

A 48

Bericht Nr. 510

Untersuchungen an Rippenrohren

4. Teil:

Messung des Wärmeüberganges an Spiralrippenrohren im Gruppeneinbau

8962



Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

Nr. 510

Messung des Wärmeüberganges an Spiralrippenrohren

in Gruppeneinbau

Übersicht: Nach einem in der Hauptwerkstätte Lu. entwickelten Verfahren werden Hochdruckrohre mit einem hochkant aufgewickelten und verschweissten Bandeisen berippt. Wärmetechnisch günstig würde die folgende Ausführung für Rohre 120/171 mm ϕ befunden: Steghöhe 50 mm, Spiralensteigung 12 mm, Rippenstärke 4 mm. In der Mitte zwischen zwei Huarnadeln ist ein Blechzylinder als Verdränger anzuordnen. - Gegenüber der Normalrippe 270 x 320 mm ist die Wärmeleistung um 14%, gegenüber der bisher besten Rechteckrippe 270 x 300 mit Verdränger um 3% höher. - Nachteilig ist der um 86 bzw. 90% höhere Druckabfall, vorteilhaft die Materialersparnis von 15 bzw. 10% und die um 1/3 bis 1/2 verringerten Herstellungskosten.

Abgeschlossen am: 1. August 1942 Gr.

Bearbeiter: *M. Ch. Kling.*

Die vorliegende Ausfertigung 1:3 enthält

- 6 Textblätter
- 4 Bildblätter

Verteiler

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger
1	19.8.42	Herrn Dir. Dr. Sauer	10	19.8.42	Herrn Dipl. Ing. Vöhner
2	"	Herrn Dir. Dr. Eymann	11	"	Herrn Dr.-Ing. Wilde
3	"	Herrn Dir. Josenhans	12	"	Herrn Dr.-Ing. Kling
4	"	Herrn Dir. Dr. Lappe	13-15	"	Techn. Prüfstand Op.
5	"	Herrn Obering. Dr. Schierenbeck	14	27.8.42	Herrn Dr. <i>Kling</i>
6	"	Herrn Obering. Berger	15	25.9.42	Herrn <i>Reinhold</i> für Me 4
7	"	Herrn Obering. Raithel	16	26.12.42	Herrn <i>Kling</i>
8	"	Herrn Obering. Richter	17	10.10.43	Herrn <i>Kling</i>
9	"	Herrn Dipl. Ing. Schappert		2.9.43	Herrn <i>Reinhold</i> für Me 4

8963

Messung des Wärmeüberganges an Spiral-

rippenrohren im Gruppeneinbau

1.) Einleitung

In einer früheren Arbeit waren Hochdruckrohre von 90/128 mm ϕ mit spiralförmig aufgewickelten Rippen bei verschiedenen Steigungen und Steghöhen untersucht worden (Bericht Dr.Kling Techn.Prüfstand Nr.469). Da jeweils nur ein Versuchsrohr zur Verfügung stand, erfolgte damals die Messung in einer verengten Gasse im Einzeleinbau. Die gemessenen Wärmeübergangszahlen erlaubten wohl eine vergleichende Beurteilung, waren jedoch nur beschränkt auf die völlig andersartigen Einbauverhältnisse und Rauchgasführungen in einem Spitzenvorheizer übertragbar.

Die vorliegenden Versuche an Hochdruckrohren 120/171 mm ϕ erfolgten im Gruppeneinbau in der normalen Gasse und werden damit den praktischen Verhältnissen gerecht. Auch ein Vergleich mit den Rohren desselben Durchmessers und rechteckigen Rippen, wie sie zur Zeit in den Vorheizern verwendet werden (s Bericht Dr.Kling Techn.Prüfstand-Nr.508) ist nunmehr möglich.

2.) Einbau der Versuchsrohre

Es wurden vier Versuchsrohre von 120/171 mm ϕ aus N 8 Material angefertigt. Das aufgewickelte Bandeisen von 4 mm Stärke ergab den Rippen-durchmesser \sim 170/270 mm. Die Spiralensteigung der Rohre Nr. 33 und 34 beträgt 15 mm, die der Rohre Nr. 35 und 36 nur 12,3 mm. Die ganze Länge der Versuchsrohre beträgt 750 mm, die berippte Länge \sim 470 mm. Der Aufbau der Versuchsrohre ist in Blatt 1 dargestellt. Innen sind die Rohre wieder mit Stahlkugeln gefüllt und mit 6 Thermoelementen zur Messung der Wandinnen-temperatur versehen. Die genauen Abmessungen und Einbaumasse der vier Versuchsrohre sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengestellt:

Tabelle 1

Versuchsrohr Nr.	33	34	35	36
Rippenform	Spirale			
Innendurchmesser	mm 117,0	117,5	118,5	117,5
Aussendurchmesser	mm 171	171	172	172
Anzahl der Spiralen	31	31	37	38
Rippendurchmesser	mm 273	273	274	274
berippte Rohrlänge	mm 470	469	464	468
Rippenstärke	mm 4	4	4	4
Rippenteilung	mm 15	15	12,3	12,3
Gassenbreite	mm 710	710	710	710
Gassenquerschnitt f_g (ohne Rohr)	m ² 0,355	0,355	0,355	0,355
Innerer freier Rohrquerschnitt f_i	m ² 0,01075	0,01083	0,01100	0,01083
Innere Rohroberfläche zwischen den Sieben F_i	m ² 0,1732	0,1730	0,1740	0,1712
Aussere Rohroberfläche, von Rauchgas umspült, F_a	m ² 2,4987	2,4932	2,9391	3,0038

Die Rohre wurden im Abstand von 400 mm, wie er für Haarnadeln genormt ist, eingebaut (s. Blatt 2). Die freien Strömungsquerschnitte wurden durch Verdränger ausgefüllt. Bei den Einbauten I bis III besteht der Verdränger einfach aus einem Blechzylinder in der Mitte zwischen je zwei Haarnadeln. Beim Einbau IV sind Leitbleche seitlich an den Rohren entlang geführt, um die Gase dicht an den Rohren entlangzuführen.

In der gleichen Art wie bei früheren Versuchen wurden die Rohre innen von kalter Pressluft durchströmt, aussen strömten Rauchgase von etwa 415°C vorbei.

3.) Versuchsergebnisse

a) Wärmeübergangszahlen

Die Veränderung der äusseren Wärmeübergangszahlen α_a [kcal/m²h°C] mit der Rauchgasgeschwindigkeit w [$\frac{m}{sec}$] ist in Blatt 3 dargestellt. Diese α_a -Werte liegen im Bereich von 7,5 bis 13 [kcal/m²h°C], der Kurvenverlauf ist aus den schon früher eingehend diskutierten Gründen (s. Bericht Dr. Kling, Techn. Prüfstand Nr. 508) ziemlich flach. Zuerst seien die Rohre 33 und 34 mit der weiten Teilung von 15 mm bei verschiedenem Einbau betrachtet:

Die Einbauten I und III mit Rohrverdrängern unterscheiden sich nur dadurch, dass die beiden vorderen Rohre 33 und 34 miteinander vertauscht sind. Die α_a -Werte sind im Rahmen der Versuchsgenauigkeit die gleichen geblieben. Beim Einbau II sind die Rohre 33 und 34 nach hinten versetzt. Bei niederen Geschwindigkeiten sinken dabei die α_a -Werte um ca 5% entsprechend der Rauchgasabkühlung. Bei hohen Geschwindigkeiten sind die α_a -Werte die gleichen wie bei Einbau I und III, indem die bessere Wirbelung hier die Temperatursenkung auszugleichen scheint. Der Einbau IV mit Leitblechen erhöht die Wärmeübergangszahlen bis zu 10%.

Die Rohre 35 und 36 haben eine engere Teilung von 12,3 mm. Als hintere Rohre eingebaut (I und III) gibt auch hier das gegenseitige Vertauschen keine Veränderung im Wärmeübergang. Der Einbau als vordere Rohre (II) erhöht die α_a -Werte bei kleiner Gasgeschwindigkeit um ca 6%, während bei hoher Geschwindigkeit gleiche α_a -Werte gemessen wurden. Letzteres Verhalten wäre also umgekehrt wie bei den Rohren 33 und 34. Eine Begründung hierfür kann nicht gegeben werden. - Der Einbau von Leitblechen erhöht die Wärmeübergangszahlen nur um maximal 4%.

b) Wärmeleistung und Druckverlust

Zur wärmetechnischen Beurteilung der Spiralrippenrohre dient die Wärmeleistung Q von 1 m berippter Rohrlänge, errechnet aus äusserer Rohroberfläche F_a , äusserer Wärmeübergangszahl α_a und einem Temperaturgefälle Δt von 100°C, gemäss der Formel:

$$Q = \alpha_a \cdot F_a \cdot \Delta t$$

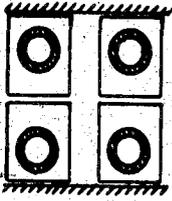
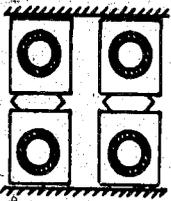
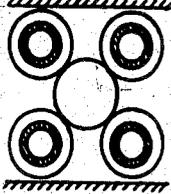
Für α_a werden die Mittelwerte vom linken und rechten Rohr des ersten Rohrpaars eingesetzt, d. s. also für Rohr 33 und 34 (15 mm Teilung) die Mittelwerte aus Einbau I und III für Rohr 35 und 36 aus Einbau II. - Für F_a [m²] gelten die Werte aus Tabelle 1.

In Blatt 4 oben sind die Wärmeleistungen Q [$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$] der beiden Spiralrippenrohre in Abhängigkeit von der Rauchgasgeschwindigkeit w [m/sec] aufgetragen. Die Spiralrippe mit 15 mm Teilung ergibt, gegenüber der Spiralrippe mit 12,3 mm Teilung, um 5 bis 8% höhere Wärmeleistungen. Bei höheren Rauchgasgeschwindigkeiten wird sogar die bisher günstigste Rechteckrippe von 270 x 300 mm (mit Verdränger) übertroffen. Die frühere Normalrippe von 270 x 320 mm zeigt die kleinsten Wärmeleistungen.

Wichtig ist noch der Druckabfall der Rauchgase Δp [mm WS]. Für die beiden erwähnten Rechteckrippen ist er fast gleich und im untern Bild von Blatt 4 als unterbrochene Linie eingetragen. - Die Spiralrippenrohre mit Rohrverdrängern ergeben einen fast doppelt so hohen Druckabfall als die Rechteckrippen. Der Einbau von Leitblechen erfordert wiederum ^{den doppelten} Druckabfall gegenüber den viel einfacheren Rohrverdrängern, sodass diese Einbauart in Anbetracht der nur 10% höheren α -Werte bei wesentlich gesteigerten Gebläseleistungen nicht weiter erörtert sei. (Zu beachten ist, dass als Δp die halben gemessenen Werte aufgetragen sind, die also für 12,3 wie 15 mm Steigung als Mittelwerte anzusehen sind!)

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Angaben für einige Rippenarten gegenübergestellt. Die äussere Rohroberfläche F_a [m²], das Rohrgewicht G [kg], die Wärmeleistung Q [kcal/h] und der Druckverlust einer Haarnadel Δp [mm WS] gelten für 1 m berippter Rohrlänge; Q und Δp sind bei $w = 8$ [m/sec] errechnet.

Tabelle 2

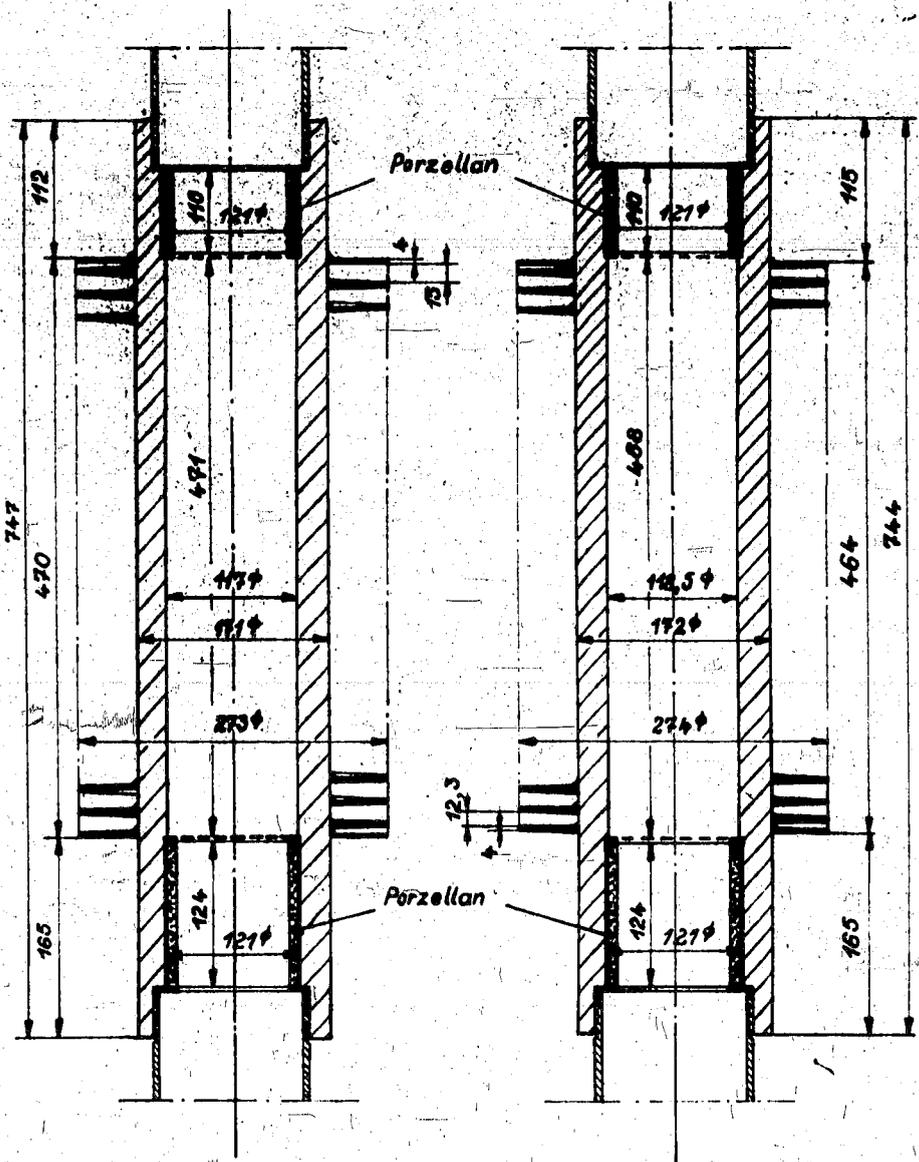
	Normalrippe 270 x 320 ^a	Rechteckrippe 270 x 300 ^a	Spiralrippe 170 x 270 ϕ	
Einbau				
Teilung	14	14	12,3	15
F _a m ²	9,34	8,59	6,41	5,34
G kg	213	201	180	165
Q kcal/h	6180	6830	7050	6725
ΔP mmWS	8,6	8,4	16	16

Die Spiralrippe 170/270 mm ϕ bei 12,3 mm Teilung ergibt die höchste Wärmeleistung aller bisher untersuchten Rippenrohre. Nachteilig für die Verwendung derartiger Haarnadeln in Spitzenvorheizern wäre der doppelte Druckverlust gegenüber den bisher üblichen Rechteckrippen. Als günstig sind dagegen die Einsparung an Rippenmaterial und die wesentlich kürzeren Herstellungszeiten und verringerten Kosten des Nickelverfahrens anzusehen.

Abmessungen der Versuchsrohre Nr. 33 u. 35

Rohr Nr. 33

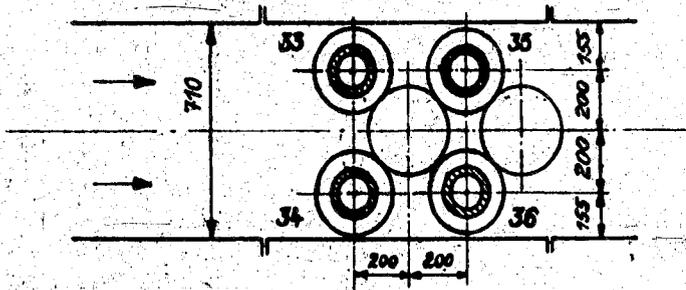
Rohr Nr. 35



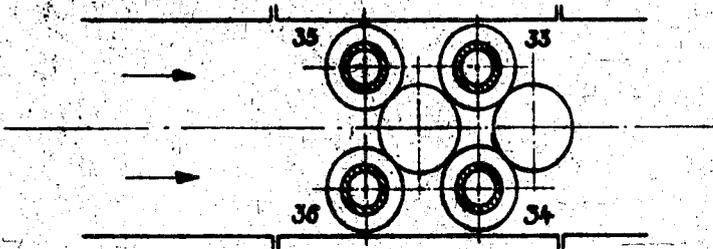
8969

Anordnung der 4 Spiratrippenrohre in der Gasse

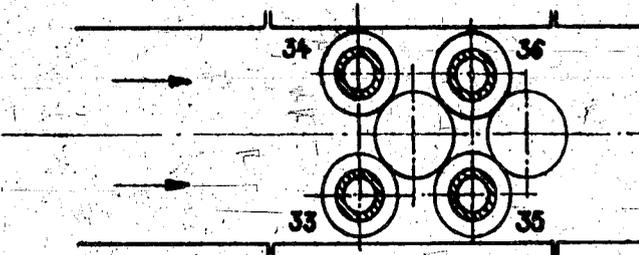
Einbau Nr.



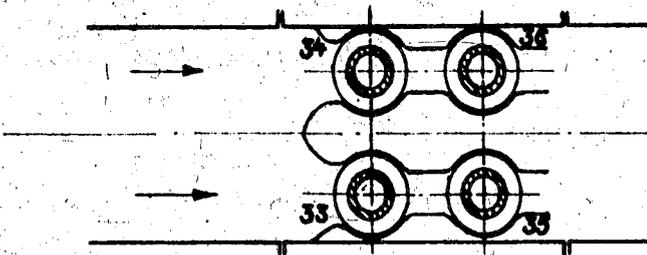
I



II



III



IV

8969/1

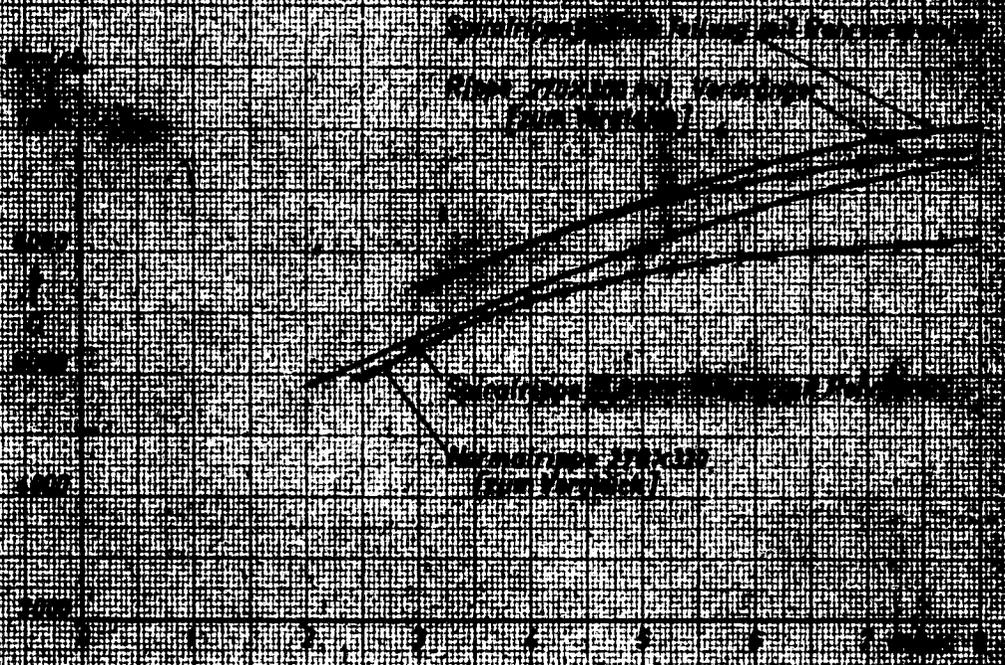
Rohr 33 u. 34 Steigung 15 mm

Rohr 35 u. 36 Steigung 12,3 mm

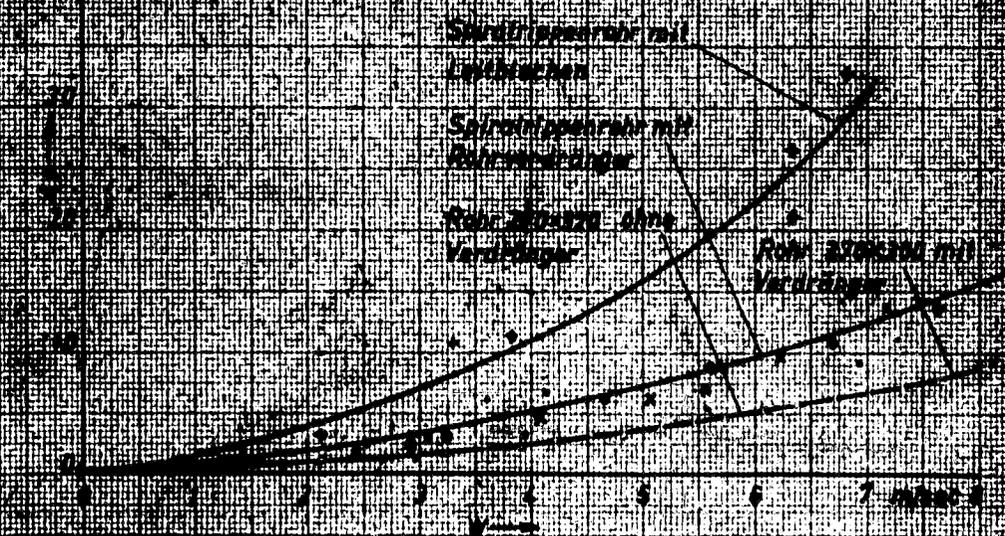
2000 Barometer No 510 mm 1.8 43

TPR 5 2082

Wiederherstellung von 100% Leistung



Durchverlauf einer Hornade



8971