



ส่วนที่ 1. แบบฝึกหัดเรื่องการแก้ปัญหาในระหว่างการ kill หลุมโดยใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ใน kill sheet – แบบฝึกหัดการวิเคราะห์ปัญหาโดยการอ่านค่าแรงดันที่ปรากฏบนเกจ

แบบฝึกหัดเรื่องการแก้ปัญหาในระหว่างการ kill หลุมโดยการวิเคราะห์ค่าแรงดันที่ปรากฏบนเกจนี้ เป็นแบบฝึกหัดให้อ่านข้อมูล โดยโจทย์จะระบุค่าแรงดันตอนปิดหลุม และ คำนวณแรงดันต่างๆในการ kill หลุมไว้ให้ รวมทั้งคำนวณความจุในก้านเจาะ และ ความจุในหลุมไว้ให้แล้วใน kill sheet

โจทย์แต่ละข้อจะบอกสถานการณ์มาให้ว่าเกิดปัญหาในการ kill ตอนที่ปั๊มไปแล้วก็สโตรก, บอกความเร็วในการปั๊ม (SPM), บอกค่าแรงดันในก้านเจาะ drill pipe, และแรงดันฝั่งเคสซึ่งจงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพื่อแก้ไขสถานการณ์ในระหว่างการ kill หลุม

ในการวิเคราะห์ค่าแรงดันที่โจทย์กำหนดให้ ท่านจะต้องแก้ปัญหาเฉพาะกรณีที่แรงดันเป็นไปตามเงื่อนไขด้านล่างสองอย่างนี้เท่านั้น

- ถ้าค่าแรงดันในฝั่งเคสซึ่ง หรือ แรงดันในฝั่งก้านเจาะที่โจทย์ให้มา มีค่าต่ำกว่าแรงดันที่ควรจะเป็น หรือ
- ถ้าค่าแรงดันในฝั่งเคสซึ่ง หรือ แรงดันในฝั่งก้านเจาะที่โจทย์ให้มา มีค่าสูงกว่าแรงดันที่ควรจะเป็นตั้งแต่ 70 psi ขึ้นไป (เท่ากับ 70 psi หรือเกิน 70 psi)

ส่วนที่ 2. สูตรที่ใช้คำนวณ

ตัวย่อ	ชื่อเรียกเต็ม
0.052	ตัวคูณ, ค่าคงที่
bbl	ยูเอส บาร์เรล
bbl/ft	บาร์เรลต่อความยาวหนึ่งฟุต
bbl/min	อัตราการไหล บาร์เรลต่อนาที
bbl/stroke	ปริมาตรที่ปั๊ม บาร์เรลต่อหนึ่งสโตรค
BHP	แรงดันที่ก้นหลุม
BOP	BOP

ตัวย่อ	ชื่อเรียกเต็ม
ft	ฟุต (ความยาว)
ft/hr	ความเร็ว ฟุตต่อชั่วโมง
ft/min	ความเร็ว ฟุตต่อนาที
lb/bbl	ความหนาแน่น ปอนด์ต่อบาร์เรล
LOT	LOT
MAASP	แรงดันสูงสุดที่เคสซึ่งชูทได้
ppg	ความหนาแน่น, น้ำหนักของน้ำโคลน เป็น ppg (ปอนด์ต่อแกลลอน)

ตัวย่อ	ชื่อเรียกเต็ม
psi	ความดัน, แรงดัน เป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)
psi/ft	เกรเดียนท์เป็น psi ต่อความลึกทุกๆหนึ่งฟุต (psi/ft)
psi/hr	PSI ต่อชั่วโมง
SICP	แรงดันในเคสซึ่งเมื่อปิดหลุม
SIDPP	แรงดันในก้านเจาะเมื่อปิดหลุม
SPM	SPM
TVD	ความลึกในแนวดิ่ง

**1. แรงดันไฮโดรสแตติก, แรงดันที่เกิดจากน้ำหนักของน้ำโคลน (psi)**

$$\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052 \times \text{ความลึกในแนวดิ่ง (ft)}$$

2. เกรเดียนต์เป็น psi ต่อความลึกทุก ๆ หนึ่งฟุต (psi/ft)

$$\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052$$

3. น้ำหนักของน้ำโคลน หรือ ความหนาแน่นของน้ำโคลน (ppg)

$$\text{แรงดันไฮโดรสแตติก (psi)} \div \text{ความลึกในแนวดิ่ง (ft)} \div 0.052$$

หรือ

$$\frac{\text{แรงดันไฮโดรสแตติก (psi)}}{\text{ความลึกในแนวดิ่ง (ft)} \times 0.052}$$

4. แรงดันในชั้นดิน (psi) – (Formation pressure)

$$\text{แรงดันไฮโดรสแตติกจากน้ำหนักของน้ำโคลนในก้านเจาะ (psi)} + \text{แรงดันในก้านเจาะเมื่อปิดหลุม (psi)}$$

5. ความเร็วในการปั้มน้ำโคลน (บาร์เรลต่อนาที) - Pump output (bbl/min)

$$\text{ความจุของกระบอกสูบใน mud pump (บาร์เรลต่อหนึ่งสโตรก)} \times \text{อัตราการปั๊ม (SPM)}$$

6. Equivalent circulating density (ppg) ECD

น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg) + (แรงต้านในหลุม (annular pressure loss (psi)) ÷ ความลึกในแนวดิ่ง (ft) ÷ 0.052

หรือ

$$\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} + \left(\frac{\text{แรงต้านในหลุม (psi)}}{\text{ความลึกในแนวดิ่ง (ft)} \times 0.052} \right)$$

7. น้ำหนักของน้ำโคลนที่ต้องใช้ในการถอนก้านเจาะ (ppg) เมื่อรวมค่า trip margin เข้าไปแล้ว

น้ำหนักเดิมของน้ำโคลน (ppg) + (trip margin (psi) ÷ ความลึกของหลุมในแนวดิ่ง (ft) ÷ 0.052

หรือ

$$\text{น้ำหนักเดิมของน้ำโคลน (ppg)} + \left(\frac{\text{trip margin (psi)}}{\text{ความลึกของหลุมในแนวดิ่ง (ft)} \times 0.052} \right)$$

8. แรงดันปั๊มค่าใหม่ หลังจากเปลี่ยนความเร็วในการปั๊ม (SPM) (เป็นการคำนวณอย่างคร่าวๆ)

$$\text{แรงดันปั๊มค่าเดิม (psi)} \times \left(\frac{\text{ความเร็วปั๊มค่าใหม่ (SPM)}}{\text{ความเร็วปั๊มค่าเดิม (SPM)}} \right)^2$$



9. แรงดันบิ๊มค่าใหม่ (psi) หลังจากเปลี่ยนน้ำหนักของน้ำโคลน (เป็นการคำนวณอย่างคร่าวๆ)

$$\text{แรงดันบิ๊มค่าเดิม (psi)} \times \left(\frac{\text{น้ำหนักใหม่ของน้ำโคลน (ppg)}}{\text{น้ำหนักเดิมของน้ำโคลน (ppg)}} \right)$$

10. น้ำหนักสูงสุดของน้ำโคลนที่เคสซึ่งชูสามารถทนได้ (ppg) (Maximum allowable fluid density (ppg))

$$\text{น้ำหนักของน้ำโคลนที่ใช้ทำ LOT (ppg)} + (\text{แรงดันตอนทำ LOT (psi)} \div \text{ความลึกของเคสซึ่งชูในแนวดิ่ง (ft)} \div 0.052)$$

หรือ

$$\text{น้ำหนักของน้ำโคลนที่ใช้ทำ LOT (ppg)} + \left(\frac{\text{แรงดันตอนทำ LOT (psi)}}{\text{ความลึกของเคสซึ่งชูในแนวดิ่ง TVD (ft)} \times 0.052} \right)$$

11. แรงดันสูงสุดที่เคสซึ่งชูสามารถทนได้ (psi) (ค่า MAASP)

$$(\text{น้ำหนักสูงสุดของน้ำโคลนที่เคสซึ่งชูสามารถทนได้ (ppg)} - \text{น้ำหนักของน้ำโคลนในหลุม (ppg)}) \times \text{ความลึกของเคสซึ่งชูในแนวดิ่ง (ft)} \times 0.052$$

12. น้ำหนักของน้ำโคลนสำหรับ kill หลุม (ppg)

$$\text{น้ำหนักเดิมของน้ำโคลน (ppg)} + (\text{แรงดันในก้านเจาะตอนปิดหลุม (psi)} \div \text{ความลึกของหลุมในแนวดิ่ง (ft)} \div 0.052)$$

หรือ

$$\text{น้ำหนักเดิมของน้ำโคลน (ppg)} + \left(\frac{\text{แรงดันในก้านเจาะตอนปิดหลุม (psi)}}{\text{ความลึกของหลุมในแนวดิ่ง (ft)} \times 0.052} \right)$$

**13. แรงดันฝังก้านเจาะตอนเริ่มทำการ kill หลุม (psi) (Initial circulating pressure)**

circulating pressure at kill rate (psi) + SIDPP (psi)

หรือ

แรงดันฝังก้านเจาะที่บันทึกไว้ เมื่อปั๊มด้วยความเร็วที่ใช้ kill หลุม (psi) + แรงดันบนก้านเจาะเมื่อปิดหลุม (psi)

14. แรงดันฝังก้านเจาะเมื่อ kill mud ลงไปถึงหัวเจาะแล้ว (psi) (Final circulating pressure)

$$\left(\frac{\text{น้ำหนักของน้ำโคลนที่ใช้สำหรับ kill หลุม (ppg)}}{\text{น้ำหนักของน้ำโคลนเดิมในหลุม (ppg)}} \right) \times \text{แรงดันฝังก้านเจาะที่บันทึกไว้ เมื่อปั๊มด้วยความเร็วสำหรับ kill หลุม (psi)}$$

15. ความเร็วที่แก๊สลอยขึ้นจากกันหลุม (ft/hr) (Gas migration rate)

อัตราการเพิ่มของแรงดันในเคสซึ่งเป็น psi ต่อชั่วโมง ÷ น้ำหนักของน้ำโคลนในหลุม (ppg) ÷ 0.052

หรือ

$$\frac{\text{อัตราการเพิ่มของแรงดันในเคสซึ่ง (psi/hr)}}{\text{น้ำหนักของน้ำโคลนในหลุม (ppg)} \times 0.052}$$

16. กฎการขยายตัวของแก๊ส (Gas laws)

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$



$$P_1 = \frac{P_2 \times V_2}{V_1} \quad V_1 = \frac{P_2 \times V_2}{P_1}$$

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} \quad V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2}$$

17. แรงดันที่ลดลงที่ก้นหลุมเนื่องจากการถอนก้านเจาะหลังจากปั๊มสลักไล่น้ำโคลนลงในก้านเจาะ (psi ต่อความยาวทุกๆหนึ่งฟุตที่ถอนก้านขึ้น) หรือ **pull dry**

$$\frac{\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052 \times \text{ปริมาตรของเนื้อเหล็กของก้านเจาะ (bbl/ft)}}{\text{ความจุภายในของท่อเคสซิ่ง หรือ riser (bbl/ft)} - \text{ปริมาตรของเนื้อเหล็กของก้านเจาะ (bbl/ft)}}$$

18. แรงดันที่ลดลงที่ก้นหลุมเนื่องจากการถอนก้านเจาะโดยไม่ปั๊มสลักไล่น้ำโคลน (psi ต่อความยาวทุกๆหนึ่งฟุตที่ถอนก้านขึ้น) – หรือ **pull wet**

$$\frac{\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052 \times \text{ปริมาตรปลายปิดของก้านเจาะ (bbl/ft)}}{\text{ความจุในเคสซิ่ง หรือ riser (bbl/ft)} - \text{ปริมาตรปลายปิดของก้านเจาะ (bbl/ft)}}$$

19. ระดับน้ำโคลนที่ลดลงเมื่อถอน **drill collar** หลังจากปั๊มสลักช่วยไล่น้ำโคลนลงในก้านเจาะ (ft)

$$\frac{\text{ความยาวของ drill collar (ft)} \times \text{ปริมาตรเนื้อเหล็กของ drill collar (bbl/ft)}}{\text{ความจุภายในท่อเคสซิ่ง หรือ riser (bbl/ft)}}$$

20. ระดับน้ำโคลนที่ลดลงเมื่อถอน **drill collar** โดยไม่ปั๊มสลักไล่น้ำโคลนลงในก้านเจาะ (ft)

$$\frac{\text{ความยาวของ drill collar ที่ถอนขึ้น (ft)} \times \text{ปริมาตรปลายปิดของ drill collar (bbl/ft)}}{\text{ความจุภายในท่อเคสซิ่ง หรือ riser (bbl/ft)}}$$

21. ความยาวก้านเจาะที่สามารถถอนขึ้นจากหลุมได้โดยที่ไม่เสีย **overbalance** ในกรณีที่ปั๊มสลัก (**pull dry**) แต่ไม่ได้เติมน้ำโคลนใส่หลุมตอนถอนก้านเจาะ

$$\frac{\text{overbalance (psi)} \times (\text{ความจุภายในเคสซิ่ง (bbl/ft)} - \text{ปริมาตรเนื้อเหล็กของก้านเจาะ (bbl/ft)})}{\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052 \times \text{ปริมาตรเนื้อเหล็กของก้านเจาะ (bbl/ft)}}$$

22. ความยาวก้านเจาะที่สามารถถอนขึ้นจากหลุมได้โดยที่ไม่เสีย **overbalance** โดยไม่ปั๊มสลัก (**pull wet**) และไม่ได้เติมน้ำโคลนใส่หลุมตอนถอนก้านเจาะ

$$\frac{\text{overbalance (psi)} \times (\text{ความจุภายในเคสซิ่ง หรือ riser (bbl/ft)} - \text{ปริมาตรปลายปิดของก้านเจาะ (bbl/ft)})}{\text{เกรเดียนท์ของน้ำโคลน (psi/ft)} \times \text{ปริมาตรปลายปิดของก้านเจาะ (bbl/ft)}}$$

หรือ

$$\frac{\text{overbalance (psi)} \times (\text{ความจุภายในเคสซิ่งหรือ riser (bbl/ft)} - \text{ปริมาตรปลายปิดของก้านเจาะ (bbl/ft)})}{\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052 \times \text{ปริมาตรปลายปิดของก้านเจาะ (bbl/ft)}}$$

23. ปริมาณน้ำโคลน (**bbl**) ที่จะต้องระบายออกจากเคสซิ่งเพื่อคุมแรงดัน จากการที่แก๊สลอยตัวขึ้นจากก้นหลุม

$$\text{แรงดันที่ต้องการให้ลดลงในการระบายน้ำโคลนออกแต่ละครั้ง (psi)} \times \left(\frac{\text{ความจุภายในหลุมด้านนอกก้านเจาะ (bbl/ft)}}{\text{เกรเดียนท์ (psi/ft)}} \right)$$

หรือ

$$\text{แรงดันที่ต้องการให้ลดลงในการระบายน้ำโคลนออกแต่ละครั้ง (psi)} \times \left(\frac{\text{ความจุภายในหลุมด้านนอกก้านเจาะ (bbl/ft)}}{\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052} \right)$$

24. ปริมาณสลัก **slug (bbl)** ที่ต้องปั๊มลงในก้านเจาะเพื่อไล่น้ำโคลนลงไปที่ระดับความลึกที่ต้องการ

$$\frac{\text{ความลึกของระดับน้ำโคลน(ft)} \times \text{ความจุภายในก้านเจาะ (bbl/ft)} \times \text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)}}{\text{น้ำหนักของ slug (ppg)} - \text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)}}$$



25. ปริมาณน้ำโคลนที่ไหลกลับเข้า **mud pit** หลังจากปั๊มสลัก **slug** ลงในก้านเจาะ เนื่องจากระดับน้ำโคลนสองฝั่งที่ไม่เท่ากัน (หน่วยเป็นบาร์เรล)

$$\text{ปริมาณ slug ที่ปั๊ม (bbl)} \times \left(\frac{\text{น้ำหนักของ slug (ppg)}}{\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)}} - 1 \right)$$

26. **Riser margin (ppg)**

$$\frac{((\text{ความสูงจากระดับน้ำทะเลถึงริกฟลอร์ (ft)} + \text{ความลึกของน้ำทะเล (ft)}) \times \text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)}) - (\text{ความลึกของน้ำทะเล (ft)} \times \text{น้ำหนักของน้ำทะเล (ppg)})}{\text{ความลึกของหลุมในแนวตั้ง (ft)} - \text{ความสูงจากระดับน้ำทะเลถึงริกฟลอร์ (ft)} - \text{ความลึกของน้ำทะเล (ft)}}$$

27. แรงดันที่ลดลงที่ก้นหลุมในกรณีที่โฟลทในเคสซึ่งเกิดรั่ว (วาล์วกั้นน้ำโคลนไหลย้อน) (psi)

$$\frac{\text{น้ำหนักของน้ำโคลน (ppg)} \times 0.052 \times \text{ความจุภายในท่อเคสซึ่ง (bbl/ft)} \times \text{ความยาวท่อเคสซึ่งส่วนที่ไม่ได้เติมน้ำโคลน (ft)}}{\text{ความจุภายในท่อเคสซึ่ง (bbl/ft)} + \text{ความจุภายนอกเคสซึ่ง (bbl/ft)}}$$