Thermisch getriebene Gasschwingungen in Rohren veränderlichen Querschnitts

Author(s):
Zouzoulas, Gerassimos

Publication Date:
1975

Permanent Link:
https://doi.org/10.3929/ethz-a-000133901

Diss. ETH Nr. 5520

THERMISCH GETRIEBENE GASSCHWINGUNGEN IN ROHREN VERÄNDERLICHEN QUERSCHNITTS.

ABHANDLUNG
zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

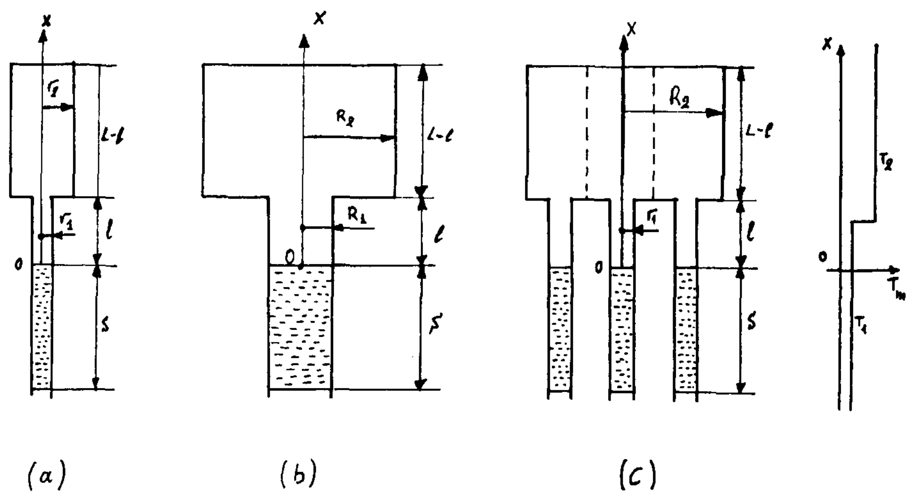
GERASSIMOS ZOUZOULAS
Dipl. Masch. Ing. ETH Zürich
Geboren am 10. November 1946
von Volos (Griechenland)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. N. Rott, Referent
Prof. Dr. H. H. Thomann, Korreferent

Clausthal-Zellerfeld
Bönecke-Druck
1975

7f. Betrachtungen über Rohre mit grossen Durchmessern

Es wird nun die Frage gestellt, ob man die GF-Schwingungen von grossen Druckamplituden (z.B. $\hat{\Delta p} \simeq 100$ mm H_2O-WS) auch bei Rohren von grossen Durchmessern (z.B. $D_2 = 0{,}1$ m) mit einem Temperaturverhältnis $\alpha = \frac{290\,°K}{78\,°K} = 3{,}7$ erhalten kann. Man hat in Kapitel 2 gesehen, dass die Schwingungen grosser Druckamplituden in der Nähe des $|\varepsilon_1|_{opt}$ zu erwarten sind. Um dieses $|\varepsilon_1|_{opt}$ bei tiefer Temperatur $T_1 \simeq 78\,°K$ und grossem Durchmesser zu erreichen, sollte das Rohr eine Länge von mehreren Metern haben. Eine grosse Querschnittsverengung könnte zu $|\varepsilon_1|_{opt}$ führen, was aber die Borda-Carnot-Verluste gross und somit die Druckamplitude reduzieren würde. Es wird nun gezeigt, wie man durch eine andere Rohrkonfiguration mit kleinen Radienverhältnissen (z.B. $\frac{R_2}{R_1} \simeq 3$), kurzer Rohrlänge und relativ grossem Volumen V_2 Schwingungen hoher Druckamplitude erhalten kann.



Figur 40

Es sei das Rohr (a) der Figur 40 so konstruiert, dass es ein $|\varepsilon_1|$ in der Nähe des $|\varepsilon_1|_{opt.}$ hat. Möchte man seinen Radius r_2 auf dem vorgegebenen grossen Radius R_2 bei konstant bleibenden Längen (L-l), l, S vergrössern, so wäre es auf zwei Arten möglich:

(b) r_1 wird entsprechend auf R_1 vergrössert, so dass $\frac{R_1}{R_2} = \frac{r_1}{r_2}$ gilt. (Figur 40)

(c) durch eine Anzahl K von "parallel-geschalteten" gleichen (a)-Rohren und durch Entfernung der "inneren Wände" am warmen Ende. (Figur 40)

Es folgt dann aus der Gleichung (115), dass alle diese Rohre (a), (b), (c) die gleiche "reibungsfreie" Frequenz haben.

Man erwartet aus folgenden Gründen, dass die Rohrkonfiguration (c) die grösste Druckamplitude liefert:

1) das $|\varepsilon_1|$, welches in beiden Fällen (a) und (c) gleich ist, liegt nach Konstruktion näher zu $|\varepsilon_1|_{opt}$ als das $|\varepsilon_1|$ vom Fall (b). Im Fall (c) sind (a)-Rohre enthalten, welche keine Wände am heissen Teil und somit kleinere Reibung haben.

2) Die Schwingung wird in (c) an mehreren Stellen angetrieben. Demzufolge wird die Beziehung (77b) [Abschnitt 3f.], welche ein Mass für die Druckamplitude gibt, durch die "parallel-geschalteten" Rohre am besten erfüllt; d.h. nur in (c) wird gleichzeitig das Volumen V_2 und

$$I_m\left\{-\frac{G(\varepsilon_g)}{E(\varepsilon_g)}\cdot\left(1-\frac{E(\varepsilon_{12})}{E(\varepsilon_1)}\right)\right\}$$

maximal.

In einem Vorversuch wurde die GF-Schwingung in der (c)-Rohrkonfiguration mit einer Druckamplitude von $\hat{\Delta p} \simeq$ 100 mm H_2O-WS beobachtet. Das Temperaturverhältnis betrug

$$\alpha = \frac{290°K}{77°K} \simeq 3,7$$

und die Längen L-l = 0,11 m, l = 0,05 m, S = 0,2 m (flüssiger Stickstoff) und die Radien R_2 = 0,06 m, r_1 = 0,005 m. Es wurden etwa 13 Rohre "parallel" geschaltet.