อย t = ทดสอบ

r = ที่ลดลง

$Q_r = R \cdot Q_t$

$H_r = R^2 \cdot H_t$



รูปที่ ข.1 เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดที่ลดลง

อาจถือว่าในทางปฏิบัติประสิทธิภาพไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างจุดทำงานต่างๆ สำหรับเครื่องสูบเลขแบบ $K \leq 1.0$ และสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดที่ลดลงไม่มากกว่าร้อยละ 3

ภาคผนวก ค.

(ข้อกำหนด)

ความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน

สูตรที่ให้ในข้อ 8.2.4 สำหรับการคำนวณความสูญเสียหัวน้ำเนื่องจากความเสียดทานรวมถึงการคำนวณที่ยืดยาว ซึ่งหลายกรณีนำไปสู่บทสรุปที่ว่าไม่จำเป็นต้องมีการปรับแก้

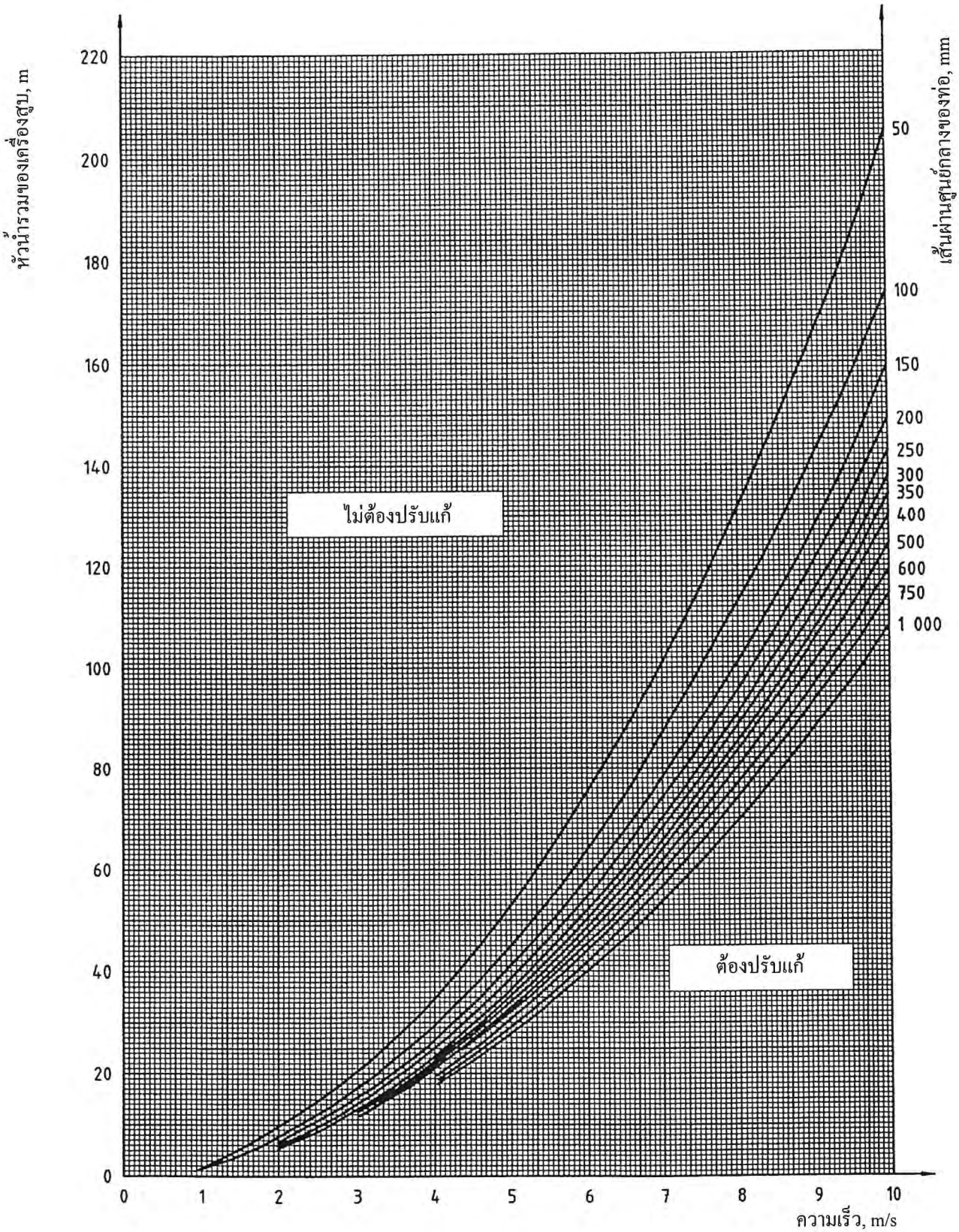
การตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อหาว่าการคำนวณจำเป็นต้องทำหรือไม่ ให้ไว้ในรูปที่ ค.1 สำหรับการทดสอบเกรด 1 และรูปที่ ค.2 สำหรับการทดสอบเกรด 2 ซึ่งใช้กับท่อเหล็กกล้าตรงที่มีภาคตัดขวางกลมคงที่และใช้กับน้ำเย็น ท่อทางเข้าและทางออกถือว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน และจุดวัดคือจุดที่มีระยะเท่ากับ 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ด้านต้นทางและด้านปลายทางของหน้าแปลนทางเข้าและทางออกตามลำดับ (ดูข้อ 8.2.1)

ถ้าท่อมีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน ควรใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่เล็กกว่า ดังนั้นถ้าชี้บอกว่า "ไม่ต้องปรับแก้" ไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณ

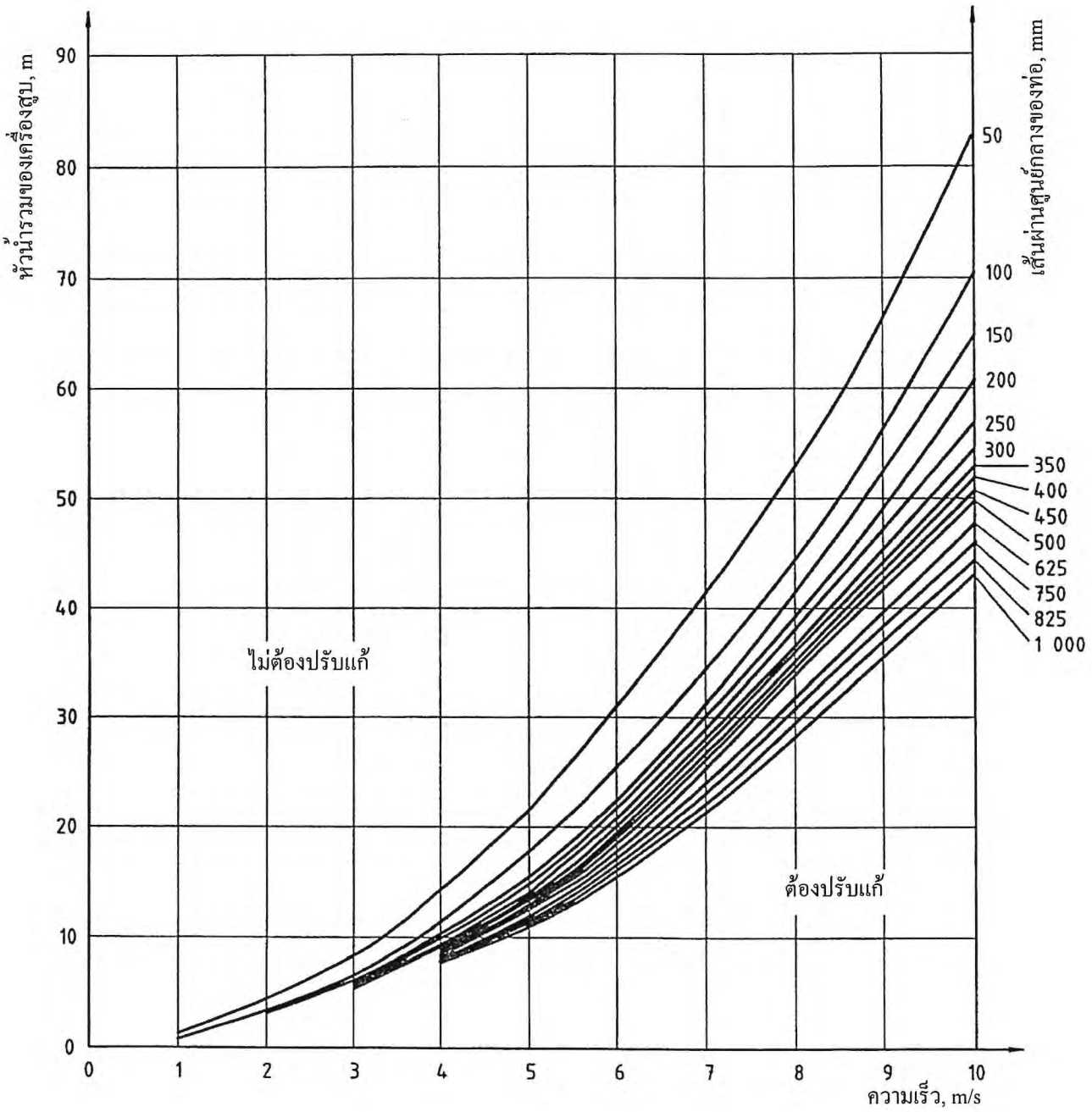
ถ้าชี้บอกว่า "ต้องปรับแก้" อาจใช้รูปที่ ค.3 (ซึ่งใช้กับท่อเหล็กกล้าที่ใช้กับน้ำเย็นเท่านั้น) เพื่อหาค่าของ λ ในกรณีที่ท่อทำจากวัสดุอื่นหรือของเหลวที่ไม่ใช่น้ำเย็น อาจใช้กราฟโดยมูดี (Moody) ที่ให้ไว้ในรูปที่ ค.4 หรืออาจใช้สูตรสำหรับ λ ที่ให้ไว้ในข้อ 8.2.4 (ถ้าต้องการ) สำหรับท่อที่มีความหยาบ k อาจใช้ค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ความหยาบสม่ำเสมอสมมูล k สำหรับท่อ

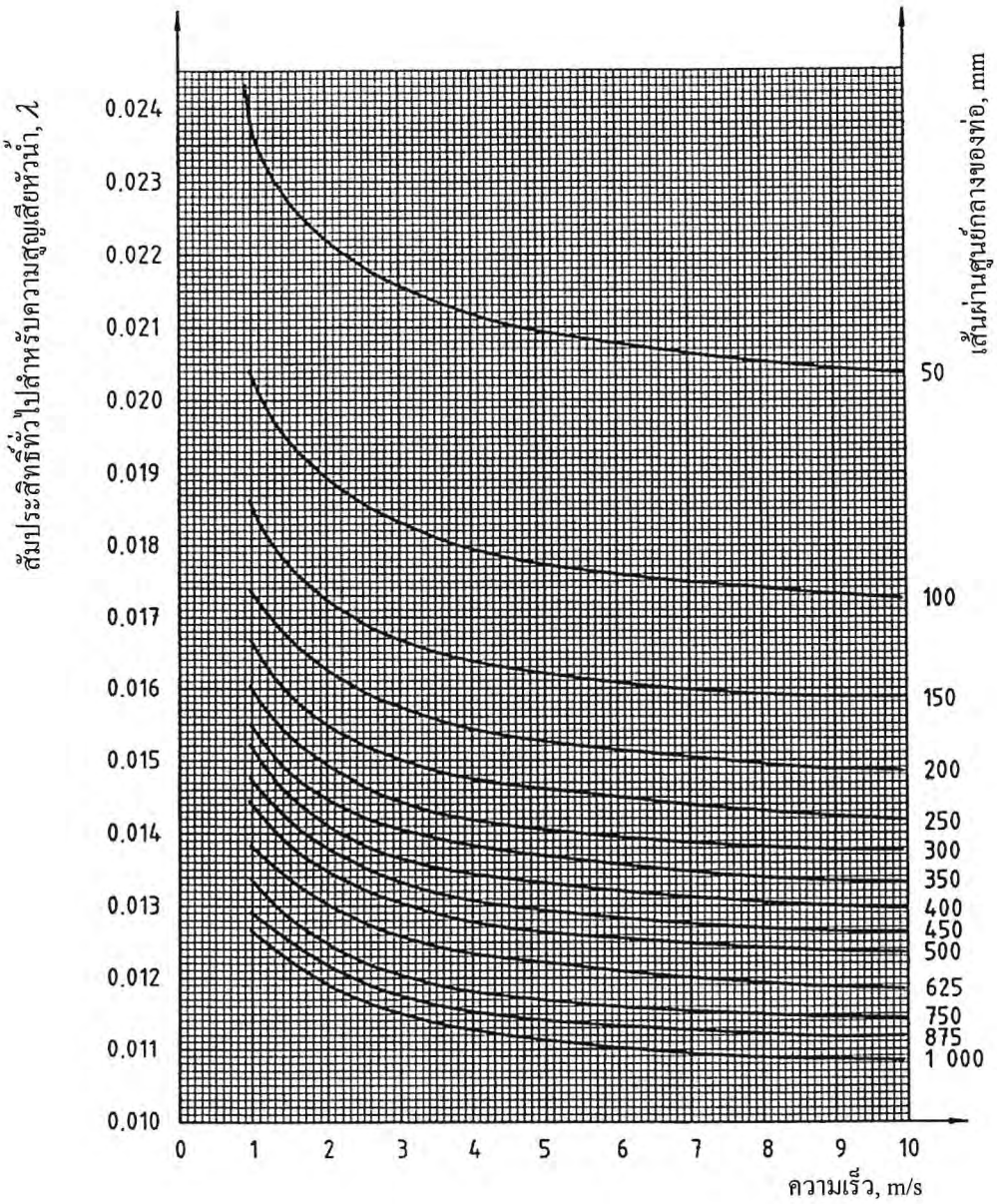
วัสดุ (ใหม่) ของท่อเชิงพาณิชย์	ความหยาบสม่ำเสมอสมมูล k ของพื้นผิว mm
แก้ว ทองเหลืองรีด ทองแดง หรือตะกั่ว	เรียบ
เหล็กกล้า	0.05
เหล็กหล่อแอสฟัลต์	0.12
เหล็กชุบสังกะสี	0.15
เหล็กหล่อ	0.25
คอนกรีต	0.30 ถึง 3.0
เหล็กกล้ายึดด้วยหมุดย้ำ	1.0 ถึง 10.0



รูปที่ ค.1 แผนภูมิสำหรับการทดสอบเกรด 1 แสดงความเร็วซึ่งต้องการการปรับแก้ความสูญเสีย
(สำหรับภาคตัดที่วัดซึ่งมีระยะห่าง 2*D* ด้านต้นทางและด้านปลายทางของหน้าแปลนเครื่องสูบ)



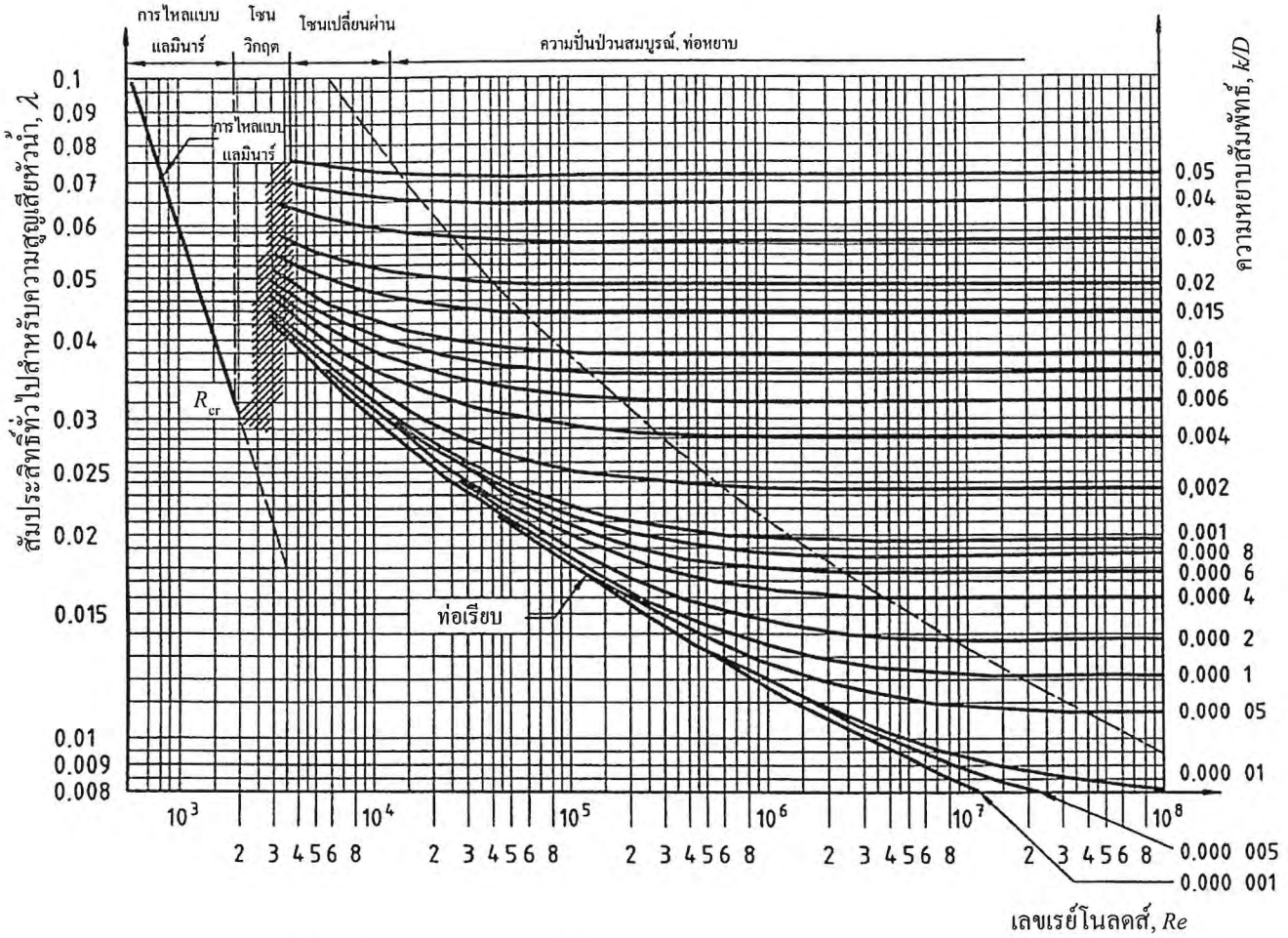
รูปที่ ค.2 แผนภูมิสำหรับการทดสอบเกรด 2 แสดงความเร็วซึ่งต้องการการปรับแก้ความสูญเสีย
(สำหรับภาคตัดที่วัดซึ่งมีระยะห่าง 2*D* ด้านต้นทางและด้านปลายทางของหน้าแปลนเครื่องสูบ)



ความหยาบของพื้นผิว $k = 5 \times 10^{-5}$ m

ความหนืดจลน์ $\nu = 1 \times 10^{-6}$ m^2/s

รูปที่ ค.3 สัมประสิทธิ์ทั่วไปสำหรับความสูญเสียหัวน้ำ



รูปที่ ค.4 ค่าของสัมประสิทธิ์ทั่วไปสำหรับความสูญเสียหัวน้ำ (แผนภูมิมูดี)

ภาคผนวก ง.

(ข้อแนะนำ)

การแปลงเป็นหน่วย SI

ตารางที่ ง.1 ให้ตัวประกอบสำหรับการแปลงเป็นหน่วย SI ของปริมาณบางอย่างที่แสดงในรูปของตัวคูณหรือตัวคูณย่อยของหน่วย SI และเป็นหน่วยอื่นที่ไม่ใช่หน่วย SI ตัวประกอบการแปลงเป็นตัวเลขซึ่งควรคูณกับค่าที่แสดงอยู่ในรูปของหน่วยต่างๆ เพื่อแปลงให้เป็นค่าที่สมนัยกันในหน่วย SI

ตารางที่ ง.1 ตัวประกอบการแปลง

ปริมาณ	สัญลักษณ์ของหน่วย SI	หน่วยต่างๆ		ตัวประกอบการแปลง
		ชื่อ	สัญลักษณ์	
อัตราการไหล (เชิงปริมาตร)	m^3/s	ลิตรต่อวินาที	l/s	10^{-3}
		ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	m^3/h	1/3600
		ลิตรต่อชั่วโมง	l/h	1/3600000
		ลิตรต่อนาที	l/min	1/60000
		แกลลอน (สหราชอาณาจักร) ต่อนาที	gal (UK)/min	75.77×10^{-6}
		ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที	ft^3/s	28.3168×10^{-3}
		แกลลอน (สหรัฐ) ต่อนาที	gal (US)/min	63.09×10^{-6}
		แกลลอน (สหรัฐ) ต่อชั่วโมง (ปิโตรเลียม)	barrel (US)/h	44.16×10^{-6}
อัตราการไหลเชิงมวล	kg/s	ตันต่อวินาที	t/s	10^3
		ตันต่อชั่วโมง	t/h	1/3.6
		กิโลกรัมต่อชั่วโมง	kg/h	1/3600
		ปอนด์ต่อวินาที	lb/s	0.45359237
ความดัน	Pa	กิโลปอนด์ต่อตารางเซนติเมตร	kp/cm^2	98066.5
		กิโลกรัม-แรงต่อตารางเซนติเมตร	kgf/cm^2	98066.5
		บาร์	bar	10^5
		เฮกโตพีซ	hpz	10^5
		ทอร์	torr	133.322
		มิลลิเมตรปรอททั่วไป	mmHg	133.322
		มิลลิเมตรน้ำทั่วไป	mmH_2O	9.80665
		ปอนด์ต่อตารางฟุต	pdl/ft^2	1.48816
		บรรยากาศมาตรฐาน	atm	101325
		ปอนด์-แรงต่อตารางนิ้ว	lbf/in^2 (psi)	6894.76
ความหนาแน่น	kg/m^3	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	kg/dm^3	10^3
		กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	g/cm^3	10^3
		ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต	lb/ft^3	16.0185

ตารางที่ ง.1 ตัวประกอบการแปลง (ต่อ)

ปริมาณ	สัญลักษณ์ของหน่วย SI	หน่วยต่างๆ		ตัวประกอบการแปลง
		ชื่อ	สัญลักษณ์	
กำลัง	W	กิโลวัตต์	kW	10^3
		กิโลปอนด์ เมตรต่อวินาที	kp·m/s	9.80665
		I.T. กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง	$kcal_{IT}/h$	1.163
		ชีวัลเวเปียร์(cheval vapeur)	ch	735.5
		แรงม้า	hp	745.7
		หน่วยทางความร้อนอังกฤษต่อชั่วโมง	Btu/h	0.293071
		กิโลกรัม-แรง เมตรต่อวินาที	kgf·m/s	9.80665
ความหนืด (ความหนืดพลวัต)	Pa s	พอยส์	P	10^{-1}
		ไดน์วินาทีต่อตารางเซนติเมตร	$dyn·s/cm^2$	10^{-1}
		กรัมต่อวินาที เซนติเมตร	g/s·cm	10^{-1}
		กิโลปอนด์ วินาทีต่อตารางเมตร	$kp·s/m^2$	9.80665
		ปอนดัล วินาทีต่อตารางฟุต	$pdl·s/ft^2$	1.48816
ความหนืดจลน์	m^2/s	สโตกส์	$St = cm^2/s$	10^{-4}
		ตารางฟุตต่อวินาที	ft^2/s	92.903×10^{-3}

ภาคผนวก จ.

(ข้อแนะนำ)

คำแนะนำสำหรับคาบเวลาที่เหมาะสมระหว่างการสอบเทียบเครื่องทดสอบ

ข้อมูลที่ให้ไว้ในตารางที่ จ.1 บางส่วนอยู่บนพื้นฐานของ "มาตรฐานการทดสอบสถาบันไฮดรอลิก, ค.ศ.1988, เครื่องสูบแบบหมุนเหวี่ยง 1-6" ให้ไว้เป็นคำแนะนำเท่านั้น ความถี่ในการสอบเทียบขึ้นอยู่กับประสบการณ์และอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการสอบเทียบ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และควรระบุไว้ในวิธีดำเนินการประกันคุณภาพสำหรับเครื่องทดสอบ

ตารางที่ จ.1 คาบเวลาที่เหมาะสมระหว่างการสอบเทียบเครื่องทดสอบ

ค่ามีหน่วยเป็นปี เว้นแต่ชี้บอกด้วย "ด." สำหรับเดือน

บริภัณฑ์	คาบ	บริภัณฑ์	คาบ
อัตราการไหล		**กำลัง**	
แท็งก์ชั่ง	1	ไดนาโมมิเตอร์	6 ด.
แท็งก์เชิงปริมาตร	10	ทอร์กบาร์	1
เวนจูริ	[n]	มอเตอร์ที่สอบเทียบแล้ว	ไม่จำเป็น
หัวฉีด	[n]	วัตต์-แอมป์-โวลต์-มิเตอร์ แบบพกพา	1
แผ่นช่อง	[n]	วัตต์-แอมป์-โวลต์-มิเตอร์ แบบตั้งอยู่กับที่	3
เทอร์ไบน์	1	ทอร์กมิเตอร์ที่มีเกจวัดความเครียด	6 ด.
แม่เหล็กไฟฟ้า	1	เฟืองระหว่างกลางไม่เกิน 375 kW	10 ด.
แผ่นกั้น (weir)	[n]	เฟืองระหว่างกลางเกิน 375 kW	20 ด.
มาตรกระแส	2	**ความเร็ว**	
แบบอัลทราโซนิก	6 ด.	มาตรอัตรารอบ (ทั่วไป)	3
ความดัน		อิเล็กทรอนิกส์	1
เกจวัดความดันแบบสปริง	4 ด.	อุปกรณ์ตอบสนองความถี่	
น้ำหนักตายตัว	ไม่จำเป็น	แม่เหล็ก	10
แมนอมิเตอร์แบบคอลัมน์ของเหลว	ไม่จำเป็น	อ๊อฟติกเคิล	10
ตัวแปลงสัญญาณ	4 ด.	สตรอโบสโคป	5
		ทอร์กมิเตอร์ (ความเร็ว)	1

[n] ไม่จำเป็น เว้นแต่สงสัยว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางมิติวิกฤต

ภาคผนวก ฉ.

(ข้อแนะนำ)

ค่าใช้จ่ายและการทดสอบซ้ำ

หมายเหตุ ในส่วนของสภาพเชิงพาณิชย์อย่างเดียว เช่น ค่าใช้จ่ายของการทดสอบไม่รวมอยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ และควรขึ้นอยู่กับการตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

ฉ.1 ค่าใช้จ่ายของการทดสอบเพื่อยอมรับและการทดสอบพิเศษ

แนะนำให้ระบุค่าใช้จ่ายของการทดสอบเพื่อยอมรับไว้อย่างชัดเจนในสัญญา

คำนึงถึงความจริงที่ว่าค่าทดสอบจะเพิ่มขึ้นถ้าทำการทดสอบ NPSH

ฉ.2 การทดสอบซ้ำ

ในกรณีที่สงสัยถึงความถูกต้องหรือความแม่นที่เพียงพอของข้อมูลการวัดที่ได้ ทั้ง ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ และผู้ซื้อมีสิทธิเรียกร้องให้มีการทดสอบซ้ำ ถ้าการวัดใหม่ไม่สามารถยืนยันตามข้อสงสัยได้ ผู้ที่เรียกร้องให้มีการทดสอบซ้ำใหม่ต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของการทดสอบซ้ำ

ภาคผนวก ช.

(ข้อแนะนำ)

แผนภูมิแก้ไขสมรรถนะสำหรับของเหลวหนืด

รูปที่ ช.1 คือ แผนภูมิแก้ไขสมรรถนะสำหรับการหาสมรรถนะของเครื่องสูบแบบหมุนเหวี่ยงทั่วไปที่ใช้กับของเหลวหนืด เมื่อทราบสมรรถนะของเครื่องสูบที่ใช้กับน้ำ เส้นโค้งที่แก้ไขไม่ถูกต้องโดยแท้จริงสำหรับเครื่องสูบแบบเฉพาะใดๆ

เมื่อข้อมูลที่แม่นเป็นสิ่งจำเป็น การทดสอบสมรรถนะควรทำกับของเหลวหนืดเฉพาะที่จะใช้

เนื่องจากรูปที่ ช.1 อยู่บนพื้นฐานความพึงพอใจของประสบการณ์ (empirical) มากกว่าการพิจารณาทางทฤษฎี การประมาณค่านอกช่วงเกินขีดจำกัดที่แสดงจะออกนอกพิสัยประสบการณ์ซึ่งแผนภูมิเหล่านี้ครอบคลุม และไม่แนะนำให้ใช้

ใช้เฉพาะกับเครื่องสูบที่มีการออกแบบทางไฮดรอลิกทั่วไป (ในพิสัยการทำงานตามปกติ) ซึ่งมีใบพัดเปิดหรือปิด ไม่ใช้กับเครื่องสูบการไหลผสมหรือการไหลตามแนวแกน หรือเครื่องสูบที่มีการออกแบบทางไฮดรอลิกพิเศษสำหรับของเหลวหนืดหรือไม่สม่ำเสมอ

รูปที่ ช.1 ใช้เฉพาะในกรณีที่มี NPSH เพียงพอเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดคาวิเทชัน

ควรใช้เฉพาะกับของเหลวนิวตัน (สม่ำเสมอ) เจล ของเหลวผสมกับของแข็ง จำพวกกระดาษ และของเหลวไม่สม่ำเสมออื่นอาจทำให้เกิดผลลัพธ์ต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของของเหลว

สัญลักษณ์และบทนิยามที่ให้ไว้ในตารางที่ ช.1 ใช้ในภาคผนวกนี้

ตารางที่ ช.1 สัญลักษณ์และบทนิยามเพิ่มเติมที่ใช้ในภาคผนวก ช.

สัญลักษณ์	ปริมาณ	บทนิยาม
Q_{vis}	อัตราการไหลหนืด	อัตราการไหลเมื่อสูบของเหลวหนืด
H_{vis}	หัวน้ำหนืด	หัวน้ำเมื่อสูบของเหลวหนืด
η_{vis}	ประสิทธิภาพหนืด	ประสิทธิภาพเมื่อสูบของเหลวหนืด
P_{vis}	กำลังด้านเข้าหนืด	กำลังด้านเข้าที่เครื่องสูบต้องการสำหรับภาวะหนืด
Q_W	อัตราการไหลของน้ำ	อัตราการไหลเมื่อสูบน้ำ
H_W	หัวน้ำของน้ำ	หัวน้ำเมื่อสูบน้ำ
η_W	ประสิทธิภาพของน้ำ	ประสิทธิภาพเมื่อสูบน้ำ
ρ	ความหนาแน่น	
C_Q	ตัวประกอบปรับแก้อัตราการไหล	
C_H	ตัวประกอบปรับแก้หัวน้ำ	
C_η	ตัวประกอบปรับแก้ประสิทธิภาพ	
Q_{NW}	อัตราการไหลของน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุด	

ใช้สมการต่อไปนี้เพื่อหาสมรรถนะหนืด เมื่อทราบสมรรถนะน้ำของเครื่องสูบ:

$$Q_{\text{vis}} = C_Q \times Q_{\text{W}}$$

$$H_{\text{vis}} = C_H \times H_{\text{W}}$$

$$\eta_{\text{vis}} = C_\eta \times \eta_{\text{W}}$$

$$P_{\text{vis}} = \frac{Q_{\text{vis}} \times H_{\text{vis}} \times \rho \times g}{\eta_{\text{vis}}}$$

C_Q C_H และ C_η หาได้จากรูปที่ ช.1 ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของสมรรถนะน้ำ

จากเส้นโค้งประสิทธิภาพ หาตำแหน่งอัตราการไหลของน้ำ ($1.0 \times Q_{\text{NW}}$) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุด

จากอัตราการไหลนี้ หาอัตราการไหล: ($0.6 \times Q_{\text{NW}}$), ($0.8 \times Q_{\text{NW}}$) และ ($1.2 \times Q_{\text{NW}}$)

เริ่มที่ด้านล่างแผนภูมิด้วยอัตราการไหลที่ประสิทธิภาพสูงสุด ($1.0 \times Q_{\text{NW}}$) ขึ้นข้างบนไปที่หัวน้ำที่เกิดขึ้น (ในขั้นหนึ่ง) (H_{W}) ที่อัตราการไหลนี้ แล้วลากตามแนวระดับ (ไม่ว่าทางซ้ายหรือขวา) ไปที่ความหนืดที่ต้องการ แล้วขึ้นข้างบนไปที่เส้นโค้งแก้ไขต่างๆ

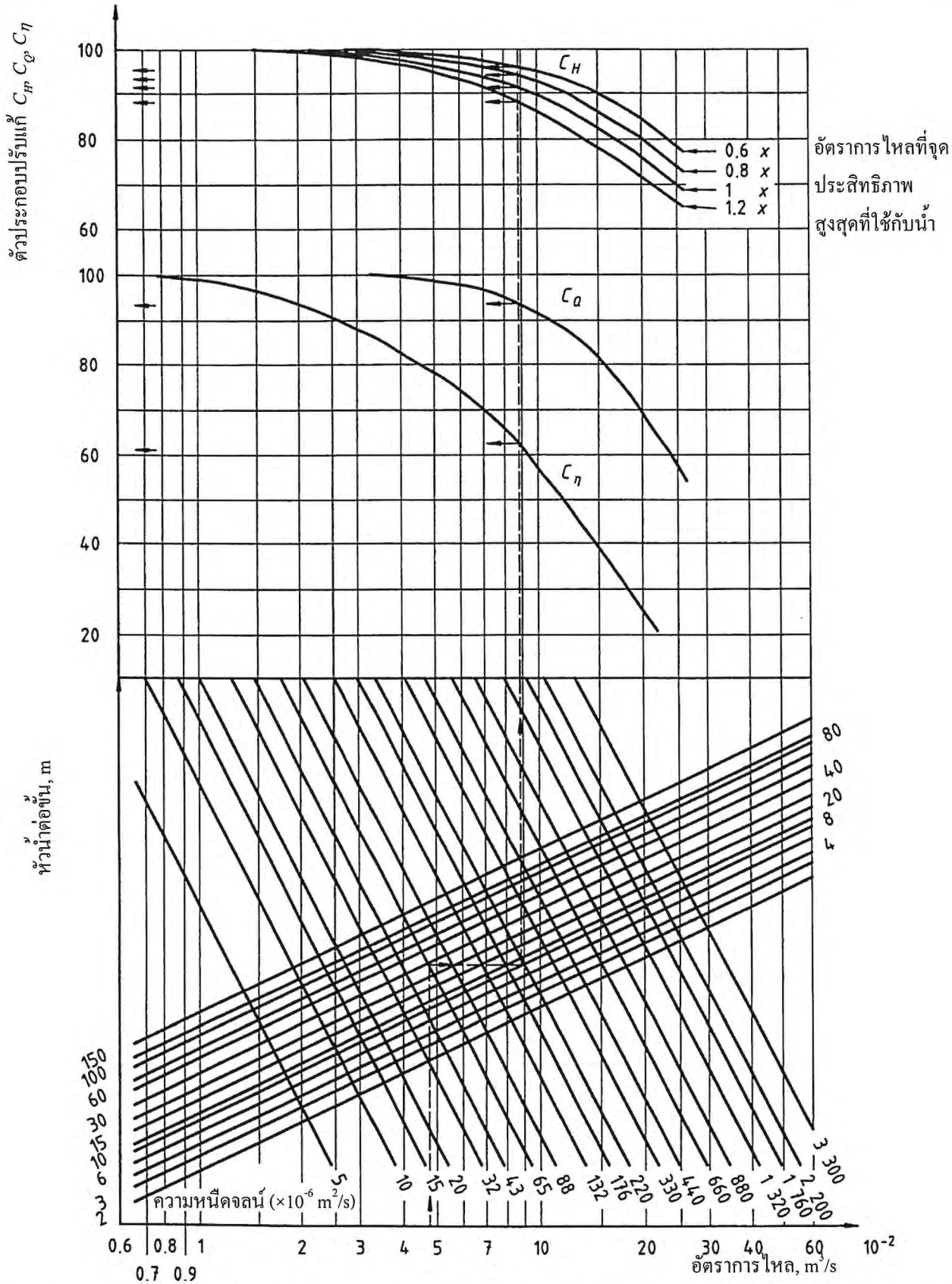
อ่านค่าของ C_η และ C_Q และ C_H สำหรับอัตราการไหลทั้ง 4 ค่า

คูณหัวน้ำแต่ละค่าด้วยตัวประกอบปรับแก้หัวน้ำที่สมนัยกันเพื่อให้ได้หัวน้ำที่ถูกต้อง คูณประสิทธิภาพแต่ละค่าด้วย C_η เพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่ถูกต้องซึ่งใช้ที่อัตราการไหลที่ถูกต้องซึ่งสมนัยกัน

ลงจุดหัวน้ำที่ถูกต้องและประสิทธิภาพที่ถูกต้องเทียบกับอัตราการไหลที่ถูกต้อง วาดเส้นโค้งราบเรียบผ่านจุดเหล่านี้ หัวน้ำที่ชัทอ๊อฟ (shut-off) สามารถใช้เป็นค่าเดียวกับที่ใช้สำหรับน้ำได้โดยประมาณ

คำนวณกำลังด้านเข้าหนืด (P_{vis}) จากสูตรที่ให้ไว้ข้างต้น

ลงจุดเหล่านี้และวาดเส้นโค้งราบเรียบผ่านจุดเหล่านี้ซึ่งควรเป็นแบบเดียวกันและโดยประมาณขนานกับเส้นโค้งกำลังด้านเข้าสำหรับน้ำ



หมายเหตุ ค่าที่แสดงในรูปนี้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบเครื่องสูบแบบหมุนเหวี่ยงขั้นเดียวทั่วไปที่ใช้กับน้ำมันปิโตรเลียม DN 50 ถึง DN 200 ข้อมูลเหล่านี้อยู่บนพื้นฐานของมาตรฐานสถาบันไฮดรอลิก (HIS) ค.ศ.1985

รูปที่ ช.1 แผนภูมิแก้ไขสมรรถนะสำหรับของเหลวหนืด

ภาคผนวก ซ.

(ข้อแนะนำ)

การลด NPSHR สำหรับเครื่องสูบที่ใช้ของเหลวไฮโดรคาร์บอนและน้ำอุณหภูมิสูง

รูปที่ ซ.1 เป็นแผนภูมิองค์ประกอบของการลด NPSHR ซึ่งอาจคาดหมายสำหรับของเหลวไฮโดรคาร์บอนและน้ำอุณหภูมิสูง บนพื้นฐานของข้อมูลทางห้องปฏิบัติการที่หาได้จากการทดสอบกับของเหลวที่แสดง ลงจุดเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิของเหลวและความดันไอที่อุณหภูมินั้น

ควรสังเกตขีดจำกัดและข้อควรระวังต่อไปนี้ ในการใช้รูปที่ ซ.1

จนกว่าจะมีประสบการณ์จำเพาะกับการทำงานของเครื่องสูบภายใต้ภาวะซึ่งใช้กับแผนภูมินี้ การลด NPSHR ควรจำกัดอยู่ที่ร้อยละ 50 ของ NPSHR ที่ต้องการสำหรับเครื่องสูบที่ใช้กับน้ำเย็น

แผนภูมินี้อยู่บนพื้นฐานของเครื่องสูบที่ใช้กับของเหลวอย่างเดียว ในกรณีที่มีอากาศหรือก๊าซไม่ควบแน่นอื่นเกิดขึ้นในของเหลว สมรรถนะเครื่องสูบอาจมีผลกระทบในทางลบแม้แต่กับค่า NPSHA ตามปกติ และจะลดลงอีกถ้ามีการลดค่า NPSHA ในกรณีที่มีอากาศที่ละลายหรือก๊าซไม่ควบแน่นอื่นเกิดขึ้น และในกรณีที่ความดันสัมบูรณ์ที่ทางเข้าเครื่องสูบต่ำเพียงพอที่จะปลดปล่อยก๊าซไม่ควบแน่นนั้นออกจากสารละลาย ค่า NPSHA อาจต้องเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าที่ต้องการสำหรับน้ำเย็นเพื่อหลีกเลี่ยงการลดลงของสมรรถนะเครื่องสูบเนื่องจากการปลดปล่อยนั้น

สำหรับสารผสมไฮโดรคาร์บอน ความดันไออาจแปรผันอย่างมีนัยสำคัญตามอุณหภูมิ และควรหาความดันไอจำเพาะสำหรับอุณหภูมิการสูบจริง

ในการใช้แผนภูมิสำหรับของเหลวอุณหภูมิสูง และโดยเฉพาะกับน้ำ ควรให้การพิจารณาถึงสภาพรับไว้ได้ของระบบการดูดกับการเปลี่ยนแปลงชั่วครู่ของอุณหภูมิและความดันสัมบูรณ์ ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีข้อกำหนดของเกณฑ์ความปลอดภัยของ NPSHR เพิ่มขึ้นมากกว่าการลดที่มีสำหรับการทำงานในภาวะคงตัว

เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ใช้ได้แสดงการลด NPSHR มากกว่า 3 เมตร แผนภูมิจึงถูกจำกัดและไม่แนะนำให้ประมาณค่านอกช่วงเกินขีดจำกัดนั้น

เริ่มรูปที่ ซ.1 ที่ด้านล่างแผนภูมิด้วยอุณหภูมิการสูบหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ขึ้นข้างบนในแนวดิ่งไปที่ความดันไอจากจุดนี้ ไปตามหรือขนานกับเส้นลาดทางด้านขวาของแผนภูมิ ซึ่งอาจอ่านค่าการลด NPSHR บนมาตราส่วนที่จัดให้ ถ้าค่านี้มากกว่าครึ่งหนึ่งของค่า NPSHR สำหรับน้ำเย็น ให้ลดค่า NPSHR สำหรับน้ำเย็นลงครึ่งหนึ่งเพื่อให้ได้ NPSHR ที่ถูกต้อง ถ้าค่าบนแผนภูมิน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่า NPSHR สำหรับน้ำเย็น ให้ลบค่าจากแผนภูมินี้ออกจากค่า NPSHR สำหรับน้ำเย็นเพื่อให้ได้ NPSHR ที่ถูกต้อง

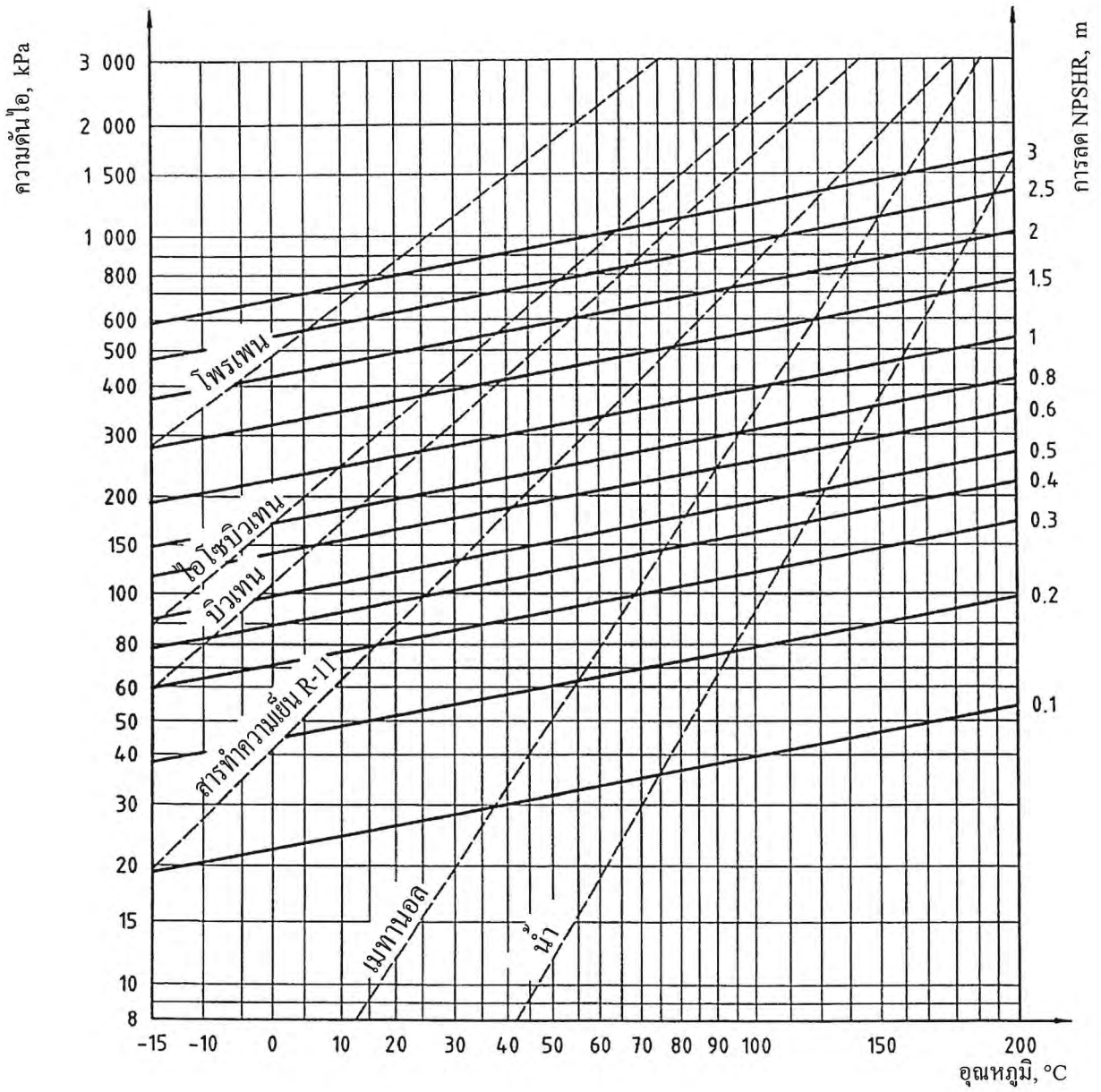
หมายเหตุ 1 ข้อมูลที่ใช้ได้จำกัดอยู่ที่ของเหลวซึ่งความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความดันไอแสดงอยู่ในรูป การใช้แผนภูมินี้กับของเหลวอื่นที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอนและน้ำไม่แนะนำให้ทำโดยไม่มีพื้นฐานจากการทดลอง

หมายเหตุ 2 การลด NPSHR ใช้จริงกับค่า NPSHR สำหรับน้ำเย็นคือ

- ค่าที่อ่านได้จากมาตราส่วนด้านขวาของแผนภูมิ

- หรือครึ่งหนึ่งของ NPSHR สำหรับน้ำเย็น

แล้วแต่ค่าใดน้อยกว่า



หมายเหตุ ข้อมูลเหล่านี้อยู่บนพื้นฐานของมาตรฐานสถาบันไฮดรอลิก (HIS) ค.ศ.1985

รูปที่ ซ.1 การลด NPSHR สำหรับเครื่องสูบที่ใช้กับของเหลวไฮโดรคาร์บอนและน้ำอุณหภูมิสูง

ภาคผนวก ฌ.

(ข้อแนะนำ)

การประเมินทางสถิติของผลการวัด

ฌ.1 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์เพิ่มเติมที่ใช้ในภาคผนวกนี้ดังแสดงในตารางที่ ฌ.1

ตารางที่ ฌ.1 สัญลักษณ์เพิ่มเติม

สัญลักษณ์	บทนิยาม
a, r	พารามิเตอร์ทางสถิติ
a', r'	พารามิเตอร์ทางสถิติ
h	อัตราส่วนจุดทดสอบหัวน้ำรวม $h=\frac{H}{H_G}$
$\bar{h}$	ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนหัวน้ำรวม $\bar{h}=\frac{1}{N}\sum h$
N	จำนวนจุดทดสอบในพิสัย 0.95 Q_G จนถึง 1.05 Q_G
p	อัตราส่วนจุดทดสอบกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ $p=\frac{P}{P_G}$
$\bar{p}$	ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ $\bar{p}=\frac{1}{N}\sum p$
q	อัตราส่วนจุดทดสอบอัตราการไหล $q=\frac{Q}{Q_G}$
$\bar{q}$	ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ $\bar{q}=\frac{1}{N}\sum q$
S_q	$S_q=\sum(q-\bar{q})^2$
S_h	$S_h=\sum(h-\bar{h})^2$
S_p	$S_p=\sum(p-\bar{p})^2$
S_{qh}	$S_{qh}=\sum(q-\bar{q})(h-\bar{h})$
S_{qp}	$S_{qp}=\sum(q-\bar{q})(p-\bar{p})$
หมายเหตุ ผลรวมข้างต้นสำหรับการวัดจุดทดสอบในพิสัย 0.95 Q_G จนถึง 1.05 Q_G	

ฌ.2 การใช้และการมีผลใช้ได้ของภาคผนวกนี้

อาจใช้การวิเคราะห์ทางสถิติของตัวแปร 2 ตัว เพื่อประเมินค่าเฉลี่ยของค่าหนึ่งที่ค่าที่กำหนดของค่าอื่น อาจใช้วิธีทางสถิติเฉพาะที่แสดงในภาคผนวกนี้ถ้าการกระจายของจุดทดสอบรอบๆ ค่าที่ระบุเป็นไปตามข้อกำหนดที่แน่นอน

ฌ.3 จำนวนและการกระจายของชุดการสังเกต

ต้องใช้การสังเกตอย่างน้อย 9 ชุด จุดทดสอบที่ได้ต้องกระจายในลักษณะที่เมื่อปรับแก้ไปที่ความเร็วรอบที่ระบุหรือความถี่ที่ระบุโดยใช้ข้อ 6.1.2 การวัดอัตราการไหลต้องกว้างร้อยละ ± 5 ของอัตราการไหลที่ระบุ จุดทดสอบเหล่านี้อย่างน้อย 3 จุด ต้องอยู่ในช่วงอัตราการไหลร้อยละ 3 ถึง ร้อยละ 5 และอย่างน้อย 3 จุด ต้องอยู่ในช่วงอัตราการไหลร้อยละ - 3 ถึงร้อยละ - 5

สำหรับการใช้วิธีทางสถิติได้ง่าย เป็นประโยชน์ที่จะใช้จำนวนจุดทดสอบมากกว่าจำนวนต่ำสุดในช่วง ร้อยละ ± 5 ของช่วงอัตราการไหลที่ระบุ แนะนำให้ใช้ 20 จุด ในกรณีที่สามารถทำได้

ฌ.4 การประเมินค่าเฉลี่ย

ฌ.4.1 ค่าเฉลี่ยของหัวน้ำรวมของเครื่องสูบ

ค่าเฉลี่ยของหัวน้ำรวมของเครื่องสูบคำนวณโดยใช้สมการ:

$$H_{\mathrm{m}} = \left[\overline{h} + a(1-\overline{q})\right] H_{\mathrm{G}}$$

ฌ.4.2 ค่าเฉลี่ยของกำลังด้านเข้าเครื่องสูบ

ค่าเฉลี่ยของกำลังด้านเข้าเครื่องสูบคำนวณโดยใช้สมการ:

$$P_{\mathrm{m}} = \left[\overline{p} + a'(1-\overline{q})\right] P_{\mathrm{G}}$$

ฌ.4.3 การประเมินผลการทดสอบ

ค่าของพารามิเตอร์ทางสถิติหาได้จากสมการต่อไปนี้:

$$a = r + \left[\frac{r^2+1}{S_{qp}^2}\right]^{1/2} \cdot S_{qp}$$

$$a' = r' + \left[\frac{r'^2+1}{S_{qp}^2}\right]^{1/2} \cdot S_{qp}$$

$$r = \frac{S_h - S_q}{2 \cdot S_{qh}}$$

$$r' = \frac{S_p - S_q}{2 \cdot S_{qp}}$$

หมายเหตุ สมการสำหรับ a และ a' ประกอบด้วย S_{qh} และ S_{qp} ตามลำดับเพื่อให้แน่ใจว่ามีค่าบวกหรือค่าลบที่เหมาะสมกับความชันของเส้นโค้งสมรรถนะ

ควรสังเกตว่าการวิเคราะห์ทางสถิติอาจใช้เพื่อประเมินจากชุดการสังเกตที่หาได้ตามข้อ ฌ.3 ด้วย ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของหัวน้ำรวมและกำลังเข้าที่อัตราการไหลที่ระบุ การอธิบายในรายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในเอกสารอ้างอิง [17] ในกรณีที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่ออำนวยความสะดวกในการคำนวณ

ภาคผนวก ญ.

(ข้อแนะนำ)

ใบบันทึกการทดสอบเครื่องสูบ

ใบบันทึกการทดสอบเครื่องสูบที่แสดงในภาคผนวกนี้ให้ไว้เป็นคำแนะนำสำหรับการแสดงผลการทดสอบเครื่องสูบ และเพื่อช่วยในการตีความ ไม่ได้เจตนารวมข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นจากการทดสอบเครื่องสูบและอาจจำเป็นต้องดัดแปลงโดยขึ้นอยู่กับแบบของเครื่องสูบ การใช้งาน และโหมดการคำนวณ

ใบบันทึกการทดสอบเครื่องสูบ				เลขที่ใบบันทึก				สภาพของการทดสอบ								
ผู้ซื้อ																
	แบบ			เลขที่คำสั่งซื้อของผู้ทำ				เลขที่คำสั่งซื้อ			เส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า					
เครื่องสูบ											เส้นผ่านศูนย์กลางทางออก					
											เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด					
ค่าที่รับประกัน	อัตราการไหล (Q_G)			ความเร็วรอบ (n_{sp})				กำลังด้านเข้า (P_G)								
	หัวน้ำรวม (H_G)			ประสิทธิภาพ (η_G)				หัวน้ำด้านดูดทางบวกสุทธิ (NPSH)								
ของเหลวที่สูบ	อุณหภูมิ (t)			ความดันไอ (p_v)				ความหนืดจลน์ (ν)								
	ความหนาแน่น (ρ)							ระดับความเป็นกรด (pH)								
มอเตอร์	ผู้ทำ			ใบรับรองการทดสอบ				จำนวนเฟส			แรงดันไฟฟ้า					
	แบบ			กำลัง				ความเร็วรอบ			กระแสไฟฟ้า					
		อัตราการไหล	หัวน้ำทางเข้า	หัวน้ำทางออก		(NPSH)		ทอร์ก	กำลัง	ความเร็วรอบ			เฟือง			
วิธีวัด	วิธีที่ใช้															
	ค่าคงที่															
ภาวะการทดสอบ	อุณหภูมิโดยรอบ		ความดันบรรยากาศ		การแก้ไขหัวน้ำไปที่ระนาบอ้างอิง			ทางเข้า								
	อุณหภูมิของของเหลวที่ทดสอบ							ทางออก								
ผลการวัด			หน่วย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
	ความเร็วรอบ															
	ช่วงเวลา															
อัตราการไหล	การอ่านค่า															
	การไหลที่วัดได้															
	การอ่านค่าหัวน้ำทางออก															
	การอ่านค่าหัวน้ำทางเข้า															
	หัวน้ำทางออก															
	หัวน้ำทางเข้า															
หัวน้ำ	$\Delta U^2/2g$															
	ความแตกต่างของตำแหน่งการวัด															
	หัวน้ำรวมของเครื่องสูบ															
	$U_1^2/2g$															
	(NPSH)															
	กำลังด้านออกเครื่องสูบ P_u															
	แรงดันไฟฟ้า															
	กระแสไฟฟ้า															
	การอ่านค่าวัตต์มิเตอร์ 1															
	การอ่านค่าวัตต์มิเตอร์ 2															
	ผลรวมของการอ่านค่าวัตต์มิเตอร์															
กำลัง (ทอร์ก)	กำลังด้านเข้ามอเตอร์															
	ประสิทธิภาพมอเตอร์															
	การอ่านค่าทอร์ก															
	ประสิทธิภาพเฟือง															
	กำลังด้านออกมอเตอร์															
	กำลังด้านเข้าเครื่องสูบ															
	ประสิทธิภาพโดยรวม															
	ประสิทธิภาพเครื่องสูบ															
ค่าต่างๆ อ้างอิงกับความเร็วรอบที่ระบุ	อัตราการไหลเชิงปริมาตร															
	หัวน้ำรวม															
	กำลัง															
	NPSH															
หมายเหตุ			วันที่	หัวหน้างานทดสอบ				ตัวแทน								
								ของผู้ซื้อ			ของผู้ส่งมอบ					

ภาคผนวก ฎ.

(ข้อแนะนำ)

แผ่นรายการตรวจสอบ

แผ่นรายการตรวจสอบต่อไปนี้ แนะนำให้ตกลงกันระหว่าง ผู้ทำ/ผู้ส่งมอบ กับผู้ซื้อก่อนการทดสอบ ควรสังเกตว่าไม่จำเป็นต้องตกลงกันทุกรายการในระหว่างการทำสัญญาเสมอไป

1) การเลือกเกรดการทดสอบ (ดูข้อ 5.1)
2) ขอบเขตของการรับประกัน
   ก) เครื่องสูบที่ไม่มีมอเตอร์ หรือชุดเครื่องสูบและมอเตอร์รวมกัน (ดูข้อ 10.4.3)
   ข) เครื่องสูบที่มีหรือไม่มีข้อต่อ (ดูข้อ 5.3.4)
   ค) ค่าที่รับประกัน (เช่น อัตราการไหล หัวน้ำรวม กำลังด้านเข้า ประสิทธิภาพ NPSHR ฯลฯ) สำหรับจุดทำงาน 1 จุดหรือหลายจุด
3) ข้อปัญหาในสัญญา เช่น จำนวนเครื่องสูบที่ทดสอบในชุดของเครื่องสูบที่เป็นแบบเดียวกัน (ดูข้อ 5.1.2)
4) เรื่องอื่นๆ เกี่ยวกับพฤติกรรมของเครื่องสูบที่จะตรวจสอบในระหว่างการทดสอบ (ดูข้อ 5.2.6)
5) สถานที่ทดสอบ (ดูข้อ 5.2.2)
6) วันที่ทดสอบ (ดูข้อ 5.2.3)
7) ผู้ควบคุมการทดสอบ เมื่อการทดสอบไม่ได้ทำที่โรงงานของผู้ทำ (ดูข้อ 5.2.4)
8) การเลือกวิธีวัด (ดูข้อ 7. ถึงข้อ 10.)
9) บริภัณฑ์ทดสอบ (ดูข้อ 5.2.7)
10) การจัดเตรียมการทดสอบสำหรับการทดสอบสมรรถนะ (ดูข้อ 5.3.2 ข้อ 5.3.3 และข้อ 8.2.1) และสำหรับการทดสอบการเกิดคาวิเทชัน (ดูข้อ 11.2.3)
11) การจัดเตรียมเพื่อให้สามารถเตรียมพร้อมได้ของเครื่องสูบแบบเซลฟ์ไพรมิ่ง (ดูข้อ 5.3.7)
12) วิธีคาดคะเนสมรรถนะเครื่องสูบจากการทดสอบโดยใช้น้ำเย็นสะอาด (ดูข้อ 5.4.5)
13) การเบี่ยงเบนของความเร็วรอบออกนอกพิสัยที่ยอมให้ (ดูข้อ 5.4.3 และข้อ 6.1.2)
14) เลขชี้กำลังของสูตรการแปลงสำหรับ NPSHR (ดูข้อ 6.1.2)
15) การเบี่ยงเบนของแรงดันไฟฟ้าและความถี่ออกนอกความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (ดูข้อ 6.1.2)
16) ค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดใช้งานและจุดทำงานอื่น (ดูข้อ 4.1 ข้อ 6.3 และข้อ 11.3.3)
17) ความสูญเสียทางเข้าและความสูญเสียการส่งผ่านในเครื่องสูบแบบบ่อแนวดิ่ง (ดูข้อ 8.2.3 และข้อ 10.4.2)
18) ความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานและความสูญเสียความดันเฉพาะที่ทางเข้าและทางออก (ดูข้อ 8.2.4 และภาคผนวก ค.)
19) ความสูญเสียในสายไฟฟ้า (ดูข้อ 10.4.1)
20) ความสูญเสียในเฟือง (ดูข้อ 10.4.4)
21) วิธีทวนสอบการรับประกันที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคาวิเทชัน (ดูข้อ 11.1.2)

22) ของเหลวที่ใช้สำหรับการทดสอบสมรรถนะ (ดูข้อ 4.2) และสำหรับการทดสอบการเกิดคาวิเทชัน (ดูข้อ 11.2.3)

23) ค่าใช้จ่ายในการทดสอบ (ดูภาคผนวก ฉ.)

บรรณานุกรม

[1] ISO 31 (all parts), Quantities, units and symbols.

[2] ISO 2372, Mechanical vibration of machines with operating speeds from 10 to 200 rev/s – Basis for specifying evaluation standards.

[3] ISO 2975-1, Measurement of water flow in closed conduits – Tracer methods – Part 1: General.

[4] ISO 2975-2, Measurement of water flow in closed conduits – Tracer methods – Part 2: Constant rate injection method using non-radioactive tracers.

[5] ISO 2975-3, Measurement of water flow in closed conduits – Tracer methods – Part 3: Constant rate injection method using radioactive tracers.

[6] ISO 2975-6, Measurement of water flow in closed conduits – Tracer methods – Part 6: Transit time method using non-radioactive tracers.

[7] ISO 2975-7, Measurement of water flow in closed conduits – Tracer methods – Part 7: Transit time method using radioactive tracers.

[8] ISO 3740, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Guidelines for the use of basic standards.

[9] ISO 3744, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane.

[10] ISO 3745, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms.

[11] ISO 3746, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane.

[12] ISO 3945, Mechanical vibration of large rotating machines with speed range from 10 to 200 r/s – Measurement and evaluation of vibration severity in situ.

[13] ISO 4185, Measurement of liquid flow in closed conduits – Weighing method.

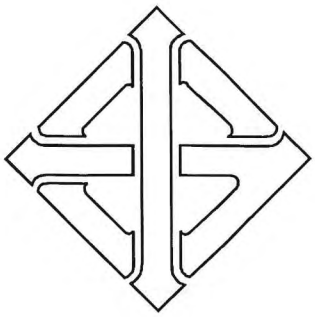
[14] ISO 6018, Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Guidelines for the preparation of test codes of engineering grade requiring noise measurements at the operator's or bystander's position.

[15] IEC 60041:–[2)] , International code for the field acceptance tests of hydraulic turbines.

[16] IEC 60497, International code for model acceptance tests of storage pumps.

[17] E. Grist and R. P. Hentschke, The Verification of Centrifugal Pump Performance Guarantees by Acceptance Tests – An Alternative Method. I.Mech.Eng. London, March 1989.

[2)] กำลังจัดพิมพ์ (ฉบับแก้ไขของ IEC 60041:1992)



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2540– 2554

รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 8

POSITIVE IGNITION ENGINED VEHICLES : SAFETY REQUIREMENTS; EMISSION FROM ENGINE, LEVEL 8

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 13.040.50 ; 43.100

ISBN 978-616-231-156-7

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 697
มาตรฐานควันดำและปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จากยานพาหนะทางบกและทางน้ำ

ประธานกรรมการ

รศ.พูลพร แสงบางปลา

กรรมการ

นายสายเมธ ธาวนพงษ์	ผู้แทนกรมการขนส่งทางบก
นายปัญญา วรเพชรายุทธ	ผู้แทนกรมควบคุมมลพิษ
นางสาวมานวิภา กุศล	
นายปูมยศ วัลลิกุล	ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นายสนั่น โชติยะมาลา	ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายรัชทิน จันทร์เจริญ	ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
นายวิชา ญาณภิรัต	ผู้แทนสมาคมส่งเสริมผู้ค้าเครื่องยนต์และอะไหล่ใช้แล้ว
นางสาวรุช วรรณฤทัย	ผู้แทนสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
นายไกระวี เภาพิจิตร	
นายสุวิชชา บุณยะรัตเวช	
นายธนวัฒน์ บุญประดิษฐ์	ผู้แทนสถาบันยานยนต์
นางสาวอรภัทร โอภาธนากร	ผู้แทนบริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด
นางลัชชานันท์ มากพาณิชย์วัฒน์	
นายมงคลชัย รัตนทวีบุญ	ผู้แทนบริษัท สยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นางสลักษณ์ พิสุทธิพัทธยา	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มอก.1295-2541	รถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 3
มอก.1305-2538	รถจักรยานยนต์ ปริมาตรกระบอกสูบไม่เกิน 110 ลูกบาศก์เซนติเมตร เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 3
มอก.1355-2539	รถจักรยานยนต์ ปริมาตรกระบอกสูบไม่เกิน 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 3
มอก.1360-2539	รถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 3
มอก.1365-2539	รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 4
มอก.1370-2539	รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 3
มอก.1435-2540	รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 4
มอก.1440-2540	รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 5
มอก.1650-2542	รถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 4
มอก.1870-2542	รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6
มอก.1875-2542	รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 5
มอก.2130-2545	รถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 5
มอก.2155-2546	รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6
มอก.2160-2546	รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

1. UN/ECE Regulation No. 83 Rev.3

   Incorporating all valid text up to:

   Incorporating all valid text up to the 05 series of amendments

   Supplement 1 to the 05 series of amendments

   Supplement 2 to the 05 series of amendments

   Corrigendum 1 to the 05 series of amendments

   Corrigendum 2 to the 05 series of amendments

   Supplement 3 to the 05 series of amendments

   Supplement 4 to the 05 series of amendments

   Corrigendum 3 to the 05 series of amendments

   Supplement 5 to the 05 series of amendments

2. UN/ECE Regulation No. 83 Rev.3 - Erratum

3. UN/ECE Regulation No. 83 Rev.3 – Amendment 1

   Supplement 6 to the 05 series of amendments

4. UN/ECE Regulation No. 83 Rev.3 – Corrigendum 3

   Corrigendum 1 to Revision 3

5. UN/ECE Regulation No. 83 Rev.3 – Amendment 1- Corrigendum 1

   Corrigendum 1 to Supplement 6 to the 05 series of amendments

6. UN/ECE Regulation No. 83 Rev.3 – Amendment 2

   Supplement 7 to the 05 series of amendments

7. UN/ECE Regulation No. 83 Rev.3 – Amendment 3

   Supplement 8 to the 05 series of amendments

8. COMMISSION REGULATION (EC) No 692/2008

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ
เฉพาะด้านความปลอดภัย:
สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 8

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด การทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน การทดสอบรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ที่ผู้ทำออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้

1.1.1 น้ำมันเบนซินและ/หรือน้ำมันแก๊สโซฮอล์

1.1.2 น้ำมันเบนซินและ/หรือน้ำมันแก๊สโซฮอล์ ร่วมกับก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1.1.3 พลังงานจากเชื้อเพลิงและจากอุปกรณ์สะสมกำลัง/พลังงานไฟฟ้า (เช่น แบตเตอรี่ ตัวเก็บประจุ ล้อช่วยแรง/เครื่องกำเนิดไฟฟ้า) ในการขับเคลื่อนทางกล

ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "รถยนต์"

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ รถยนต์นั่ง (รวมถึงรถยนต์ออฟโรด) รถยนต์บรรทุก และรถยนต์นั่งที่ดัดแปลงมาจากรถยนต์บรรทุก

1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับปริมาณของสารมลพิษ ความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ และระบบวินิจฉัยอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ

1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึง

1.4.1 รถยนต์ที่มีมวลเต็มอัตราบรรทุกน้อยกว่า 400 kg (กิโลกรัม) และ/หรือรถยนต์ที่มีความเร็วออกแบบสูงสุดน้อยกว่า 50 km/h (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

1.4.2 รถยนต์ที่มีกำลังเครื่องยนต์สูงสุดของเครื่องยนต์นั้น ๆ ไม่เกิน 15 kW (กิโลวัตต์) โดยรถยนต์นั่งมีมวลรถเปล่าไม่เกิน 400 kg และรถยนต์บรรทุกมีมวลรถเปล่าไม่เกิน 550 kg

1.4.3 รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟและใช้ก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง ที่มีมวลเต็มอัตราบรรทุกมากกว่า 3 500 kg

- $CH_{1.85}$ สำหรับน้ำมันเบนซิน
- $CH_{2.525}$ สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลว
- CH_4 สำหรับก๊าซธรรมชาติ
- $C_1H_{2.09}O_{0.066}$ สำหรับแก๊สโซฮอล์ E-20
- $C_1H_{2.74}O_{0.385}$ สำหรับแก๊สโซฮอล์ E-85

2.5 สารมลพิษไอเสีย (tailpipe emission) หมายถึง สารมลพิษก๊าซที่ออกมาจากท่อไอเสีย

2.6 สารมลพิษไอระเหย (evaporative emission) หมายถึง ไอระเหยของไฮโดรคาร์บอนที่สูญเสียจากระบบเชื้อเพลิงของรถยนต์นอกเหนือจากส่วนที่ออกไปทางท่อไอเสีย

2.6.1 การสูญเสียในถังน้ำมัน (tank breathing losses) หมายถึง ไอระเหยของไฮโดรคาร์บอนที่สูญเสียจากระบบเชื้อเพลิงของรถยนต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในถังน้ำมันเชื้อเพลิง (แสดงค่าเป็น $CH_{2.33}$)

2.6.2 การสูญเสียเมื่อจอดรถยนต์ขณะเครื่องร้อน (hot soak losses) หมายถึง ไอระเหยของไฮโดรคาร์บอนที่สูญเสียจากระบบเชื้อเพลิงของรถยนต์ที่จอดอยู่กับที่หลังจากขับเคลื่อนได้ระยะหนึ่ง (แสดงค่าเป็น $CH_{2.20}$)

2.7 ห้องข้อเหวี่ยง (engine crankcase) หมายถึง ที่ว่างภายในหรือภายนอกที่ห่อหุ้มเครื่องยนต์ซึ่งต่อกับอ่างน้ำมันเครื่องด้วยท่อภายในหรือภายนอกซึ่งก๊าซและไอระเหยสามารถรั่วออกมาได้

2.8 อุปกรณ์ช่วยติดขณะเครื่องเย็น (cold start device) หมายถึง อุปกรณ์ที่เพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงในส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงขึ้นชั่วขณะเพื่อให้เครื่องยนต์ติดง่ายขึ้นในขณะเครื่องยนต์เย็น

2.9 อุปกรณ์ช่วยติดเครื่อง (starting aid) หมายถึง อุปกรณ์ที่ช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่ายขึ้น โดยไม่ทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงในส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศเพิ่มขึ้นเช่น อุปกรณ์อุ่นอากาศ การปรับแต่งจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง

2.10 ความจุกระบอกสูบของเครื่องยนต์ (engine capacity)

2.10.1 กรณีเครื่องยนต์แบบชัก หมายถึง ปริมาตรแทนที่ของลูกสูบทั้งหมด

2.10.2 กรณีเครื่องยนต์แบบหมุน หมายถึง ปริมาตรแทนที่ 2 เท่า ของช่องว่างอากาศระหว่างโรเตอร์และเสื้อโรเตอร์

2.11 อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ (pollution control devices) หมายถึง ส่วนประกอบในรถยนต์ที่ควบคุมและ/หรือจำกัดสารมลพิษไอเสียหรือไอระเหย

2.12 ระบบวินิจฉัยอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ (an on-board diagnostic system - OBD) หมายถึง ระบบที่สามารถบ่งชี้พื้นที่ที่มีการทำงานผิดปกติเกิดขึ้น ด้วยการแสดงรหัสผิดปกติที่เก็บไว้ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์

ในกรณีผู้ทำร้องขอ การทดสอบเพิ่มเติมจะไม่นำมาใช้ ถ้าผู้ทำเตรียมข้อมูลให้กับหน่วยรับรองได้ว่าในวัฏจักรการขับเคลื่อนที่การคืนสภาพการทำงานเกิดขึ้นนั้น ค่าปริมาณสารมลพิษยังคงต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดตามข้อ 5.3.1.4

2.17 รถยนต์ไฮบริด (Hybrid vehicles: HV)

2.17.1 นิยามทั่วไปสำหรับรถยนต์ไฮบริด: (Hybrid vehicles : HV) หมายถึง รถยนต์ที่มีตัวแปลงผันพลังงานที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 ชนิด และมีระบบสะสมพลังงานที่แตกต่างกันอย่างน้อยสองระบบเพื่อการขับเคลื่อน

2.17.2 นิยามสำหรับรถยนต์ไฮบริดไฟฟ้า: (Hybrid electrical vehicles: HEV) หมายถึง รถยนต์ที่ขับเคลื่อนทางกล โดยใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงและจากอุปกรณ์สะสมกำลัง/พลังงานไฟฟ้า (เช่น แบตเตอรี่ ตัวเก็บประจุ ล้อช่วยแรง/เครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

2.18 รถยนต์เชื้อเพลิงเดี่ยว (mono fuel vehicle)

2.18.1 รถยนต์เชื้อเพลิงก๊าซเดี่ยว (mono fuel gas vehicle) หมายถึง รถยนต์ที่ออกแบบขั้นต้นให้ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลวในการขับเคลื่อน แต่อาจมีระบบเชื้อเพลิงสำหรับน้ำมันเบนซินเพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉินสำหรับติดเครื่องเท่านั้น โดยความจุของถังน้ำมันต้องไม่เกิน 15 L (ลิตร)

2.19 รถยนต์เชื้อเพลิงคู่ (bi-fuel vehicle) หมายถึง รถยนต์ที่มีระบบเก็บเชื้อเพลิงแยกกันสองระบบ ที่ออกแบบให้ขับเคลื่อนโดยใช้เชื้อเพลิงเพียงชนิดเดียวในขณะเวลานั้นๆ และบางช่วงเวลาสามารถใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกันสองชนิดได้

2.19.1 รถยนต์เชื้อเพลิงคู่ก๊าซ (bi-fuel gas vehicle) หมายถึง รถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนได้ทั้งน้ำมันเบนซินและก๊าซธรรมชาติ หรือ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือ ไบโอมีเทน หรือ ไฮโดรเจน

2.20 รถยนต์เชื้อเพลิงผสม (flex fuel vehicle) หมายถึง รถยนต์ที่มีระบบเก็บเชื้อเพลิงระบบเดียวที่สามารถขับเคลื่อนโดยใช้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปได้

2.20.1 รถยนต์เชื้อเพลิงผสมเอทานอล(flex fuel ethanol vehicle) หมายถึง รถยนต์เชื้อเพลิงผสมสามารถขับเคลื่อนโดยใช้น้ำมันเบนซินหรือน้ำมันเบนซินที่มีส่วนผสมเอทานอล สูงสุดได้ถึงร้อยละ 85 (E85)

ของท่ออ่อน ข้อต่อ การต่อเชื่อมต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบควบคุมปริมาณสารมลพิษที่เป็นไปตามเดิมที่ออกแบบไว้

สำหรับสารมลพิษไอเสีย อาจไม่ใช้ข้อกำหนดนี้ได้ ถ้าเป็นไปตามข้อ 5.3.1.4

สำหรับสารมลพิษไอระเหย อาจไม่ใช้ข้อกำหนดนี้ได้ ถ้าเป็นไปตามข้อ 5.3.1.4

5.1.2.1 ทั้งนี้ห้ามใช้กลไกปรับเปลี่ยน

5.1.3 ช่องเติมน้ำมัน

5.1.3.1 ผู้ทำต้องออกแบบให้ช่องเติมน้ำมันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าที่หัวเติมน้ำมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 23.6 mm (มิลลิเมตร) จะผ่านเข้าไปได้

5.1.3.2 ช่องเติมน้ำมันอาจไม่เป็นไปตามข้อ 5.1.3.1 ได้ถ้า

(1) สารตะกั่วในน้ำมันเชื้อเพลิงไม่มีผลกระทบต่ออุปกรณ์ควบคุมมลพิษของรถยนต์ที่ผู้ทำออกแบบไว้ และ

(2) มีป้ายหรือสัญลักษณ์ที่เห็นได้ชัดเจนไม่ลบเลือนง่ายว่าให้ใช้เชื้อเพลิงไร้สารตะกั่วแสดงไว้ในตำแหน่งที่เห็นได้ทันที

5.1.4 ผู้ทำต้องป้องกันไม่ให้สารมลพิษไอระเหยออกมากเกินไป หรือน้ำมันเชื้อเพลิงหก อันเนื่องมาจากฝาถังหายไป โดยอาจใช้วิธีการดังนี้

5.1.4.1 ฝาปิดถังเติมน้ำมันแบบเปิด-ปิดอัตโนมัติ ที่ถอดออกไม่ได้

5.1.4.2 การออกแบบที่หลีกเลี่ยงไม่ให้สารมลพิษไอระเหยออกมากเกินไปเมื่อฝาปิดถังเติมน้ำมันหายไป

5.1.4.3 วิธีอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดผลในทำนองเดียวกัน เช่น ใช้ฝาปิดถังเติมน้ำมัน มีโซ่ล่ามฝาปิดถังหรือนำกุญแจที่ใช้ติดเครื่องยนต์มาใช้ปิดฝาถังน้ำมัน ในกรณีนี้สามารถเอากุญแจออกได้ขณะที่ฝาปิดถังน้ำมันอยู่ในตำแหน่งล็อก

5.1.5 ความปลอดภัยของระบบอิเล็กทรอนิกส์

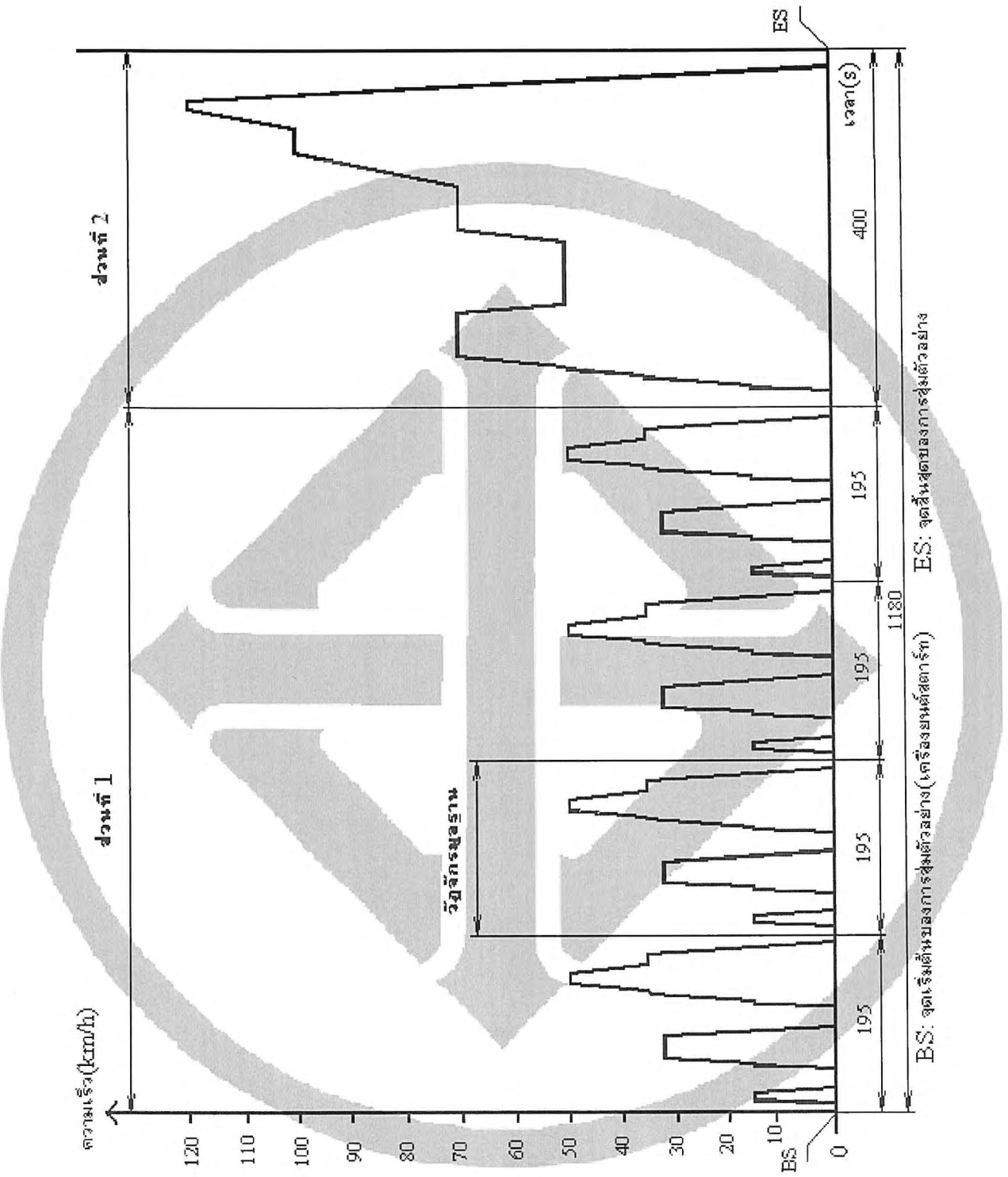
5.1.5.1 รถยนต์ใด ๆ ที่มีคอมพิวเตอร์ควบคุมปริมาณสารมลพิษต้องมีลักษณะเฉพาะในการป้องกันการปรับแก้ ยกเว้นแต่ได้รับอนุญาตจากผู้ทำ ถ้าการแก้ไขนั้นจำเป็นสำหรับการวินิจฉัย การบริการ การตรวจสอบ การปรับเปลี่ยนใหม่ หรือการซ่อมรถยนต์ รหัสคอมพิวเตอร์ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้หรือตัวแปรในการทำงานต้องป้องกันการเข้าไปรบกวน

ให้นำหน่วยความจำการสอบเทียบใด ๆ ที่ถอดออกได้ไว้ในกล่องปิดผนึก หรือป้องกันโดยรหัสอิเล็กทรอนิกส์และไม่สามารถเปลี่ยนได้หากไม่ใช้เครื่องมือและวิธีการพิเศษ

ตารางที่ 1 ลักษณะการทดสอบที่กำหนด

ประเภทรถยนต์	เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟที่รวมถึงรถยนต์ไฮบริด				
	เชื้อเพลิงเดี่ยว	เชื้อเพลิงคู่ [1]		เชื้อเพลิงผสม	
				E20	E85
ชนิดเชื้อเพลิง	เบนซิน (E ≤ 10)	เบนซิน (E ≤ 10)	เบนซิน (E ≤ 10)	เบนซิน (E ≤ 10)	เบนซิน (E ≤ 10)
การทดสอบ		ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	ก๊าซธรรมชาติ / ไบโอมีเทน	แก๊สโซฮอล์ (E ≤ 20)	แก๊สโซฮอล์ (E ≤ 85)
ลักษณะที่ 1	√	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)
ลักษณะที่ 2	√	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)	√ (ทั้งสองเชื้อเพลิง)
ลักษณะที่ 3	√	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)
ลักษณะที่ 4	√	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)
ลักษณะที่ 5	√	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)	√ (เฉพาะเบนซิน)
OBD	√	-	-	√ (เชื้อเพลิงเบนซิน หรือ แก๊สโซฮอล์ E20)	√ (เชื้อเพลิงเบนซิน หรือ แก๊สโซฮอล์ E85)

[1] สำหรับรถยนต์เชื้อเพลิงคู่ ที่สามารถใช้เชื้อเพลิงผสม ให้ทำการทดสอบทั้งข้อกำหนดสำหรับเชื้อเพลิงคู่และเชื้อเพลิงผสม โดยไม่ทดสอบ OBD



รูปที่ 1 วัฏจักรการขับเคลื่อนสำหรับการทดสอบลักษณะที่ 1

(ข้อ 5.3.1.2 (1))

5.3.1.5 จำนวนการทดสอบตามข้อ 5.3.1.4 อาจลดลงได้ถ้า

(1) ในการทดสอบครั้งแรกปริมาณสารมลพิษทุกค่ามีค่าไม่เกิน 70 % ของค่าที่กำหนดตามตารางที่ 2 ให้ทดสอบเพียงครั้งเดียวและถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามข้อ 5.3.1.4

(2) ในการทดสอบครั้งแรกปริมาณสารมลพิษบางค่ามีค่าเกิน 70 % แต่ไม่เกิน 85 % ของค่าที่กำหนดตามตารางที่ 2 ให้ทดสอบครั้ง ที่ 2 และถ้าผลรวมของปริมาณสารมลพิษในการทดสอบสองครั้งมีค่าไม่เกิน 170 % ของค่าที่กำหนดตามตารางที่ 2 จึงจะถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามข้อ 5.3.1.4

5.3.2 การทดสอบลักษณะที่ 2 (ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในขณะเครื่องยนต์เดินเบา)

5.3.2.1 ให้ทดสอบกับรถยนต์ตามข้อ 1.

(1) รถยนต์ที่ใช้ทั้งน้ำมันเบนซินและก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงให้ทดสอบลักษณะที่ 2 โดยใช้เชื้อเพลิงทั้งสองประเภท

(2) รถยนต์ที่ใช้ทั้งน้ำมันเบนซินและน้ำมันแก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงให้ทดสอบลักษณะที่ 2 โดยใช้น้ำมันเบนซินและน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีเอทานอลเป็นส่วนผสมสูงสุดตามที่ยื่นขอ

5.3.2.2 เมื่อทดสอบลักษณะที่ 2 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์แล้ว ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจากเครื่องยนต์ขณะเดินเบา

(1) ต้องไม่เกิน 3.5 % โดยปริมาตร เมื่อทดสอบโดยปรับตัวควบคุมภาวะการเดินเบาตามที่ผู้ทำระบุ

(2) ต้องไม่เกิน 4.5 % โดยปริมาตร เมื่อทดสอบโดยปรับตัวควบคุมภาวะการเดินเบาภายในช่วงการปรับตามที่กำหนดในภาคผนวก ก.

5.3.3 การทดสอบลักษณะที่ 3 (ปริมาณสารมลพิษจากห้องข้อเหวี่ยง)

5.3.3.1 ให้ทดสอบกับรถยนต์ตามข้อ 1.

(1) รถยนต์ที่ใช้ทั้งน้ำมันเบนซินและก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงให้ทดสอบลักษณะที่ 3 โดยใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น

(2) รถยนต์ที่ใช้ทั้งน้ำมันเบนซินและน้ำมันแก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงให้ทดสอบลักษณะที่ 3 โดยใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น

5.3.3.2 เมื่อทดสอบลักษณะที่ 3 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์แล้วต้องไม่มีก๊าซออกจากห้องข้อเหวี่ยงสู่บรรยากาศ

5.3.4 การทดสอบลักษณะที่ 4 (ปริมาณสารมลพิษไอระเหย)

5.3.4.1 ให้ทดสอบกับรถยนต์ ที่มีมวลเต็มอัตราบรรทุกไม่เกิน 3 500 kg

(1) รถยนต์ที่ใช้ทั้งน้ำมันเบนซินและก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงให้ทดสอบลักษณะที่ 4 โดยใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น

(2) รถยนต์ที่ใช้ทั้งน้ำมันเบนซินและน้ำมันแก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงให้ทดสอบลักษณะที่ 4 โดยใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น

5.3.4.2 เมื่อทดสอบลักษณะที่ 4 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์แล้ว สารมลพิษไอระเหยที่วัดได้ต้องน้อยกว่า 2.0 g/test

ตารางที่ 3 ปริมาณสารมลพิษจากเครื่องยนต์สำหรับการทดสอบระบบวินิจฉัยอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ

(ข้อ 5.3.7.2.1)

หน่วยเป็น g/km

ประเภทรถยนต์	มวลอ้างอิง (kg)	คาร์บอนมอนอกไซด์	ไฮโดรคาร์บอน	ออกไซด์ของไนโตรเจน
รถยนต์นั่ง มวลเต็มอัตราบรรทุกไม่เกิน 2 500 kg	-	3.20	0.40	0.60
รถยนต์นั่งมวลเต็มอัตราบรรทุกเกิน 2 500 kg หรือ รถยนต์บรรทุกและรถยนต์นั่งที่ดัดแปลงมาจากรถยนต์บรรทุกที่มีมวลเต็มอัตราบรรทุกไม่เกิน 3 500 kg	ไม่เกิน 1 305	3.20	0.40	0.60
	เกิน 1305 แต่ไม่เกิน 1 760	5.80	0.50	0.70
	เกิน 1 760	7.30	0.60	0.80

5.3.7.2.2 รถยนต์แต่ละแบบ/รุ่น เมื่อพิจารณาตามภาคผนวก ช. ของ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์ แล้วจัดได้ว่าอยู่ในตระกูลเดียวกันกับรถยนต์ตัวอย่างให้ถือว่าได้รับการรับรองเฉพาะแบบด้วย

5.3.8 ข้อมูลสารมลพิษสำหรับการทดสอบเมื่อใช้งานบนถนน

5.3.8.1 ข้อกำหนดนี้ใช้เฉพาะรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ได้ขอรับการรับรอง

5.3.8.2 เมื่อทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์ข้อ 4. การทดสอบลักษณะที่ 2 ที่ภาวะเดินเบาแล้ว

- ให้บันทึกค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจากเครื่องยนต์
- ให้บันทึกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์และความคลาดเคลื่อนในระหว่างทดสอบ

5.3.8.3 เมื่อทดสอบที่รอบเดินเบาสูง (เช่น ที่มากกว่า 2 000 rpm (รอบต่อนาที))

- ให้บันทึกค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจากเครื่องยนต์
- ให้บันทึกค่าแลมป์ดา
- ให้บันทึกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์และความคลาดเคลื่อนในระหว่างทดสอบ

5.3.8.4 ให้วัดและบันทึกอุณหภูมิน้ำมันเครื่องขณะทดสอบ (การคำนวณค่าแลมป์ดา)

5.3.8.5 ผู้ทำต้องรับรองความถูกต้องของค่าแลมป์ดาที่วัดได้ตามข้อ 5.3.8.3 ให้ใช้ได้ในการรับรองการผลิตภายใน 24 เดือน นับจากวันที่ได้รับการรับรองแบบ การประเมินต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากรถยนต์ที่ผลิต

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดของรถยนต์

(ข้อ 3.)

ในการทดสอบรับรองเฉพาะแบบให้ผู้ทำระบุรายละเอียดของรถยนต์ (ถ้ามี) ในรายการที่เกี่ยวข้องกับแบบ/รุ่น ที่ยื่นขอ ดังต่อไปนี้ ในบางรายการที่มีข้อมูลมากกว่าหนึ่ง ให้ระบุข้อมูลทั้งหมด

ในที่นี้เลขลำดับข้อให้เป็นไปตามลำดับที่ระบุไว้ใน UN/ECE R83

สำหรับข้อที่มีสัญลักษณ์ * ข้อมูลเป็นไปตามเอกสาร Commission Regulation (EC) (EC Directive) No 692/2008 Annex I Appendix 3

1. ทั่วไป
   - 1.1 ชื่อผู้ทำ (เครื่องหมายการค้าของผู้ทำ) : .....
   - 1.2 ชนิดและรายละเอียดทางการค้าทั่วไป : .....
   - 1.3 วิธีบ่งชี้ชนิด, ถ้ามีเครื่องหมายบนรถยนต์ : .....
     - 1.3.1 พื้นที่ระบุเครื่องหมาย : .....
   - 1.4 แบบของรถยนต์ : .....
   - 1.5 ชื่อและที่อยู่ของผู้ทำ : .....
   - 1.6 ที่อยู่ของโรงงานผู้ทำ : .....

2. คุณลักษณะโครงสร้างทั่วไปของรถยนต์
   - 2.1 รูปภาพหรือแบบแสดง : .....
   - 2.2 เพลากำลัง (จำนวน ตำแหน่ง การเชื่อมต่อ) : .....

3. มวลและมิติ
   - 3.1 มวลรถยนต์พร้อมใช้งานของแต่ละแบบตัวถัง (อ้างอิงแบบแสดง (ถ้ามี)) หรือมวลของคัสซีพร้อมห้องคนขับถ้าผู้ทำไม่ได้ประกอบตัวถัง(พร้อมอุปกรณ์มาตรฐานที่รวมถึงสารหล่อเย็น น้ำมันหล่อลื่น เชื้อเพลิง เครื่องมือ ล้ออะไหล่ คนขับ) ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด : .....
   - 3.2 น้ำหนักบรรทุกสูงสุดทางเทคนิคที่ระบุโดยผู้ทำ (ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด) : .....

4.2.4 การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

4.2.4.1 คาร์บูเรเตอร์ มี/ไม่มี

4.2.4.1.1 ยี่ห้อ : ....

4.2.4.1.2 แบบ : ....

4.2.4.1.3 จำนวน : .....

4.2.4.1.4 การปรับแต่ง : .....

4.2.4.1.4.1 นมหนู : .....

4.2.4.1.4.2 เวนจูริ : .....

4.2.4.1.4.3 ระดับห้องลูกลอย : .....

4.2.4.1.4.4 มวลลูกลอย : .....

4.2.4.1.4.5 เข็มลูกลอย : .....

4.2.4.1.5 ระบบติดเครื่องขณะเย็น : ควบคุมโดยคน/ อัตโนมัติ.....

4.2.4.1.5.1 การทำงาน : .....

4.2.4.1.5.2 ข้อจำกัดการทำงาน/การปรับตั้ง : .....

4.2.4.2 การฉีดเชื้อเพลิง (สำหรับเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด) : มี/ไม่มี

4.2.4.2.1 รายละเอียดระบบ : .....

4.2.4.2.2 การทำงาน : ฉีดโดยตรง/เผาไหม้ล่วงหน้า/เผาไหม้แบบวน

4.2.4.2.3 ปั๊มฉีด

4.2.4.2.3.1 ยี่ห้อ : ....

4.2.4.2.3.2 แบบ : ....

4.2.4.2.3.3 ปริมาณเชื้อเพลิงสูงสุด .....mm^3 /ช่วงชักหรือรอบที่ ความเร็วรอบปั๊ม .....min^{-1}

4.2.4.2.3.4 ระยะเวลาการฉีด : .....

4.2.4.2.3.5 เส้นโค้งการจุดระเบิดล่วงหน้า : .....

4.2.4.2.3.6 กระบวนการสอบเทียบ : แท่นทดสอบ/เครื่องยนต์

4.2.4.2.4 กัฟเวอร์เนอร์

4.2.4.2.4.1 แบบ : .....

4.2.4.2.4.2 พิกัดความเร็วรอบสูงสุด

4.2.4.2.4.2.1 เมื่อมีภาระ : .....rpm

4.2.4.2.4.2.2 เมื่อไม่มีภาระ: .....rpm

4.2.4.2.4.3 ความเร็วรอบเดินเบา : ..... rpm

4.2.4.2.5 หัวฉีด

*ยี่ห้อและแบบของตัวตรวจวัดความดันอากาศ (ข้อ 3.2.4.2.9.3.8 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.4.3 การฉีดเชื้อเพลิง (สำหรับเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ) : มี/ไม่มี

*รายละเอียดการทำงาน : ท่อร่วมไอดี (จุดเดียว/หลายจุด) / ฉีดโดยตรง /อื่น ๆ (ระบุ) (ข้อ 3.2.4.3.1 ใน EC Directive No 692/2008) .....

*ยี่ห้อ (ข้อ 3.2.4.3.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*แบบ (ข้อ 3.2.4.3.3ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.4.3.2 รายละเอียดของระบบ ในกรณีที่ไม่ใช่การฉีดแบบต่อเนื่อง ให้ระบุรายละเอียดที่เทียบเท่า : ....

ยี่ห้อและแบบหรือของหน่วยควบคุม : .....

ยี่ห้อและแบบของตัวปรับแรงดันเชื้อเพลิง : .....

ยี่ห้อและแบบของตัวตรวจวัดการไหลของอากาศ : .....

ยี่ห้อและแบบของหัวจ่ายเชื้อเพลิง : .....

ยี่ห้อและแบบของตัวปรับความดัน : .....

ยี่ห้อและแบบของไมโครสวิตช์ : .....

ยี่ห้อและแบบของสกรูปรับรอบเดินเบา : .....

ยี่ห้อและแบบของห้องปีกผีเสื้อ : .....

ยี่ห้อและแบบของตัวตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ : .....

ยี่ห้อและแบบของตัวตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ : .....

*ยี่ห้อและแบบของตัวตรวจวัดความดันอากาศ (ข้อ 3.2.4.3.4.11 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.4.3.5 หัวฉีด : ความดันขณะเปิด หรือภาพแสดงคุณลักษณะ : .....

*ยี่ห้อ (ข้อ 3.2.4.3.5.1 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*แบบ (ข้อ 3.2.4.3.5.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.4.3.6 ระยะเวลาการฉีด : .....

4.2.4.3.7 ระบบติดเครื่องขณะเย็น : .....

4.2.4.3.7.1 หลักการทำงาน : .....

4.2.4.3.7.2 ขีดจำกัดการทำงาน/การตั้งค่า : .....

4.2.4.4 ปั๊มเลี้ยง

4.2.4.4.1 ความดันขณะเปิด หรือภาพแสดงคุณลักษณะ : .....

*ระบบไฟฟ้า (ข้อ 3.2.5ใน EC Directive No 692/2008)

*แบบ (ข้อ 3.2.7.3.2.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*อัตราการขับ (ข้อ 3.2.7.3.3 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.7 ระบบไอดี

4.2.7.1 อุปกรณ์เพิ่มความดัน : มี/ไม่มี

4.2.7.1.1 ยี่ห้อ : .....

4.2.7.1.2 แบบ : .....

4.2.7.1.3 รายละเอียดระบบ (เช่น ความดันที่เพิ่มสูงสุด : .....kPa, ตัวระบาย (ถ้ามี)

4.2.7.2 อินเตอร์คูลเลอร์ : มี/ไม่มี

*แบบ อากาศ-อากาศ / อากาศ- น้ำ (ข้อ 3.2.8.2.1 ใน EC Directive No 692/2008)

*ความดันจังหวะดูดในท่อไอดีที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่กำหนดที่ภาระ 100 % (เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัดเท่านั้น) (ข้อ 3.2.8.3 ใน EC Directive No 692/2008)

ค่าต่ำสุดที่ยอมให้ .....kPa

ค่าสูงสุดที่ยอมให้.....kPa

4.2.7.3 รายละเอียดและแบบแสดงท่อไอดีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ (ห้องอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์เพิ่มอากาศ อื่นๆ) : .....

4.2.7.3.1 รายละเอียดท่อร่วมไอดี (รวมถึงแบบแสดงและรูปภาพ) : .....

4.2.7.3.2 ตัวกรองอากาศ ภาพแสดง : .....

4.2.7.3.2.1 ยี่ห้อ : .....

4.2.7.3.2.2 แบบ : .....

4.2.7.3.3 อุปกรณ์ลดเสียงในไอดี, ภาพแสดง : .....

4.2.7.3.3.1 ยี่ห้อ : .....

4.2.7.3.3.2 แบบ : .....

*ระบบไอเสีย (ข้อ 3.2.9 ใน EC Directive No 692/2008)

*รายละเอียดและภาพแสดงท่อไอเสีย (ข้อ 3.2.9.1 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*รายละเอียดและภาพแสดงระบบไอเสีย (ข้อ 3.2.9.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ความดันไอเสียย้อนกลับสูงสุดที่ยอมให้ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่กำหนดที่ภาระร้อยละ 100 (เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัดเท่านั้น) (ข้อ 3.2.9.3 ใน EC Directive No 692/2008) .....kPa

4.2.11.2.1.10.4รายละเอียดของวิธีที่ใช้สำหรับ(การเพิ่มภาระ)ในกระบวนการทดสอบ .....

*ช่วงอุณหภูมิการทำงานปกติ (ข้อ 3.2.12.2.1.11.5 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*รีเอเจนต์ที่ใช้ (ถ้ามี) (ข้อ 3.2.12.2.1.11.6 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ชนิดและความเข้มข้นของรีเอเจนต์ที่ต้องการสำหรับการทำงานของแคทาลิสต์ (ถ้ามี) (ข้อ 3.2.12.2.1.11.7 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ช่วงอุณหภูมิการทำงานปกติของรีเอเจนต์(ถ้ามี) (ข้อ 3.2.12.2.1.11.8 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*มาตรฐานระดับสากล (ถ้ามี) (ข้อ 3.2.12.2.1.11.7 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ความถี่ของการเติมรีเอเจนต์ : ต่อเนื่อง /ซ่อมบำรุง (ถ้ามี) (ข้อ 3.2.12.2.1.11.10 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ชื่อผู้ทำแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (ข้อ 3.2.12.2.1.12 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*หมายเลขชิ้นส่วนบ่งชี้ (ข้อ 3.2.12.2.1.13 ใน EC Directive No 692/2008) : ...

*ตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน : มี/ไม่มี (ข้อ 3.2.12.2.2 ใน EC Directive No 692/2008)

*แบบ (ข้อ 3.2.12.2.2.1 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ตำแหน่ง (ข้อ 3.2.12.2.2.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ช่วงควบคุม (ข้อ 3.2.12.2.2.3ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ผู้ทำตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน (ข้อ 3.2.12.2.2.4 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*หมายเลขชิ้นส่วนบ่งชี้ (ข้อ 3.2.12.2.2.5 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.11.2.2 การฉีดอากาศ : มี/ไม่มี

4.2.11.2.5.4.3 ปัจจัยที่กำหนดระดับ (ภาระ) ที่ต้องการก่อนที่จะมีการคืนสภาพ(เช่น อุณหภูมิ ความดัน) .....

4.2.11.2.5.4.4 รายละเอียดของวิธีที่ใช้สำหรับ(การเพิ่มภาระ)ในกระบวนการทดสอบ .....

*ผู้ทำตัวดักปริมาณสารมลพิษอนุภาค (ข้อ 3.2.12.2.6.5 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*หมายเลขชิ้นส่วนบ่งชี้ (ข้อ 3.2.12.2.6.6 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.11.2.7 ระบบวินิจฉัยอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ

4.2.11.2.7.1 คำอธิบายและ/หรือรูปแสดงตัวบ่งชี้การทำงานผิดปกติ : .....

4.2.11.2.7.2 รายการและวัตถุประสงค์ของส่วนประกอบทั้งหมดที่ต้องตรวจวัดโดยระบบวินิจฉัยอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ : .....

4.2.11.2.7.3 รายละเอียดการทำงานทั่วไปของ :

4.2.11.2.7.3.1 เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

4.2.11.2.7.3.1.1 การตรวจวัดแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ : .....

4.2.11.2.7.3.1.2 การตรวจพบการจุดระเบิดผิดปกติ : .....

4.2.11.2.7.3.1.3 การตรวจวัดตัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน : .....

4.2.11.2.7.3.1.4 ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ตรวจวัดโดยระบบวินิจฉัยอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ : .....

4.2.11.2.7.3.2 เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด

4.2.11.2.7.3.2.1 การตรวจวัดแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ : .....

4.2.11.2.7.3.2.2 การตรวจวัดตัวดักจับสารมลพิษอนุภาค : .....

4.2.11.2.7.3.2.3 การตรวจวัดระบบเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ : .....

4.2.11.2.7.3.2.4 ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ตรวจวัดโดยระบบวินิจฉัยอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ : .....

4.2.11.2.7.4 หลักเกณฑ์การกระตุ้นตัวชี้บ่งการทำงานผิดปกติ (ระบุจำนวนวัฏจักรในการขับเคลื่อน หรือวิธีทางสถิติ) : .....

4.2.11.2.7.5 รายการของรหัสทั้งหมดที่แสดงโดยระบบวินิจฉัยการควบคุมสารมลพิษ และรูปแบบที่ใช้ (พร้อมคำอธิบายในแต่ละรายการ) : .....

4.2.11.2.7.6 ผู้ทำรถยนต์ต้องให้ข้อมูลเพิ่มเติมต่อไปนี้ เพื่อผู้ทำชิ้นส่วนทดแทนหรือชิ้นส่วนปรับเปลี่ยน ผู้ทำเครื่องมือวินิจฉัยและผู้ทำเครื่องมือทดสอบ เพื่อให้สามารถเข้ากับระบบ OBD ได้ ยกเว้นว่าข้อมูล

*ระบบอื่น ๆ (รายละเอียดและการทำงาน) (ข้อ 3.2.12.2.8 ใน EC Directive No 692/2008) : ……..

*ตำแหน่งของสัญลักษณ์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (เฉพาะเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัดเท่านั้น) (ข้อ 3.2.13 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*รายละเอียดของอุปกรณ์อื่นที่ออกแบบและมีผลต่อการใช้เชื้อเพลิง (ถ้าไม่รวมอยู่ในรายการอื่น) (ข้อ 3.2.14 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

4.2.12 ระบบเติมก๊าซปิโตรเลียมเหลว (มี/ไม่มี)

4.2.12.1 เลขที่ใบรับรองระบบ : ……..

4.2.12.2 ชุดควบคุมการจัดการเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเติมก๊าซปิโตรเลียมเหลว : …. ……..…..

4.2.12.2.1 ยี่ห้อ : …… ……..…

4.2.12.2.2 แบบ : …… ……..…

4.2.12.2.3 ความสามารถในการปรับแต่งที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารมลพิษ (มี/ไม่มี) : …

4.2.12.3 เอกสารเพิ่มเติม

4.2.12.3.1 รายละเอียดของการป้องกันการแคตาลิสต์จากการเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิง : …… ……..…

4.2.12.3.2 รูปแบบของระบบ (การเชื่อมต่อทางไฟฟ้า , ท่อเชื่อมต่อชดเชยสุญญากาศ , อื่น ๆ) : ……..…

4.2.12.3.3 ภาพแสดงสัญลักษณ์ : …… ……..…

4.2.13 ระบบเติมก๊าซธรรมชาติ (มี/ไม่มี)

4.2.13.1 เลขที่ใบรับรองระบบ : ……..

4.2.13.2 ชุดควบคุมการจัดการเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเติมก๊าซธรรมชาติ

4.2.13.2.1 ยี่ห้อ : …… ……..…

4.2.13.2.2 แบบ : …… ……..…

4.2.13.2.3 ความสามารถในการปรับแต่งที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารมลพิษ (มี/ไม่มี) : …… ……..…

4.2.13.3 เอกสารเพิ่มเติม

4.2.13.3.1 รายละเอียดของการป้องกันการแคตาลิสต์จากการเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิง : …… ……..…

4.2.13.3.2 รูปแบบของระบบ (การเชื่อมต่อทางไฟฟ้า , ท่อเชื่อมต่อชดเชยสุญญากาศ , อื่น ๆ) : ……..…

*กำลังสูงสุด (ข้อ 3.4.5.4 ใน EC Directive No 692/2008) : .....kW

*หลักการทำงาน (ข้อ 3.4.5.5 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*กระแสตรง / กระแสสลับ / จำนวนเฟส (ข้อ 3.4.5.5.1 ใน EC Directive No 692/2008) :.....

*แบบแยกกระตุ้น / แบบอนุกรม /แบบรวม (ข้อ 3.4.5.5.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ซิงโครนัส / อะซิงโครนัส (ข้อ 3.4.5.5.3 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*ชุดควบคุม (ข้อ 3.4.6 ใน EC Directive No 692/2008)

*ยี่ห้อ (ข้อ 3.4.5.6.1 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*แบบ (ข้อ 3.4.6.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*หมายเลขบ่งชี้ (ข้อ 3.4.6.3 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*เครื่องควบคุมกำลัง (ข้อ 3.4.7 ใน EC Directive No 692/2008)

*ยี่ห้อ (ข้อ 3.4.7.1 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*แบบ (ข้อ 3.4.7.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*หมายเลขบ่งชี้ (ข้อ 3.4.7.3 ใน EC Directive No 692/2008): .....

*ช่วงระยะทางการใช้ไฟฟ้าของรถยนต์ (ข้อ 3.4.8 ใน EC Directive No 692/2008) : .....km

*คำแนะนำของผู้ทำในการเตรียมสภาพ (ข้อ 3.4.9 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*อุณหภูมิที่ผู้ทำกำหนด (ข้อ 3.6 ใน EC Directive No 692/2008) :

*ระบบระบายความร้อน (ข้อ 3.6.1 ใน EC Directive No 692/2008)

*ระบายความร้อนด้วยของเหลว (ข้อ 3.6.1.1 ใน EC Directive No 692/2008)

อุณหภูมิสูงสุดที่ช่องทางออก : .....K

*ระบายความร้อนด้วยอากาศ (ข้อ 3.6.1.2 ใน EC Directive No 692/2008)

*จุดที่วัด (ข้อ 3.6.1.2.1 ใน EC Directive No 692/2008) : .....

*อุณหภูมิสูงสุดที่จุดวัด (ข้อ 3.6.1.2.2 ใน EC Directive No 692/2008) : .....K

*อุณหภูมิที่ทางออกสูงสุดของช่องเข้าอินเตอร์คูลเลอร์ (ข้อ 3.6.2 ใน EC Directive No 692/2008): .....K

*อุณหภูมิไอเสียสูงสุดในท่อไอเสียที่ติดกับหน้าแปลนทางออกของท่อร่วมไอเสีย (ข้อ 3.6.3 ใน EC Directive No 692/2008) : .....K

*อุณหภูมิเชื้อเพลิง (ข้อ 3.6.4 ใน EC Directive No 692/2008)

*ต่ำสุด (ข้อ 3.6.4.1 ใน EC Directive No 692/2008) : .....K

เกียร์	อัตราทดภายในห้องเกียร์ (อัตราทดระหว่างเครื่องยนต์กับรอบเพลา)	อัตราทดเฟืองท้าย (อัตราทดระหว่างรอบเพลากับล้อขับเคลื่อน)	อัตราทดทั้งหมด
ค่าสูงสุดสำหรับ CVT**			
1			
2			
3			
.....			
ค่าต่ำสุดสำหรับ CVT**			
ถอยหลัง			

** *CVT : Continuously variable transmission*

6. ระบบกันสะเทือน

6.1 ยางและล้อ

6.1.1 ชุดยาง/ล้อ (สำหรับยาง : ขนาด ดัชนีความสามารถในการรับภาระต่ำสุด ประเภทสัญลักษณ์ความเร็วต่ำสุด สำหรับล้อ : ขนาดของขอบล้อและระยะออฟเซต) : .....

6.1.1.1 เพลา

6.1.1.1.1 เพลา 1 : .....

6.1.1.1.2 เพลา 2 : .....

อื่น ๆ

6.1.2 องศาสูงสุดและต่ำสุดของการหมุน : .....

6.1.2.1 เพลา 1 : .....

6.1.2.2 เพลา 2 : .....

อื่น ๆ

6.1.3 ความดันลมยางที่ผู้ทำแนะนำ : ..... kPa