

Udvikling af Regenerativt Kølet Roterende Detonationsmotor til Luftfart

Af Alexander Berg Puggaard & Saku Elias Lilbæk

1. Introduktion

- * En turbojet-motor bruger en termodynamisk cyklus, der hedder 'Brayton-cyklussen'.
- * En detonations-motor bruger Humphrey-cyklussen, der er op til **25%** mere effektiv. (Se Fig. 1)
- * En detonation kan løbe rundt i ring, kan på den måde opretholdes i en roterende-detonationsmotor (RDM)
- * Eksisterende luftåndende RDM (dvs. RDM som bruger luft som oxidationsmiddel) overopheder ved langvarig operation.

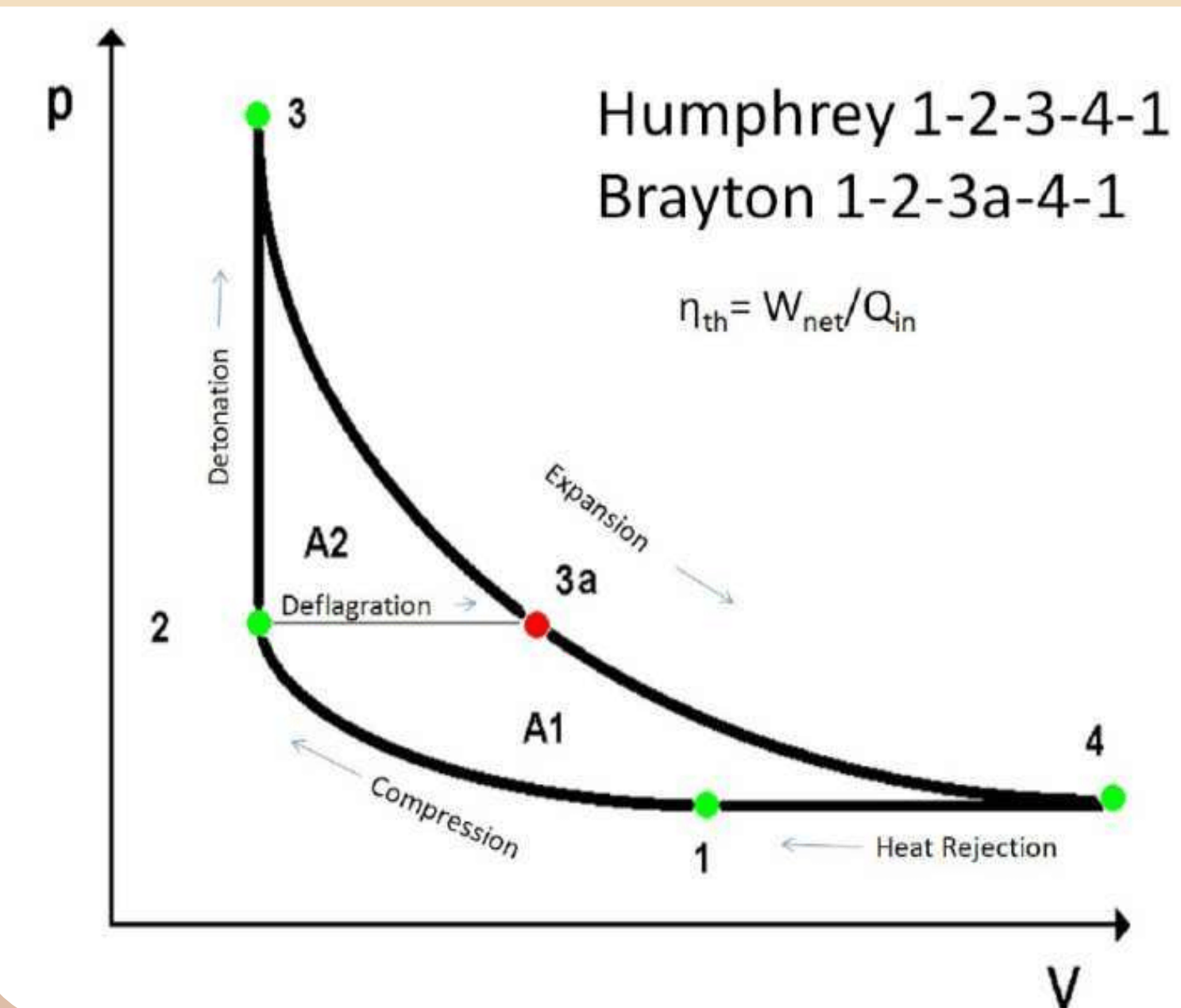


Fig. 1. Sammenligning mellem termodynamikken i Humphrey og Brayton cyklusserne. Begge cyklusser består først af kompression (1), og derefter giver detonationen i Humphrey cyklussen en isobar proces, så trykket og temperaturen stiger så hurtigt at ingen energi går tabt (3). Brayton cyklussen har derimod en isobar proces (3a), hvor energi går tabt ved opvarmning af gassen før den kan udføre arbejde. Begge cyklusser slutter derefter med en adiabatisk proces hvor gassen udfører arbejde (4). Humphrey cyklussen er således en forbedret version af Brayton cyklussen.

9. Konklusion

Dette studie har brugt følgende proces med henblik på at udvikle en RDM som kan køre i mindst 5 min and gangen:

- * Litteratursøgning.
 - * Iterativ CAD modellering af prototype
- Fremstilling og test af prototypen er nødvendig for definitiv konklusion.

10. Perspektiver

Yderligere nødvendig forskning før kommerciel brug af RDM:

- * Kølesystemet videreudvikles for endnu længere holdbarhed i praktisk anvendelse.
- * Der skal observeres hvor mange arbejds cyklusser en RDM kan klare før den skal udskiftes.
- * Udvikle deres brug som forbrændingskammer i en jetturbine.

2. Problem

Hvordan kan man udvikle en luftåndende roterende detonationsmotor, som i praksis kan bruges af flyvemaskiner til at generere fremdrift i luften?

3. Mål

Målet med projektet er, at bygge en RDM, som kan køre kontinuerligt i mindst **5 minutter ad gangen**.

8. Diskussion

- * Designet bruger både Inconel 718 og regenerativ køling, i modsætning til alle forrige RDM, og kan derfor potentielt køres kontinuerligt i længere tid ad gangen.
- * Quasi-1D simulationen gør brug af AISTJAN software, som ikke er tilgængelig længere.



Fig. 3. Rendering som illustrerer kølekanals-konfigurationen. Forbrændingskammerets vægge er gennemsigtige. Kølekanalerne i den inderste væg er farvet gule, og kølekanalerne i den yderste væg er farvet røde.

Metode

4. Design

- * Samme specifikationer som TU Berlins RDM (Se Fig. 2)
- * Centrifugal Kompressor
- * Eksisterende luftåndende RDM
- * 2 Konfigurationer af regenerativt kølesystem: Kølekanaler og Hul Væg (Se Fig. 3)
- * SLM fremstilling for ensformighed og kompleks kølesystem-geometri

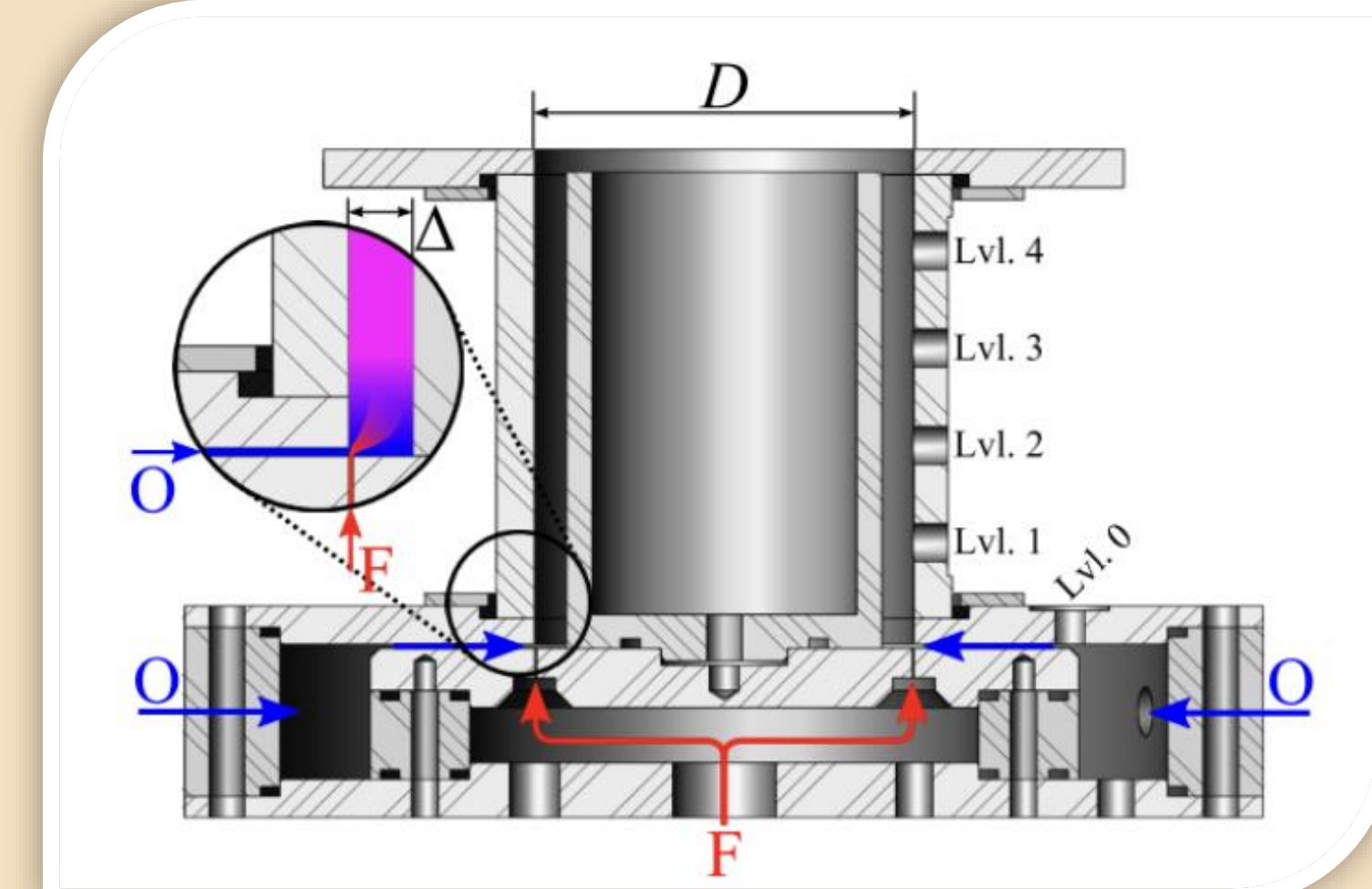


Fig. 2. Tværsnitsdiagram af TU Berlin's RDM. F viser brændstof, og O viser luftveje. Vores RDM er en forbedring af dette design

5. Materialevalg

Inconel 718:

- * Nikkel-Krom legering
- * Bruges allerede i jetmotorer
- * Holder bedre styrke end stål, også ved $T > 1000^{\circ}K$ (Se Fig. 4)
- * Kan fremstilles additivt (3D-print)

6. Brændstof

Brint H_2

- * Minimal cellestørrelse $\lambda_{H_2} = 4,9mm$ betyder mindre motor.
- * Bæredygtig og CO_2 neutral.
- * Ophobes ikke ved læk.
- * God til køling.

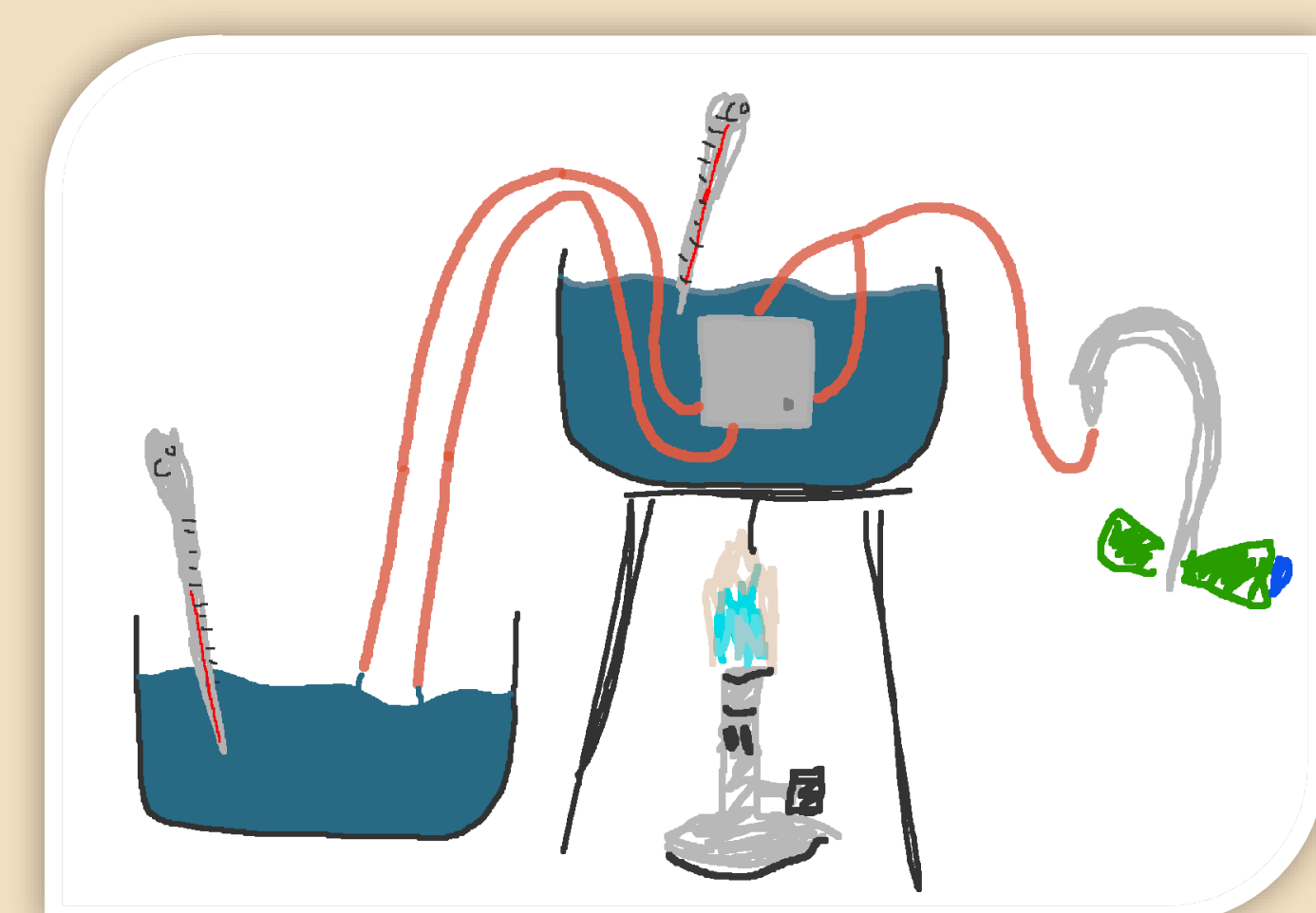


Fig. 5. Skitse af forsøgsdesign til test af forskellige kølesystems-konfigurationer.

7. Tests

Test af kølesystemer

- * Motormodel placeres i vandbad ved konstant $T = 365^{\circ}K$
- * Kølesystemet forbindes til kold vandhane, og udgangen fører hen i en tom beholder
- * Det kolde vand tændes, og der ventes $t = 20s$
- * Efter forsøget måles temperaturen og vægten af vandet i den kolde beholder.
- * Resultatet behandles med:

$$P = \Delta T \cdot c \cdot \frac{m}{t}$$

Køleeffekt, P , af konfigurationerne sammenlignes.

Quasi-1D Simulation

Vi ville udføre en quasi-1D simulation af motoren for at undersøge varmeudvikling inde i motoren.

Test af færdig prototype

Motoren testes i en shipping container hos DanSTAR. Motoren holdes tændt i 5 minutter, mens den overvåges med et termisk kamera, så den kan stoppes hvis den begynder at overophede.