

titration die für Sulfid- und Sulfit Schwefel verbrauchte Jodmenge errechnet werden. Sämtliche Schwefelverbindungen wurden in die ihnen äquivalente Menge Natriumsulfat umgerechnet.

Außer den vorerwähnten Bestimmungen wurde nach jeder Umsetzung die Menge an nicht umgesetzter Kohle ermittelt. In Anbetracht des komplexen Charakters der Sulfatreduktion ließ sich jedoch zwischen dem Kohleverbrauch und den verschiedenen Schwefelverbindungen keine zahlenmäßige Beziehung aufstellen. Die Kenntnis der verbrauchten Menge Kohle sollte in etwa den Verlauf der Reaktionskurven bestätigen.

4. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchungen beweisen deutlich die außerordentliche Reaktionsfreudigkeit der feinen Kohlekörnungen. Man geht nicht fehl in der Annahme, daß Kohlekörnungen gröber als 1,0 mm im Vergleich zu Körnungen feiner als 100 μm fast ohne Wirkung sind. Mit Sicherheit wird eine mengenmäßige Verschiebung in den feinen und feinsten Kornbereichen weitaus wirkungsvoller sein als in den groben Kornklassen, wobei ein zu hoher Feinanteil die Überreduktion mit störenden Fehlfärbungen zur Folge haben kann. Für die

optimale Ausnutzung der Gemengekohle ist es deshalb unumgänglich, das Kornspektrum abzugrenzen. Die vorliegende Arbeit sollte ein Versuch sein, einen Test zu finden, der die Frage nach der Abgrenzung des Kornspektrums beantworten kann. Mit Hilfe dieses Tests lassen sich auch Kohlen verschiedener Herkunft vergleichen.

Bei allen Betrachtungen, welche die beiden Komponenten Sulfat und Glasgemengekohle betreffen, darf die Frage nach den von außen eingeschleppten kohlenstoffhaltigen Verunreinigungen nicht unbeachtet bleiben. Ihre Mengen gewinnen besonders dann an Bedeutung, wenn der Anteil der Kohle im Gemenge reduziert werden soll. Schmelzsand, Kalkstein und Dolomit bieten nicht zu vernachlässigende Mengen an organischen Verunreinigungen an, die diesen Rohstoffen in allerfeinster Verteilung anhaften. Die exakte Erfassung des von außen eingeschleppten Kohlenstoffs ist Gegenstand einer Studie, die z. Z. noch bearbeitet wird.

Der Autor dankt Herrn Direktor PICOT für seine Anregung zu dieser Arbeit. Ferner sei an dieser Stelle dem langjährigen Mitarbeiter des Autors, Herrn H. G. KOCKARTZ, für exakte und verantwortungsbewußte Durchführung sowie für wertvolle Hinweise gedankt.

5. Literatur

- [1] BORK, A.: Färbung von Glas durch Kohle und Sulfide. Glastechn. Ber. 8 (1930) S. 275–279.
- [2] NEUMANN, C. und DIETZEL, A.: Die Farbkörper in den sogenannten kohle gelben Gläsern. Teil II. Die Färbung schwermetallfreier Gläser durch Polysulfide. Glastechn. Ber. 17 (1939) S. 286–290.
- [3] SACK, W.: Über die Vorgänge beim Erschmelzen von Glas mit Na_2SO_4 . II. Das Verhalten des Natriumsulfits bei höheren Temperaturen in Luft-, Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidatmosphäre. Z. anorg. allg. Chem. 264 (1951) S. 272–284. [Ref. Glastechn. Ber. 29 (1956) S. 25.]
- [4] HUNDESHAGEN, F.: Studien über fehlerhafte Gläser. I. Glastechn. Ber. 8 (1930) S. 530–539.
- [5] KOLTHOFF, I. M.: Treatise on analytical chemistry.
- [6] SCHULEK, E.: Z. anal. Chem. 62 (1923) S. 337–341.
SCHULEK, E.: Z. anal. Chem. 64/65 (1924/25) S. 352–358. (50778)

DK 662.767:66.075:662.61:666.1.031.24:662.951.2

Methode der Erdgasverbrennung in Glaschmelzöfen

VON FRANCISZEK WOLANIN, Kraków (Polen)

(Mitteilung aus der Prüfungs- und Forschungsanstalt der Glasindustrie, Kraków)

(Eingegangen am 19. August 1969)

In der polnischen Glasindustrie findet Erdgas immer mehr Anwendung. Da das polnische Erdgas keine schweren Kohlenwasserstoffe, sondern hauptsächlich Methan enthält, ist die Wärmestrahlung der Flamme nicht ausreichend. Um eine genügende Wärmeübertragung auf das zu schmelzende Gemenge zu gewährleisten, ist eine Verbesserung der Leuchtkraft der Flamme Grundbedingung für die Anwendung des polnischen Erdgases zum Schmelzen von Glas.

In der vorliegenden Arbeit wird eine Methode zur Verbrennung von Erdgas beschrieben, die auf der Zersetzung eines Gasanteiles beruht, der dann als Karburisator für den unzersetzten Gasanteil wirkt. Dadurch erhält man eine stark leuchtende Flamme. Die im Labormaßstab erhaltenen Ergebnisse wurden durch Versuche in der Industrie bestätigt. Es werden die Ergebnisse und die zur Durchführung der Methode gefundenen Brennerkonstruktionen angegeben.

Erdgas ist ein Brennstoff mit hohem Heizwert, der zur Beheizung von Industrieöfen immer mehr Anwendung findet, insbesondere auch zur Beheizung von Glasschmelzöfen. Wesentlich außer dem hohen Heizwert (8000 bis 8500 kcal/Nm³ für polnisches Erdgas) ist die Reinheit, die eine Automatisierung der im Ofen ablaufenden Verbrennungsprozesse ermöglicht. In dieser Arbeit wird auf die in der Prüfungs- und Forschungsanstalt der Glasindustrie in Kraków entwickelte Verbrennungsmethode für polnisches Erdgas eingegangen. Die Arbeit bezieht sich nur auf Glasschmelzöfen, bei denen die Wärmeübertragung auf das Gemenge weitgehend durch Strahlung erfolgt.

Das polnische Erdgas enthält keine schweren Kohlenwasserstoffe und besteht hauptsächlich (96 bis 98%) aus

Methan CH_4 . Um eine leuchtende Flamme zu erhalten, muß das Gas karburiert werden, d.h. das enthaltene Methan thermisch zersetzt werden. Dagegen verbrennt Erdgas aus amerikanischen Ablagerungen, da es etwa 15% schwere Kohlenwasserstoffe enthält, mit leuchtender Flamme, so daß es nicht karburiert werden muß. Da in Glasschmelzöfen die Wärmeübertragung auf das Gemenge in der Hauptsache durch Strahlung erfolgt, muß die Leuchtkraft der Flamme verbessert werden. In diesem Fall wurde die Methode der Eigenkarburierung angewandt. Das Methan wird vor seinem Eintritt in den Ofenraum thermisch zersetzt, wobei der zersetzte Gasanteil dann als Karburisator für den noch nicht zersetzten Gasanteil wirkt. Da der zur Karburierung benötigte Kohlenstoff aus demselben Gas stammt, wird

dieser Vorgang Eigenkarburierung genannt. In der vorliegenden Arbeit wird über die Ergebnisse von Laborversuchen und entsprechende Versuche im industriellen Maßstab an einer kleinen regenerativ beheizten U-Flammenwanne berichtet.

1. Wesen der Eigenkarburierung

Eigenkarburierung nennt man den Vorgang der Gasanreicherung an Kohlenstoffteilchen durch thermische Zersetzung von Kohlenwasserstoffen, die in dem Gas enthalten sind.

Obwohl die Wärmeabgabe der Flamme durch Strahlung hauptsächlich von der theoretischen Flammentemperatur abhängig ist, wird dennoch die Leuchtkraft der Flamme als für den Vorgang charakteristische Größe angesehen. Bei hoher Verbrennungstemperatur sind die Verbrennungsprodukte nicht leuchtend, und die Austrittstemperatur aus dem Ofen ist noch hoch, da infolge der mangelnden Strahlung nur wenig Wärme an das Gemenge abgegeben wird. In solchen Fällen ist die Leistung des Ofens gering, und es wird viel Brennstoff verbraucht. Es kann aber vorkommen, daß bei Verbrennung desselben Brennstoffes eine leuchtende Flamme entsteht. Als Ursache dafür sind verschiedene Verbrennungstechnologien und die Vormischung des Gases mit Luft anzusehen. Die Leuchtkraft der Flamme ist vor allem von zwei Gegebenheiten abhängig: Die Gasstrahlung wird vom Gehalt des Gases an dreiatomigen Molekülen und von der Schichtdicke der Flamme beeinflusst, während die sichtbare Strahlung vom Gehalt an Kohlenstoffteilchen abhängt, die durch die Zersetzung von Kohlenwasserstoffen entstehen.

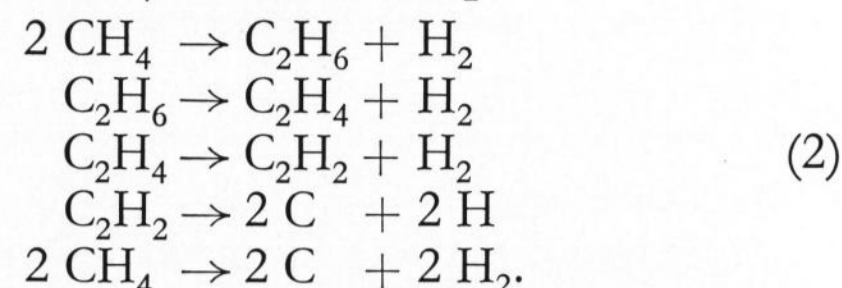
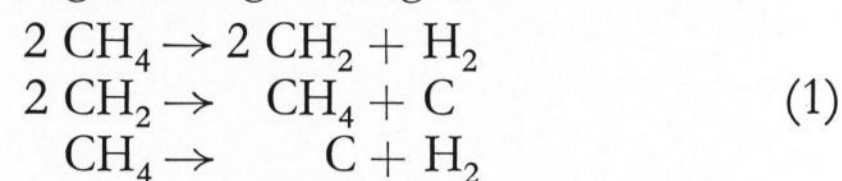
Die Gas-Strahlung hängt also bei unveränderten Eigenschaften des Gases nur von der Luftüberschußzahl ab, während die sichtbare Strahlung durch Verändern der Brennerkonstruktion und die Art des Verbrennungsvorganges beeinflusst werden kann.

Der Mechanismus der Bildung von Kohlenstoffmolekülen kann durch verschiedene Reaktionsgleichungen beschrieben werden.

Die erste Reaktionsgleichung beschreibt die Entstehung kleiner harter, 0,01 bis 0,5 μm großer Kohlenstoffteilchen, die durch die Zersetzung von Kohlenwasserstoffen auftreten. Diese kleinen Kohlenstoffteilchen vergasen sehr schnell bei Kontakt mit den oxydierend wirkenden Gasen O_2 , H_2O , CO und ergeben eine geringe Flammenstrahlung. Dieser Fall trifft auf diffuse Flammen zu.

Die zweite Gleichung beschreibt das Entstehen großer Kohlenstoffteilchen mit etwa 0,1 μm Durchmesser. Dieser Vorgang erfordert eine bestimmte Zeit, wie den Bildern 3 und 4 zu entnehmen ist. Die Kohlenstoffteilchen reagieren langsam mit den oxydierenden Gasen und bewirken so eine intensive Strahlung der Flamme. Bei diesem Vorgang interessiert in der Praxis hauptsächlich die Zersetzung von Methan, die charakteristisch für den ganzen Komplex gleichzeitig verlaufender Reaktionen ist, bei denen ein Kohlenwasserstoff gleicher Zusammensetzung verschiedenen Umwandlungen in Abhängigkeit von der Temperatur erfährt und der Zusammensetzung des Gasgemisches, in dem er sich befindet. Für die Zersetzung von Methan können

folgende Reaktionsgleichungen aufgestellt werden:



Zur Zersetzung werden 860 kcal/Nm³ benötigt. Die Art der Zersetzung hängt hauptsächlich von der Temperatur und der Zeit ab. Bei den Laborversuchen wurden besonders die Schlußreaktionen untersucht.

2. Laborversuche

2.1. Beschreibung der Versuchsanlage zur Eigenkarburierung von Erdgas

Die Versuche zur thermischen Zersetzung von polnischem Erdgas und zur Festlegung der günstigsten Bedingungen, um eine leuchtende Flamme zu erhalten, wurden mit der in Bild 1 dargestellten Versuchsanlage durchgeführt. Im Silitofen (1) befindet sich ein Keramikrohr mit einem Durchmesser von 15 mm. Die Ofentemperatur wird mit einem Transformator geregelt. Die Temperatur innerhalb des Keramikrohres wird mit einem Pt/Rh-Thermoelement mit Quarzhülse gemessen. Die Menge des zu zersetzenden Gases wird mit einem Rotameter erfaßt. Die Proben des zersetzten Gases stammen aus dem Brenner (8).

Um die Flammenstrahlung nach Zugabe des zersetzten Gases zu messen, wurde der Brenner (8) eingebaut, mit dem eine diffuse Flamme, ähnlich wie unter industriellen Bedingungen, erzielt werden konnte. Die nicht zersetzte Gas- und Luftmenge wurde mit Durchflußmessern (5), (6) bestimmt. Um die Wärmeübertragung der Flamme zu messen, wurde im Ofenraum (14) ein Wasserkühler (15) angebracht. Die Temperatur des Kühlwassers wird bei Ein- und Austritt gemessen, und zwar mit Widerstandsthermometern (16), (17). Die Temperatur des Ofengewölbes wird mit Pt/Rh-Thermoelementen (19, 20, 21) gemessen.

Die Versuche wurden auch mit Zugabe von Luft, deren Menge mit einem Durchflußmesser festgelegt wurde, durchgeführt.

Aus den Versuchen ergab sich, daß auf dem Weg zwischen Zersetzungskammer und Brenner die Temperatur des Gases abnimmt, was eine Verringerung der Durchflußgeschwindigkeit und Ablagerung von Kohlenstoffteilchen zur Folge hat. Es wurde deshalb eine elektrische Zusatzheizung angewandt.

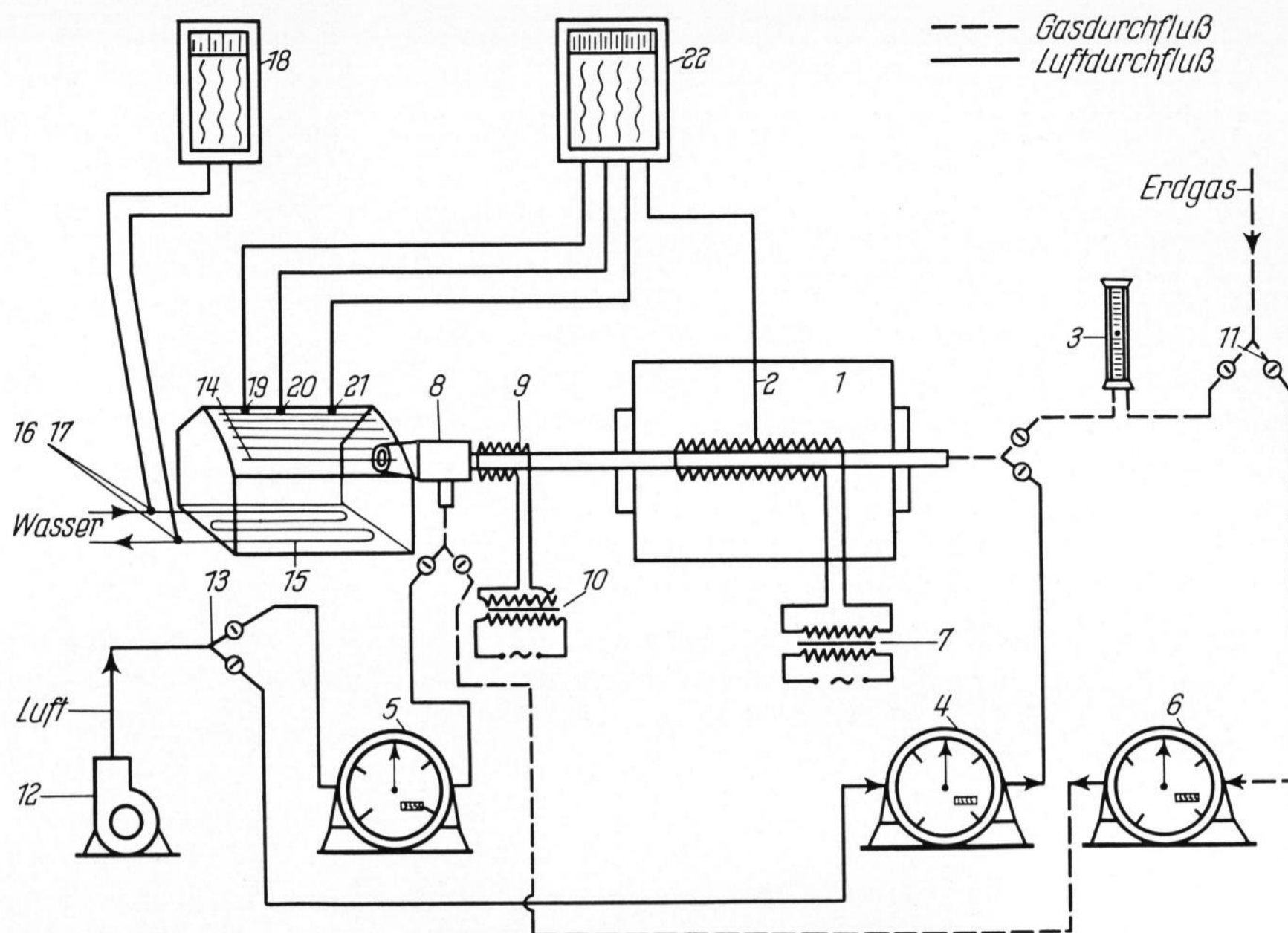
Mit der Versuchsanordnung wurden dem Ofen konstante Wärmemengen zugeführt, dadurch war die Grundlage für einen Vergleich der verschiedenen Versuchsergebnisse gegeben.

2.2. Ergebnisse der Laborversuche

Zunächst wurden die optimale Temperatur und Zeit für die Methanzersetzung bestimmt. Die Ergebnisse sind in den Bildern 2 und 3 dargestellt, aus denen zu entnehmen ist, daß der günstigste Temperaturbereich für die Methanzersetzung zwischen 1130 und 1180 °C liegt. Oberhalb von 1180 °C nimmt die Menge des zersetzten Methans nur langsam zu, während unterhalb von 1130 °C nur wenig Methan zersetzt wird. Bild 3 zeigt die Abhängigkeit der Methanzersetzung bei konstanten Tem-

Bild 1. Schematische Darstellung der Anlage zur Eigenkarburierung von Erdgas im Labormaßstab.

- 1 = Silitofen,
- 2 = Zersetzungskammer,
- 3 = Rotameter,
- 4 = Durchflußmesser,
- 5 und 6 = Durchflußmesser,
- 7 = Transformator,
- 8 = Brenner,
- 9 = elektrische Zusatzheizung,
- 10 = Transformator,
- 11 = Verzweigung der Erdgasleitung,
- 12 = Zufuhr von Preßluft,
- 13 = Verzweigung der Luftzufuhr,
- 14 = Ofenraum,
- 15 = Wasserkühler,
- 16 und 17 = Widerstandsthermometer,
- 18 = Schreiber,
- 19 bis 21 = PtRh/Pt-Thermoelemente,
- 22 = Schreiber.



peraturen (1135, 1150 und 1170 °C) in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit des Gases in der Zersetzungskammer. Es ist zu sehen, daß z. B. im Temperaturbereich zwischen 1135 und 1170 °C das Gas etwa 0,4 bis 0,55 s in der Zersetzungskammer bleiben muß, um eine gute Zersetzung zu gewährleisten.

Als nächstes wurden Versuche durchgeführt, um eine leuchtende Flamme zu erhalten. Dazu wurde dem Brenner unzersetztes, zersetztes Erdgas und Luft zugeführt und die von der Flamme an den Kühler abgegebene Wärmemenge bestimmt. Alle Versuche wurden mit konstanter Gasmenge und konstanter Luftüberschußzahl durchgeführt. Bei Verbrennung von nicht zersetztem Erdgas wurde als größte von der Flamme abgegebene Wärmemenge 3240 cal/min gemessen. Die Ergebnisse der Versuche mit dem zersetzten Erdgas sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefaßt. Es ist zu sehen, daß die größte Strahlungssteigerung der Flamme im Temperaturbereich von 1150 bis 1190 °C erfolgt. Bei Zersetzungstemperaturen oberhalb von 1190 °C wurde ein bedeutender Abfall der von der Flamme abgegebenen Wärmemenge beobachtet.

Tabelle 1. Abhängigkeit der Wärmeübertragung der Flamme von der Temperatur in der Zersetzungskammer bei 26,5% zersetzter Gasmenge

Temperatur in der Zersetzungskammer in °C									
950	1000	1080	1110	1150	1170	1180	1190	1200	1270
Steigerung der Wärmeübertragung in %*)									
7,0	10,0	32,0	41,0	57,0	57,0	59,0	63,0	55,0	43,0

*) bezogen auf die Wärmeübertragung der Flamme ohne Eigenkarburierung.

Tabelle 2. Abhängigkeit der Wärmeübertragung der Flamme von der Temperatur in der Zersetzungskammer bei 20,5% zersetzter Gasmenge

Temperatur in der Zersetzungskammer in °C				
1040	1050	1150	1170	1185
Steigerung der Wärmeübertragung in %*)				
11,0	20,0	25,0	31,0	41,0

*) bezogen auf die Wärmeübertragung der Flamme ohne Eigenkarburierung.

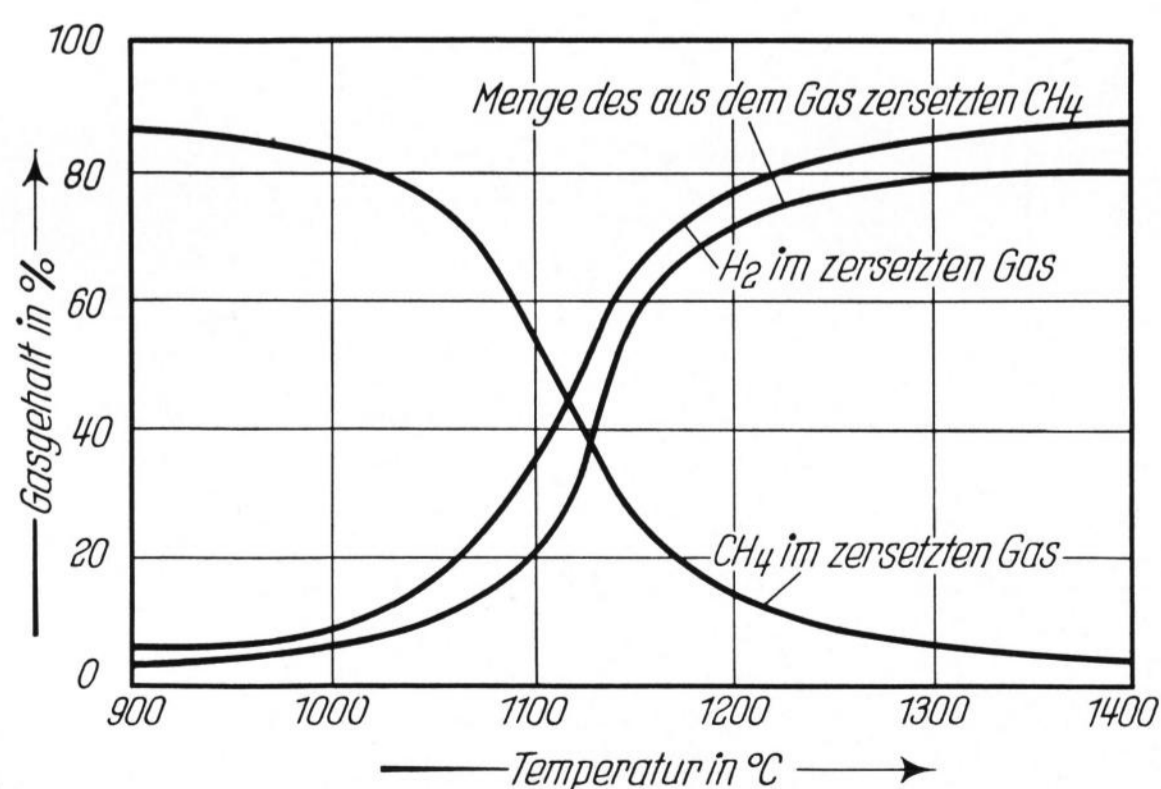


Bild 2. Zersetzung von Erdgas bei konstantem Durchfluß bei verschiedenen Temperaturen.
v = 0,156 ms⁻¹, t = 0,58 s.

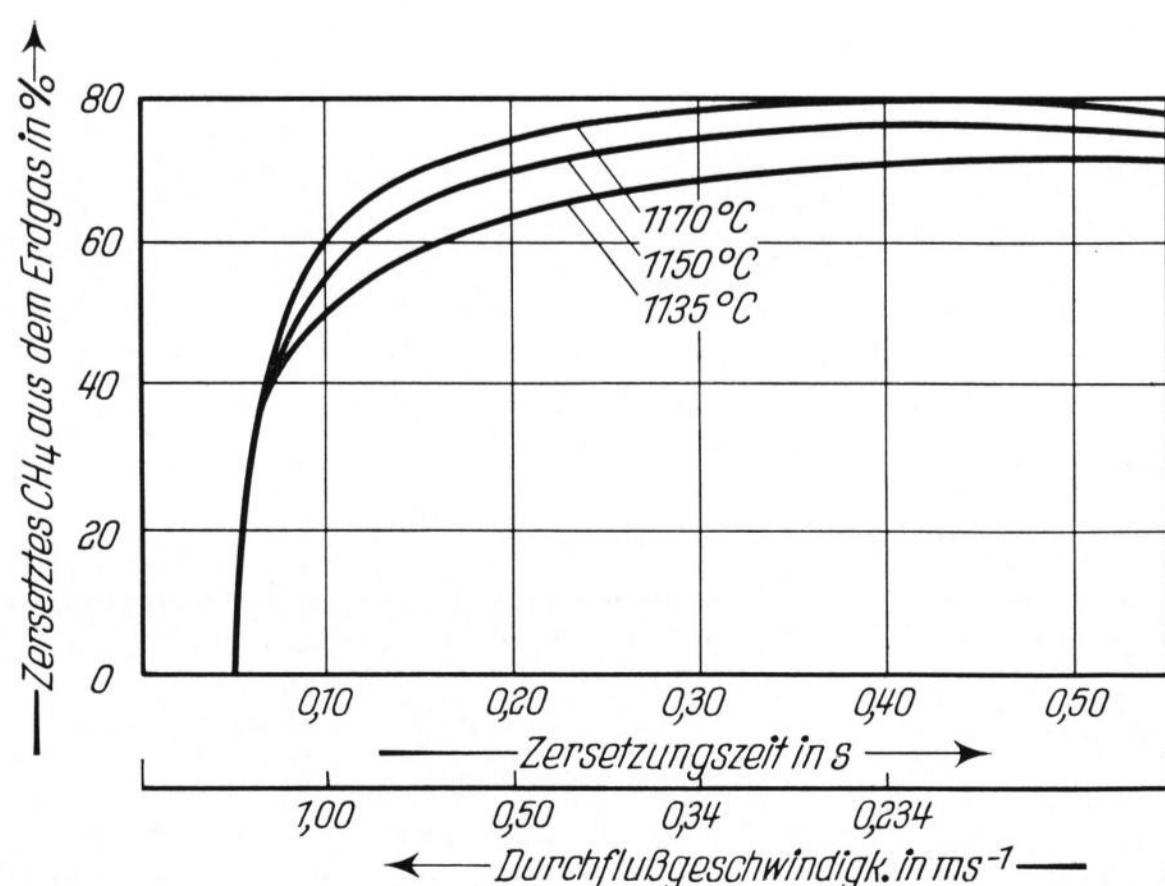


Bild 3. Einfluß der Zersetzungsdauer auf die Zersetzung von Methan bei konstanten Temperaturen.

Beim Karburieren mit etwa 20,5% zersetzten Gases wird ebenfalls die Wärmeübertragung von der Flamme zum Gemenge erheblich gesteigert, jedoch weniger als mit 26,5% zersetzten Gases.

In der Anfangsphase der beschriebenen Versuche wurde eine Ausscheidung von Kohlenstoffteilchen vor dem Brenner beobachtet. Diese Erscheinung wird durch den starken Temperatur- und Geschwindigkeitsabfall des zersetzten Gases bewirkt und, wie schon besprochen, durch eine elektrische Zusatzheizung ausgeschaltet. Bei Eigenkarburierung im industriellen Maßstab muß darauf geachtet werden, daß sich das zersetzte Gas auf dem Weg zum Brenner nicht abkühlt. Besser ist sogar noch, wenn das Gas bis zum Brenner stetig erwärmt wird.

Es wurden auch verschiedene Versuche durchgeführt, um eine für die Eigenkarburierung des polnischen Erdgases optimale Brennerkonstruktion zu finden. Zu diesem Zweck wurde die Wärmeübertragung der Flamme bei verschiedenen Luftzusätzen bestimmt. Es sollte die untere Grenze der Luftmenge gefunden werden, bei der die Flammenstrahlung für eine gute Wärmeübertragung noch groß genug ist. Die Versuche wurden bei 1180 °C, was vorher als günstigste Temperatur für die Methanzersetzung ermittelt wurde, durchgeführt. Auch die anderen Versuchsbedingungen wurden beibehalten (Menge des zugesetzten zersetzten Methans: 26,5%), die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Bei einem Luftunterschub bis 0,3 wird auf die Flammenstrahlung kein Einfluß sichtbar, während bei höherem Luftunterschub die von der Flamme abgegebene Wärme stark abnimmt.

Die Ergebnisse von Versuchen mit konstanter Luftunterschubzahl bei verschiedenen Temperaturen zeigt Tabelle 4.

Vergleicht man die Zahlen von Tabelle 1 und 4, so ergibt sich bis zu einer Temperatur von 1150 °C, daß die Wärmeübertragung durch die Flamme höher ohne Luftbeimischung ist, während der Unterschied oberhalb von 1150 °C nur geringfügig ist. Es sei noch erwähnt, daß bei Verbrennung des Erdgases mit Vorzersetzung die Temperatur der den Ofenraum verlassenden Verbrennungsgase etwa 30 bis 50 grad niedriger war als bei Verbrennen mit nicht zersetztem Erdgas. Es kann also

Tabelle 3. Einfluß des Luftzusatzes in der Zersetzungskammer auf die Wärmeübertragung der Flamme

Luftunterschubzahl in der Zersetzungskammer								
0,13	0,21	0,23	0,28	0,30	0,36	0,41	0,50	0,60
Steigerung der Wärmeübertragung in %								
64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	60,0	44,0	20,0	11,0

Tabelle 4. Abhängigkeit der Wärmeübertragung der Flamme von der Temperatur in der Zersetzungskammer bei der konstanten Luftunterschubzahl von 0,35

Temperatur in der Zersetzungskammer in °C							
600	800	1000	1050	1100	1140	1150	1170
Steigerung der Wärmeübertragung in %							
0	0	11	17	30	42	46	59

als sicher gelten, daß die Wärmeübertragung der Flamme bei Eigenkarburierung größer ist, als wenn das Gas nicht karburiert wird. Damit wird auch die in Abschnitt 2. geäußerte Ansicht bestätigt, daß für den Verbrennungsprozeß hauptsächlich der Leuchtkoeffizient der Flamme entscheidend ist.

3. Industrierversuche

3.1. Brenner für die Eigenkarburierung von polnischem Erdgas

Im Anschluß an die Laborversuche wurde die Eigenkarburierung von Erdgas in Industrieverhältnissen zur Beheizung eines zur Schmelze von Natron-Kalk-Glas dienenden Wannensofens untersucht. Die Schmelzleistung des Ofens betrug etwa 10 t/24 h. Es handelte sich um eine regenerativ beheizte U-Flammenwanne.

In Bild 4 ist der benutzte Brenner schematisch dargestellt. In der Brennerbank (in der horizontalen Durchtrittsöffnung zwischen der Regeneratorkammer und dem Ofen) befindet sich die Zersetzungskammer für das Erdgas (1), die aus feuerfesten Silikaplaten besteht. Aus konstruktiven Gründen ist die Kammer geteilt. Das zu zersetzende Gas wird durch einen Zerstäuber (3) und Keramikrohre (6) zu den Zersetzungskammern (1) geführt. Das Erdgas, das nicht zersetzt wird, wird zu 70% dem Ofen durch Zerstäuber (2) und keramische Formsteine zugeführt.

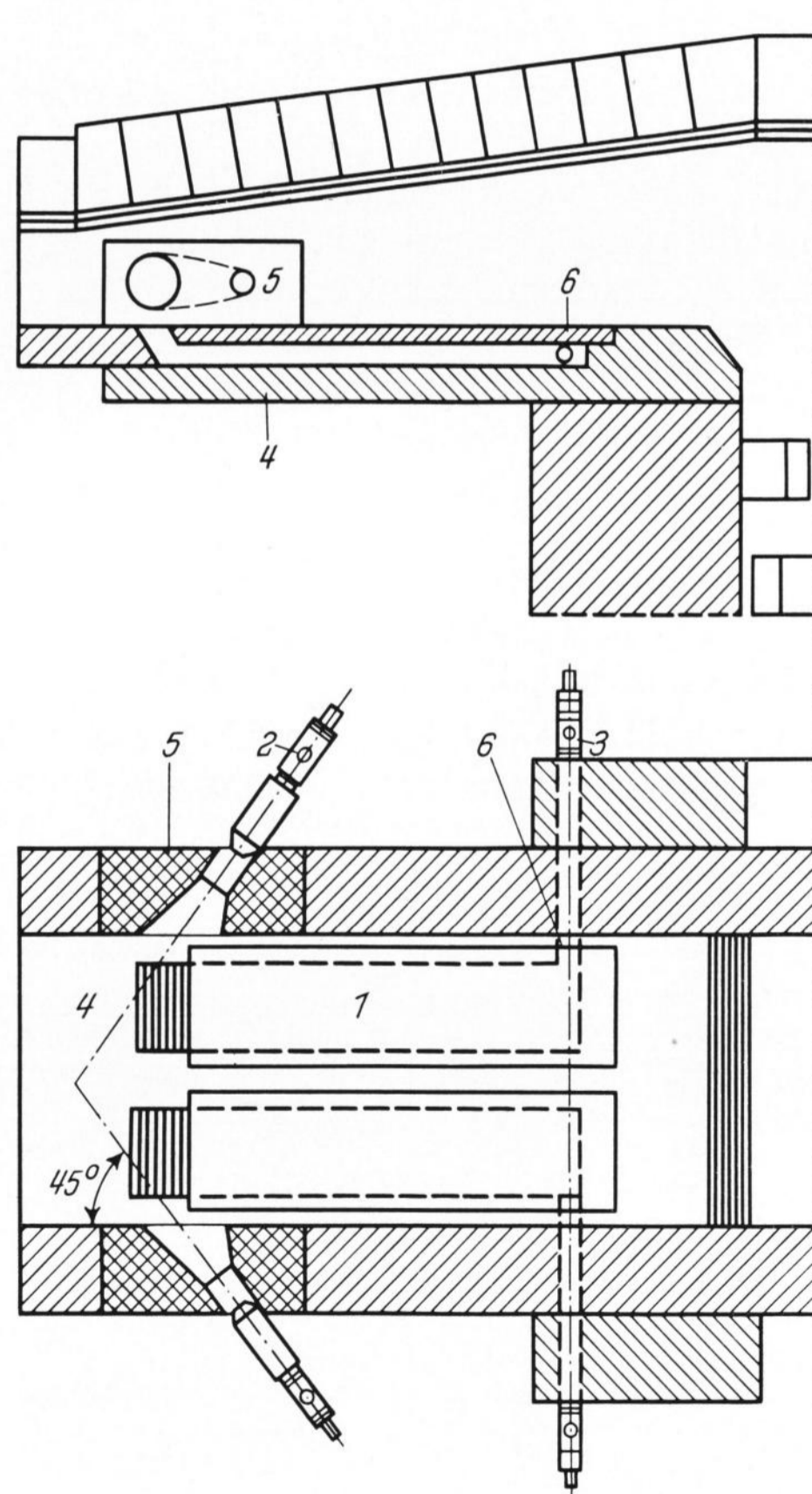


Bild 4. Brenner für die Eigenkarburierung von Erdgas.

- 1 = Zersetzungskammer
- 2 = Zerstäuber,
- 3 = Zerstäuber,
- 4 = Brennerbank,
- 5 = keramische Formsteine,
- 6 = Keramikrohre.

Die Zerstäuberdüsen (2) weisen einen Austrittsdurchmesser von 22 mm auf und liefern in Übereinstimmung mit früheren Berechnungen eine Flamme von 4 m Länge. Die Gasaustrittsgeschwindigkeit der Zerstäuber beträgt 73 m/s, dadurch erhält die Flamme die benötigte hohe kinetische Energie.

Die keramischen Brennerköpfe bleiben unverändert, so daß auch ohne Eigenkarburierung gearbeitet werden kann. In die Zerstäuber (3) wurden Preßluftdüsen angebracht, die das Ausbrennen der Zersetzungskammern gewährleisten, falls Kohlenstoffteilchen abgelagert werden, oder wenn dem zersetzten Gas Luft zugesetzt werden soll.

Die Zersetzungskammern werden am Abzug durch Verbrennungsgase und am Eintritt durch die aus den Regeneratoren ausströmende Luft beheizt. Es sind eine Einrichtung zur quantitativen Messung des Zersetzungsgases und des nicht zersetzten Gases, der Luft, eine Meßeinrichtung für die Temperatur der Glasschmelze in der Arbeitswanne und der Temperatur in den Regeneratoren vorgesehen. Die Qualität der Schmelze wurde auf Grund der Schaumbildung und nach der Qualität der erzeugten Produkte beurteilt.

3.2. Ergebnisse der Industrierversuche

Zuerst wurde der Ofen mit Brennern beheizt, die nicht für die Eigenkarburierung eingestellt waren. Im Mittel wurde 210 Nm³/h Gas verbraucht. Für die Schmelzwanne wurde eine Temperatur von 1400 bis 1420 °C und in der Arbeitswanne eine Temperatur von 1280 bis 1300 °C eingehalten.

Dann wurde die Anlage zur Gaszersetzung in Betrieb genommen. Etwa 30% des Erdgases wurde zur Zersetzungskammer geleitet. Bei unveränderter Temperatur in der Schmelzwanne wurde ein Temperatur-

anstieg in der Arbeitswanne auf 1350 °C registriert, d. h. die Menge des zugeführten Gases konnte verringert werden, um die geforderte Temperatur von 1280 bis 1300 °C einzuhalten. Bei einer Temperatur von 1350 bis 1360 °C in der Schmelzwanne wurde in der Arbeitswanne die geforderte Temperatur erzielt, bei einem Gasverbrauch von 165 Nm³/h.

Es ist bemerkenswert, daß sich auch die Qualität der Schmelze durch Zuführung des karburierten Gases verbesserte. Der Gasverbrauch konnte durch Eigenkarburierung um 26% verringert werden. Auch erniedrigten sich die Temperaturen der Verbrennungsgase in den Regeneratorkammern um 80 bis 90 grd, was auf eine bessere Wärmeübertragung der Flamme auf die Glasschmelze schließen läßt. Da keine objektiven Methoden zur Messung des Leuchtkoeffizienten der Flamme verfügbar waren, wurden keine Messungen durchgeführt. Aber auf Grund visueller Beobachtungen konnte man schon eine Vergrößerung der Leuchtkraft feststellen.

Weitere Versuche betrafen die Steigerung der Schmelzleistung, dazu wurde bei konstantem Gasverbrauch mit einer Temperatur von 1280 bis 1300 °C in der Arbeitswanne eine Verbrennung ohne und mit Eigenkarburierung durchgeführt. Die Schmelzleistung konnte durch Eigenkarburierung des Erdgases um etwa 25% gesteigert werden.

Weiter wurden Versuche an einer Querflammenwanne mit drei Brennern durchgeführt, die auch zum Erschmelzen von Natron-Kalk-Glas verwendet wird und eine Kapazität von 100 t aufweist. Auch hier konnte der Brennstoffverbrauch durch Eigenkarburierung um 22% gesenkt werden.

Es ist vorgesehen, Versuche durchzuführen, um die Wirkung der Eigenkarburierung von Erdgas auch bei anderen Öfen festzustellen. (50248)

DK 666.189.211:666.1.037.1:666.1.037.825:66.069.88

Analyse der Zerfaserung von Glasmonofilen durch Gebläsegasbrenner

VON MICHAEL SLUNEČKO, Bergisch Gladbach

(Vortrag auf der 43. Glastechnischen Tagung am 28. Mai 1969 in Hannover)

(Eingegangen am 28. Oktober 1969)

Es werden die Ergebnisse theoretischer und experimenteller Untersuchungen über die Zerfaserung von Glasmonofilen durch ausströmende Abgase von Gebläsegasbrennern mitgeteilt. Es bestand die Aufgabe, technologische Einflüsse auf die Ausbeute und Qualität der sehr feinen Fasern zu klären. Einleitend wird eine Analyse der Grundtechnologien für die Herstellung sehr feiner Fasern gegeben. Weiter werden die Wirkungsweise der einzelnen Einrichtungen der Anlage — Schmelzwanne, Ziehvorrichtung, Gebläsegasbrenner und Absaugekammern — und der Mechanismus der Zerfaserung der Glasmonofile beschrieben.

1. Herstellungsverfahren

Glasfasern (Stapel- und Rayonfasern) finden auf vielen Gebieten immer mehr Verwendung, insbesondere als Wärme- oder Schallisolation. Ihre Anwendung stellt besondere Anforderungen an die Eigenschaften der Fasern, zu deren Verbesserung immer neue Herstellungsverfahren und Vorrichtungen entwickelt werden müssen.

Mit den klassischen Methoden zur Herstellung von Glasfasern — mechanisches und pneumatisches Ziehen — können Fasern bis zu einem Durchmesser von minimal 6 µm erzeugt werden; Fasern mit einem geringeren Durchmesser mit den genannten Verfahren herzustellen, ist unwirtschaftlich. In den Bildern 1 a bis c sind die beim Düsenziehverfahren wirksamen Parameter in Abhängigkeit vom Durchmesser der hergestellten Fasern einge-

tragen. Bild 1 a zeigt die Abhängigkeit der Faserausbeute mit einer 28-Düsen-Platinwanne, Bild 1 b die Abhängigkeit des Heißdampfverbrauchs ($t = 300$ °C, $p_p = 7$ kpcm⁻²) bei konstanter Ausbeute und Bild 1 c die Beziehung zwischen der Düsenzahl und dem Faserdurchmesser bei der konstanten Schmelzleistung von 3 kg/h.

Für die Herstellung von Glasfasern mit Durchmessern von 1 bis 4 µm mußten neue wirtschaftliche Verfahren entwickelt werden. Dazu bot sich eine Kombination von mechanischem Ziehen und pneumatischem Zerfasern an. Zuerst werden die Glasfasern mit Ziehzyklindern mechanisch zu Primärmonofilen und dann pneumatisch durch Einwirkung eines Gasgebläses zu Sekundärfasern zerfasert. Als Gas wird das Abgas eines Gebläsegasbrenners mit hoher Temperatur verwendet.