

DK 666.1.031.2-71:666.15:662.998:620.193.42

Isolierung und Kühlung von Flachglaswannen

Von ARTUR KRINGS, Köln

(Vortrag auf dem HVG-Kolloquium über Kühlung und Isolierung von Glasschmelzwannen am 9. November 1971 in Frankfurt (Main))

(Mitteilung aus der Magmalox GmbH, Köln)

(Eingegangen am 1. Dezember 1971)

Bei Flachglaswannen wird im allgemeinen seltener mit Isolierung gearbeitet als bei Hohlglaswannen. Dies ist wohl dadurch bedingt, daß man einmal negative Auswirkungen auf die Glasströmungen befürchtet und zum anderen durch den Aufbau und die Konstruktion dieser Wannan auf gewisse Schwierigkeiten beim Isolieren stößt.

Nach der Erörterung der bisher bei Flachglaswannen vorgenommenen Isolierungen wird auf die zu erwartende Entwicklung eingegangen.

Eine Kühlung wird in der Regel nur im Bereich der Spiegellinie vorgenommen, wobei zu bedenken ist, daß diese Kühlung erst dann wirksam wird, wenn eine bestimmte Reststeindicke unterschritten wird.

Insulation and cooling of flat glass tanks

Flat glass tanks are usually insulated much less than container tanks. This is largely because there is claimed to be a detrimental effect on the flow of the glass and also because the design and construction of these tanks raise greater difficulties over the use of insulation.

After a review of existing flat glass tank insulation practice further likely developments are considered. Cooling is usually only applied near the flux-line but it must be borne in mind that this cooling is effective only if a particular remaining block thickness has not come up to expectation.

Isolation et refroidissement des bassins pour la production de verre à vitres

En général, l'isolation est appliquée plus rarement aux bassins pour verre plat qu'aux fours à verre creux car, d'une part, l'on craint des effets préjudiciables aux courants de verre et, d'autre part, la structure et la construction des fours à verre plat présentent certaines difficultés lors de l'isolation.

Après discussion des systèmes d'isolation réalisés jusqu'à présent sur les bassins à verre plat, on examine attentivement l'évolution probable dans ce domaine.

Le refroidissement n'est appliqué, en règle générale, qu'au niveau de la ligne de flottaison, ce qui permet de penser qu'il n'est efficace que jusqu'à une certaine épaisseur résiduaire des blocs.

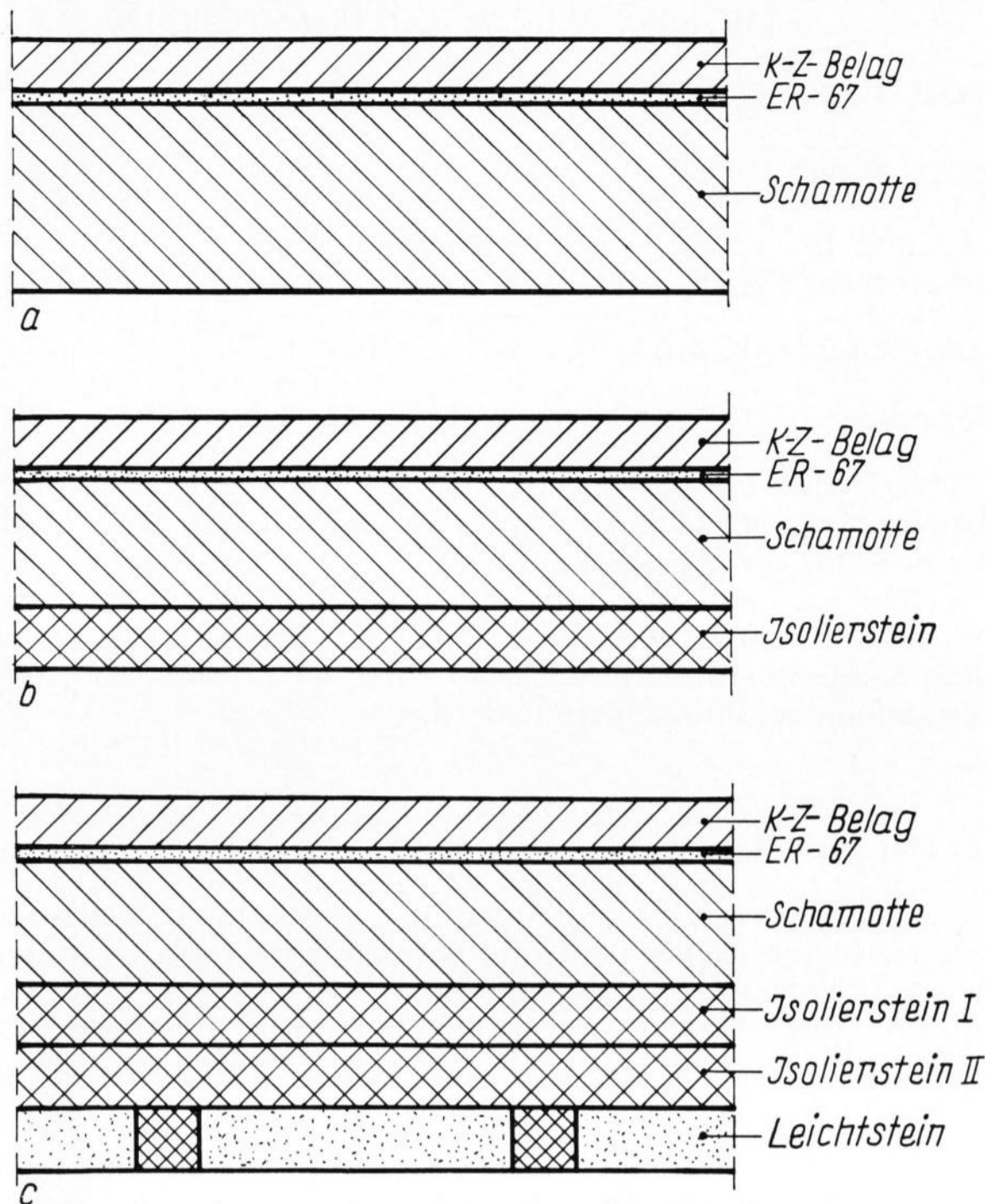
Hinsichtlich der Isolierung von Flachglaswannen besteht keine einheitliche Auffassung. Wenn man versucht, dies zu erklären, so stellt man zunächst einmal fest, daß es noch viele Wannan älterer Bauart gibt, bei denen man nicht ohne Risiko eine wirksame Isolierung anbringen kann und daß die in den einzelnen Wannan vorliegenden Bedingungen sehr unterschiedliche Isolierungen der verschiedenen Bauteile bedingen würden. Außerdem erlaubt der Aufbau der Seitenwände aus Ringlagen in der Schmelz- und Läuterzone, wo der Vorteil einer Isolierung am größten wäre, nur eine Teilisolierung im unteren Bereich. Würde die Isolierung über die horizontale Fuge gezogen, so könnte hier eine Schwachstelle entstehen. Hinzu kommen die großen Abmessungen der Flachglaswannan, die im Hinblick auf die Isolierung größere Probleme aufwerfen. So hat man z. B. bisher fast immer auf eine Isolierung des Schmelzwannengewölbes verzichtet, weil man befürchtete, daß die Druckfeuerbeständigkeit des Silikamaterials nicht ausreichte.

Durch Isolierung des Wannanbeckens wird die Temperaturverteilung im Glasbad verändert. Daraus resultiert eine Änderung der Glasströmungen. Es bestand und besteht teilweise noch die Auffassung, daß die an den Seitenwänden abfallenden Querströmungen einen entscheidenden Beitrag zur Homogenisierung des Glases leisten und daß dieser Vorgang durch Isolierung negativ beeinflusst wird.

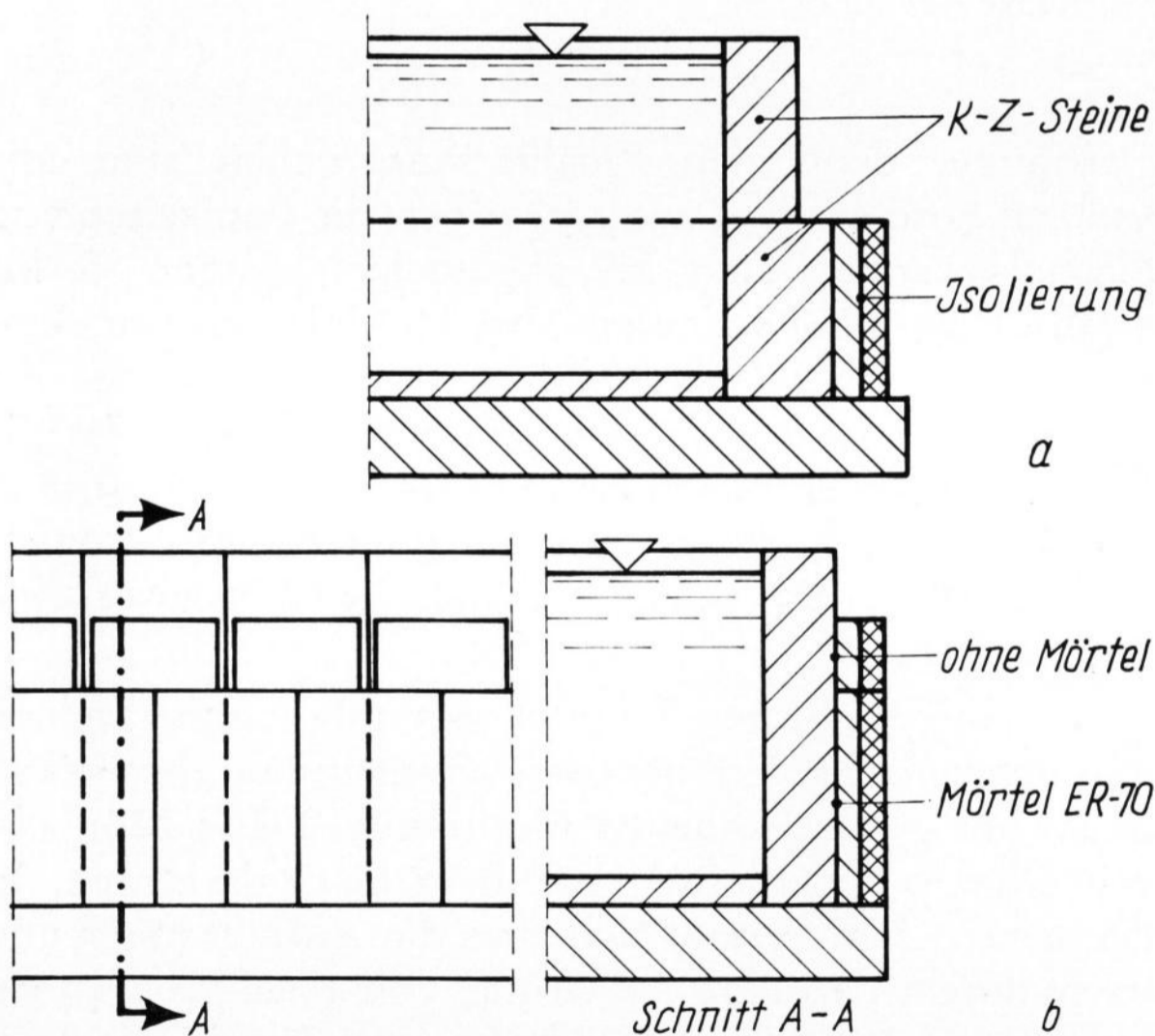
Man darf auch nicht vergessen, daß in Flachglashütten eine konstruktive Änderung der Wannan ein wesentlich größeres Risiko mit sich bringt als in Hohl-

glashütten, denn den Qualitätsansprüchen sind alle anderen Forderungen untergeordnet; die Laufzeiten von Flachglaswannan sind im allgemeinen länger (5 bis 8 Jahre) als die Laufzeiten von Hohlglaswannan, und der Ausfall einer Wanne wirkt sich bezogen auf die Gesamtproduktion wesentlich ungünstiger aus. Ist die Produktion einer Flachglaswanne schlecht, so wird in der Regel ein größerer Anteil der Gesamtproduktion beeinträchtigt, als wenn in einer Hohlglashütte eine Wanne ausfiel.

In Hohlglashütten konnte man mit relativ kleinen Wannan zunächst Erfahrungen sammeln und diese dann später auf große Einheiten übertragen. Diese Möglichkeit fehlt in den meisten Fällen in Flachglashütten. In den letzten Jahren setzt sich aber die Ansicht mehr und mehr durch, daß eine Isolierung von Flachglaswannan wesentliche Vorteile mit sich bringen kann. Dies gilt speziell für Neubauten, die auf Grund von Berechnungen und Modellversuchen konzipiert wurden. Man hat gefunden, daß man durch eine Isolierung des Schmelzbeckens die Wannanleistung erhöhen und die Läuterung und Homogenisierung und damit die Glasqualität verbessern kann. Offensichtlich hat man bisher den Einfluß der Querströmung überschätzt und zu wenig die Strömungen beachtet, die durch das Temperaturgefälle zwischen kaltem Einlegebereich und Quellpunkt entstehen und die eine wesentlich intensivere Mischung verursachen. Im Oberbau, speziell in den Bereichen, in denen Temperaturwechselbeanspruchung vorliegt, kann eine Isolierung nur Vorteile bringen. Weiterhin ist das Interesse an einer Verminderung der Brennstoffkosten,



Bilder 1 a bis c. Aufbau des Wannenbodens,
 a) schmelzgegossene Steine auf Schamotteunterlage;
 b) Schamotteunterlage mit zusätzlicher Isolierung;
 c) Isolierung wie in Hohlglaswannen üblich.



Bilder 2 a und b. Seitenwandisolierung der Schmelzwanne,
 a) Isolierung der unteren Ringlage;
 b) Einsatz von Palisadensteinen.

der man bisher vielleicht deshalb keine so große Bedeutung beigemessen hat, weil ihr Anteil am Verkaufserlös beim Flachglas wesentlich geringer ist als beim Hohlglas, in den letzten Jahren erheblich gestiegen.

Im folgenden soll kurz beschrieben werden, in welchem Umfang man bisher Isolierungen vorgenommen hat und wohin die Tendenzen gehen. Da die Problemstellung in den verschiedenen Teilen der Wanne unterschiedlich ist, werden diese getrennt diskutiert.

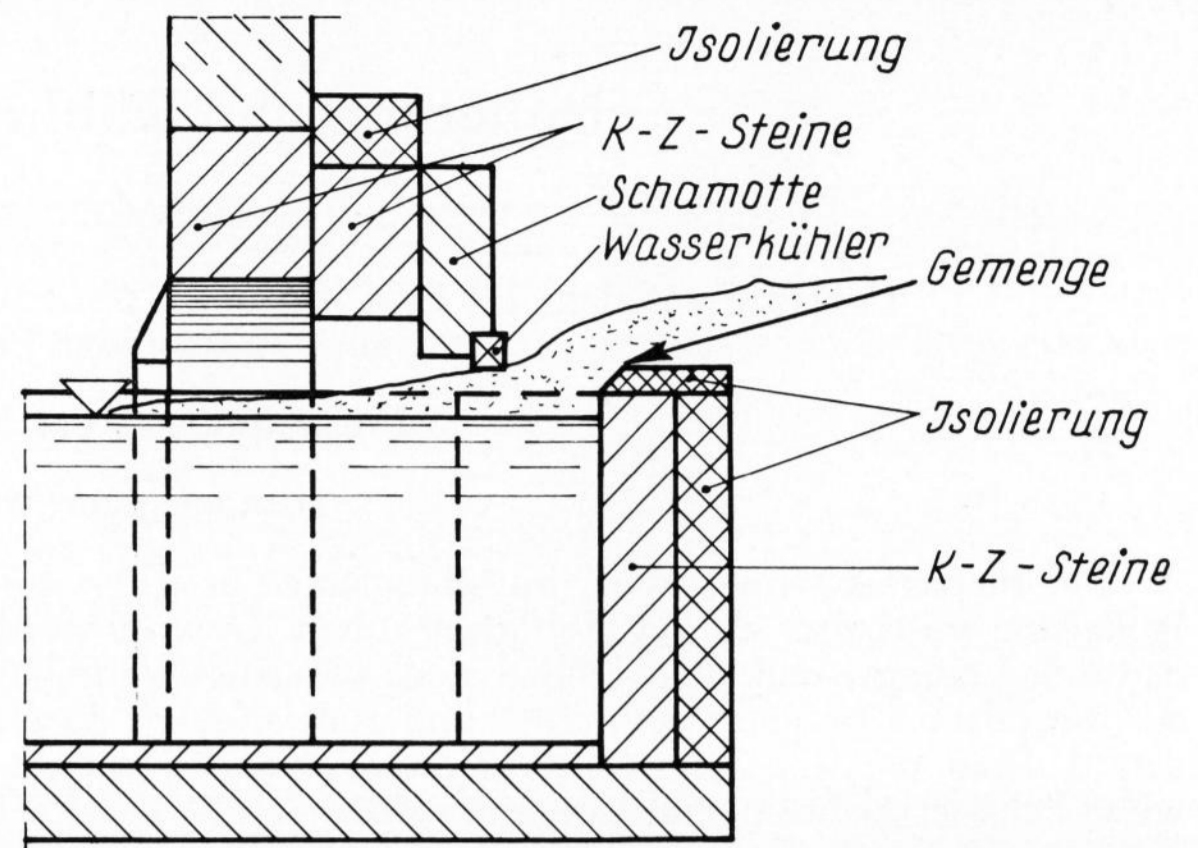


Bild 3. Isolierung von Einlegevorbau und darüber liegendem Bogen.

1. Isolierung von Flachglaswannen

1.1. Schmelz- und Läuterbereich

Wegen der Einsparung an Brennstoffkosten und der Erhöhung der Schmelzleistung ist eine Isolierung grundsätzlich interessant; Bedenken bestanden bisher häufig bezüglich der Auswirkung auf die Glasströmung. Der Boden besteht in der Regel aus einem Belag aus schmelzgegossenen Steinen (K-Z-Belag), der auf einer Schamotteunterlage liegt (Bild 1 a). Dadurch ist schon eine gewisse Isolierung gegeben. Es hat sich aber herausgestellt, daß eine stärkere Isolierung, speziell bei tieferen Flachglaswannen, von Vorteil sein kann, weil dadurch das am Schmelzprozeß beteiligte Volumen vergrößert wird. Daraus resultieren in der Regel eine Steigerung der Wannenleistung und eine Verbesserung der Glasqualität. Bei bestehenden Wannen hat man in einigen Fällen zur Verbesserung der Bodenisolierung einen Teil der Schamotteunterlage durch Isoliersteine ersetzt (Bild 1 b). Bei neuen Wannen findet man Bodenisolierungen, die denen von Hohlglaswannen entsprechen (Bild 1 c).

Die Seitenwände des Schmelzbeckens werden bis heute noch aus Ringlagen aufgebaut. Es werden ausschließlich schmelzgegossene Korund-Zirkonoxidsteine (K-Z-Steine) verwendet. Wegen der Gefahr des Angriffs durch Lochfraß in der Horizontalfuge kann man nur die untere Ringlage isolieren (Bild 2 a). Bei einigen Wannen findet man diese Art der Isolierung. Sie hat im allgemeinen die Strömungen in der Wanne nicht negativ beeinflusst. Es ist aber bekannt, daß man die Temperaturverteilung in der Wanne den neuen Verhältnissen anpassen muß. Die Tendenz geht dahin, für das Schmelzbecken Palisaden einzusetzen und eine Isolierung wie bei Hohlglaswannen vorzunehmen (Bild 2 b).

Die Seitenwände des Einlegevorbaus, bestehend aus Korund-Zirkonoxidmaterial, werden in der Regel bis zur Oberkante isoliert, um auf diese Weise die in diesem Bereich vorliegende Temperaturwechselbeanspruchung zu reduzieren (Bild 3). Die Glasbadtemperaturen im Einlegevorbau sind so niedrig, daß der Angriff in den Horizontalfugen ohne Bedeutung ist. Es gibt Einlegevorbauten, bei denen man auch die obere Fläche der Wände mit Isoliersteinen abgedeckt hat, um die Ribildung zu verringern.

Im Oberbau werden heute nur noch Silika- und schmelzgegossene Korund-Zirkonoxidsteine und β -Tonerdesteine eingesetzt. Das schmelzgegossene Material im

Bereich der Brenneröffnungen und der Stirnwand sollte immer isoliert werden, wenn es die Verankerung zuläßt. Dies gilt besonders für den Bogen über dem Einlegevorbau (Bild 3). Bei neuen Wannan sieht man grundsätzlich eine Isolierung dieser Bereiche vor. Auch dort, wo Silikamaterial verwendet wird, ist eine Isolierung sinnvoll. Man hat bisher häufig darauf verzichtet, weil bei den in Flachglaswannen vorhandenen großen Wanddicken eine Isolierung von untergeordneter Bedeutung ist. Auch hier übernimmt man langsam die in Hohlglaswannen gemachten Erfahrungen. Erst in letzter Zeit hat man sich dazu durchgerungen, das Gewölbe im Schmelzbereich, das aus Silikamaterial besteht, zu isolieren. Der Entschluß dazu wurde durch die guten Erfahrungen mit großen Hohlglaswannen erleichtert. Es gibt jedoch Flachglaswannen, bei denen das Gewölbe als Hängedecke ausgeführt ist. In diesem Fall ist eine Isolierung praktisch unmöglich.

1.2. Abstehbereich

Ob eine Isolierung sinnvoll ist, hängt von der Temperatur ab, die das Glas an der Entnahmestelle bei Einhaltung von optimalen Schmelzbedingungen haben soll. Bezüglich der Strömungen existieren nur teilweise Bedenken. Man findet daher sehr unterschiedliche Isolierungen. Ist die Glastemperatur an der Entnahmestelle zu niedrig, so ist es sinnvoll, den Abstehbereich zu isolieren. Dieser Fall ist bei älteren Wannan manchmal gegeben, wenn die Wannanleistung gering ist. Der Boden besteht in der Regel aus einem Belag aus schmelzgegossenen Korund- β -Tonerdesteinen und einer Schamotteunterlage. Zusätzliche Isolierungen in diesem Bereich sind nicht bekannt. Es gibt einige Wannan, bei denen die Seitenwände aus schmelzgegossenen Korund- β -Tonerdesteinen ganz oder teilweise isoliert sind. Da dieses Material dem Lochfraß besser widersteht als Korund-Zirkonoxidsteine und weil die Temperaturen in diesem Bereich unterhalb von 1400 °C liegen, besteht keine Gefahr im Hinblick auf den Angriff durch Lochfraß in der Horizontalfuge. Es gibt Seitenwandisolierungen, die die Fugen überdecken (Bild 4a) oder freilassen (Bild 4b). Bei überdeckten Fugen kann das Glas durch die Fugen dringen und durch Hinterspülung des schmelzgegossenen Materials Glasfehler verursachen.

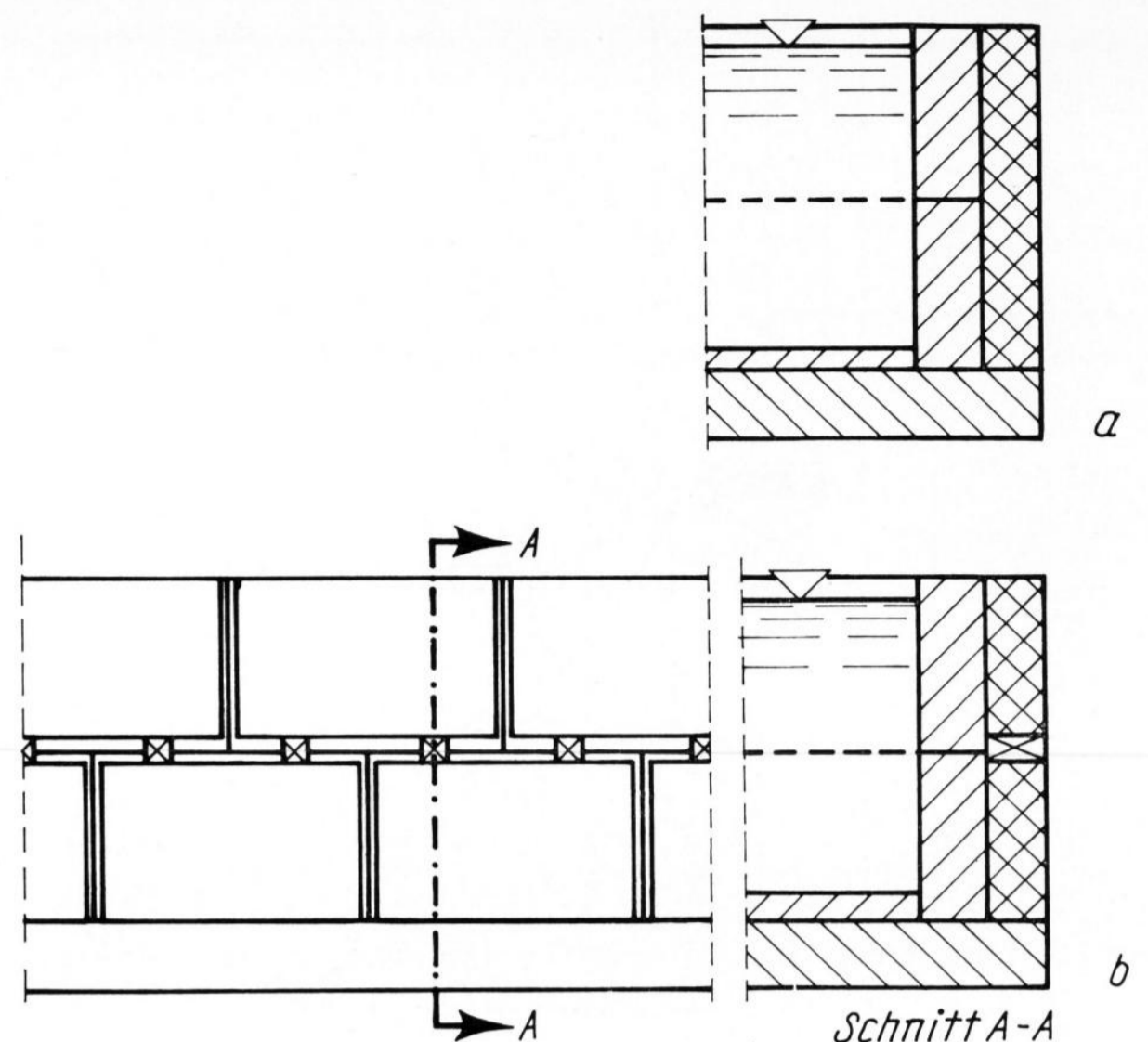
Die Oberbauten bestehen im allgemeinen aus Silikasteinen ohne Isolierung. Bei Wannan älterer Bauart findet man häufig isolierte Gewölbe. Bei Wannan neuerer Bauart, die eine hohe Leistung haben, darf der Abstehbereich nicht isoliert werden, weil man hier gezwungen ist, das Glas abzukühlen.

1.3. Verteilerkanäle

Durch die Verteilerkanäle gelangt das Glas zu den Formgebungsmaschinen. Da man in diesem Bereich eine möglichst homogene Temperaturverteilung erzielen will, findet man nahezu in allen Wannan eine gute Isolierung des Bodens, der Seitenwände, des Oberbaus und des Gewölbes.

1.4. Brennerhals und -schacht

Bei Flachglaswannan findet man sowohl stehende als auch liegende Kammern. Bei liegenden Kammern und bei stehenden Kammern älterer Bauart werden die Abgase durch den horizontalen Brennerhals und vertikalen Brennerschacht zur Kammer geführt. Diese Bereiche



Bilder 4a und b. Seitenwandisolierung des Abstehbereiches,
a) mit überdeckten Fugen;
b) mit freigelassenen Fugen.

sind entweder mit Silika, basischen Steinen oder schmelzgegossenen β -Tonerdesteinen ausgerüstet. Silikasteine werden normalerweise nicht isoliert, wohl aber die basischen Steine und die schmelzgegossenen β -Tonerdesteine. Der erste Teil des Brennerhalses bis zu etwa 1,5 m vom Ofen besteht fast immer aus schmelzgegossenen Korund-Zirkonoxidsteinen. Hier wird durch eine Isolierung die Temperaturwechselbeanspruchung vermindert, so daß es immer vorteilhaft ist, eine solche anzubringen, sofern die Verankerung es zuläßt.

1.5. Kammern

Die Kammern unterliegen ähnlichen Bedingungen wie in Hohlglaswannan. Man findet daher auch äquivalente Isolierungen.

1.6. Einfluß der Isolierung auf die Haltbarkeit des feuerfesten Materials

Bisher wurde nichts über den Einfluß der Isolierung auf die Haltbarkeit der Feuerfestmaterialien gesagt. Allgemein gilt, daß sich die beschriebene Isolierung von schmelzgegossenen Bauelementen günstig auswirkt, weil die Korrosionsbeanspruchung in den betreffenden Bereichen nicht kritisch ist und die Strömungen und Temperaturwechselbeanspruchungen vermindert werden. Dies trifft auch für die erwähnten Bauelemente aus Silika und basischen Steinen zu. Hinsichtlich des Einsatzes von Silika sei darauf hingewiesen, daß der Gehalt an Tonerde und der Restquarzgehalt von großer Bedeutung sind.

2. Kühlung von Flachglaswannan

Bei Flachglaswannan kühlt man im allgemeinen nur die Spiegellinie im Bereich der Schmelz- und Läuterzone bis zur Einschnürung. Bisher wurde die Kühlung meist zu Beginn der Wannanreise in Betrieb genommen. Es gibt aber schon einige Wannan, bei denen sie erst eingesetzt wird, wenn die Reststeindicke in der Spiegellinie an der schwächsten Stelle kleiner als etwa 10 cm ist. Die Kühlungen sind wie bei Hohlglaswannan für 400 bis 800 l/m s und eine Pressung von 80 bis 150 mm am

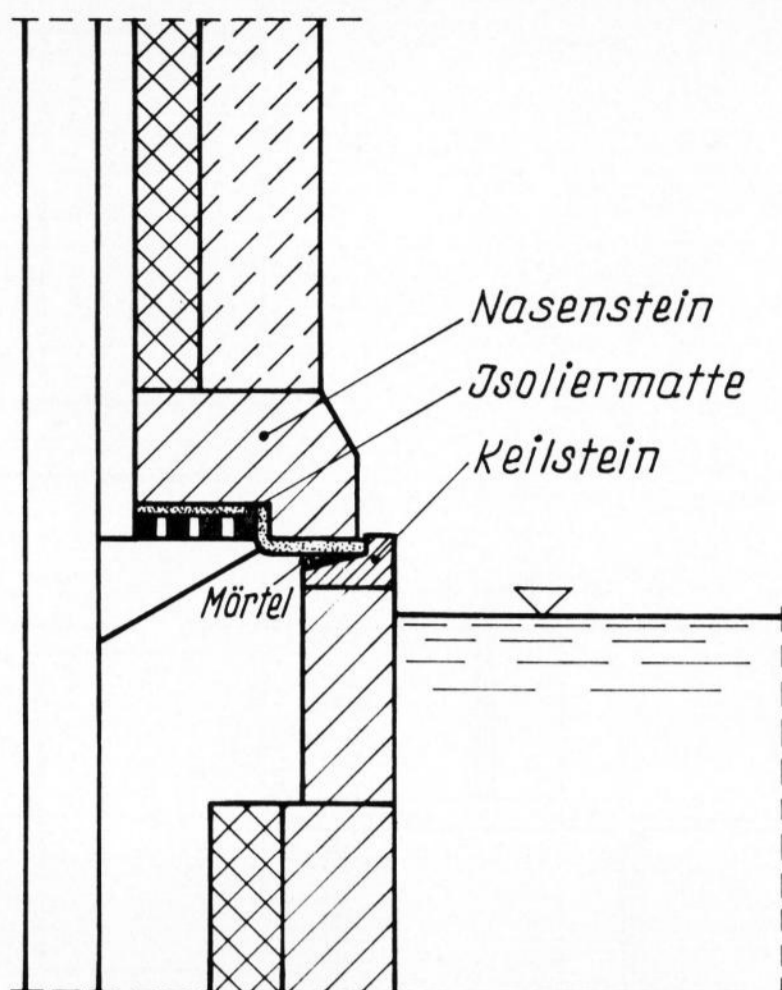


Bild 5. Isolierung des Nasensteins und Abdichtung der Fuge zwischen Bassin und Oberbau.

Düsenaustritt ausgelegt. Darüber hinaus gibt es Luftkühlungen, die nur bei speziellen Konstruktionen, wie z. B. bei Hängedecken, und zur Beherrschung lokaler Schwachstellen eingesetzt werden.

Es gibt Hütten, die die Ecken des Einlegevorbaus besonders kühlen, wohingegen andere diesen Bereich

unterhalb der Spiegellinie gut isolieren, um die Temperaturwechselbeanspruchung zu vermindern.

Um bei abgebrochenen Nasensteinen die Eisenkonstruktionen zu schützen, setzt man häufig Wasserkühler ein. An dieser Stelle sollte man auf die Gründe für das Abbrechen von Nasensteinen eingehen. Ist die Abdichtung zwischen Nasensteinen und Oberkante-Bassin unzureichend, so unterliegt der Nasenstein einer fortwährenden Temperaturwechselbeanspruchung beim Flammenwechsel. Eine Kühlung, die normalerweise nach oben gegen die Spiegellinie gerichtet ist, erhöht diese Beanspruchung, weil beim Wechsel verstärkt Kaltluft in die Wanne eindringt und der Temperaturgradient im Nasenstein größer wird. Hier kann man sich helfen, indem man den Nasenstein mit einer Isoliermatte schützt und die Fuge zwischen Bassin und Oberbau mit Hilfe eines Keilsteins gut abdichtet (Bild 5).

3. Schlußbemerkung

Bei der Vielzahl der Wannentypen und der Fabrikationsprozesse ist es schwierig, im Rahmen eines solchen Berichtes die Frage nach Isolierung oder Kühlung eingehender zu behandeln. Es wurde versucht, zu zeigen, welche Bauteile man in Flachglaswannen isoliert und wohin die Tendenzen gehen.

72-1521

Referate

1 a. Physik

DK 532.137:666.113.41'33'284:532.13:666.1.031.13
532.517

MILLS, J. J. und PINCUS, A. G.: **Hochtemperatur-Viskosimeter für hohen Schubanteil in Glasschmelzen** (A high shear rate, high temperature rheometer for molten glass). — *Physics Chem. Glasses* 11 (1970) S. 99 – 105. 27 Lit.

Ein Kapillar-Strangpreß-Viskosimeter, das für die Viskositätsmessung von Glas zwischen 10 und 10^6 P für Schubanteile bis 10^3 s⁻¹ verwendbar ist, wird beschrieben. Die benötigten Korrekturfaktoren für die richtige Interpretation der Meßdaten werden für ein Kalk-Natron-Glas und für eine bestimmte Temperatur ermittelt. Sie sind mit Ausnahme der Reibungs- und Endwirkung klein. Diese letzteren können durch standardisierte Verfahren für das Kapillar-Viskosimeter berücksichtigt werden. Autorref. 72-1479

DK 532.13:532.137:666.113.431'273:666.113.654'431'273
666.113.654'48'273:539.213.1

ROMANOVA, N. V. und NEMILOV, S. V.: **Viskosität von Glasschmelzen des Systems BaO-B₂O₃, BaO-B₂O₃-La₂O₃ und CdO-B₂O₃-La₂O₃ im Erweichungsbereich** (Viscosities of glasses of the systems BaO-B₂O₃, BaO-B₂O₃-La₂O₃, and CdO-B₂O₃-La₂O₃ in the softening region). — *Inorg. Materials* 6 (1970) S. 1160 – 1164. 19 Lit. (Amer. Übers. v. *Izvest. Akad. Nauk SSSR, Neorg. Mater.*)

Die Viskosität wurde in den genannten Systemen im Bereich 10^8 bis 10^{13} P mit dem Eindruck-Viskosimeter bestimmt. Aus den Ergebnissen am binären System geht hervor, daß ein Koordinationswechsel des Bors stattfindet, der der Existenz struktureller Einheiten der kongruent schmelzenden Verbindung BaO·2 B₂O₃ zugeordnet werden kann. Aus den Viskositäten der beiden ternären Systeme schließen die Verfasser, daß eine enge Verwandtschaft zu den Strukturen der in diesen Systemen vorhandenen Verbindungen der zugehörigen Zweikomponentensysteme besteht. R. Brückner 72-1480

DK 539.4.011:539.4.013.3:539.4.014.12:666.1.038.3

HÄHNERT, MANFRED: **Festigkeit und Verfestigung silicatischer Gläser**. — *Silikattechn.* 22 (1971) Nr. 7, S. 241 bis 246. 12 Lit.

Es handelt sich hier um eine den Stand des Wissens auf dem Gebiet der Glasfestigkeit skizzierende Darstellung. Ausgehend von der theoretischen Festigkeit des Glases werden der Einfluß der Kerbstellen und die verschiedenen Vorspannungseffekte behandelt. W. Trier 72-1481

DK 620.171.5:621.95.048:666.1.053.3:539.319

PAHLITZSCH, G. und KUPER, G.: **Bestimmung der inneren Spannungen in elektronenstrahlgebohrten Werkstücken mit Hilfe der Spannungsoptik. Teil 1: Das Meßverfahren. Teil 2: Ergebnis der Untersuchungen**. — *VDI-Z.* 112 (1970) Nr. 23, S. 1601 – 1604; 113 (1971) Nr. 1, S. 69 – 73.

Beim Werkstoffabtrag mit Elektronenstrahlen können wegen des extrem großen Temperaturgradienten in der Umgebung einer Bohrung so große mechanische Spannungen auftreten, daß Werkstücke aus spröden Werkstoffen bei oder nach der Bearbeitung zerspringen. Ausgehend von den spannungsoptischen Gesetzen, die den ebenen, rotations-symmetrischen Spannungszustand beschreiben, wird das Entstehen der Eigenspannungen in durchbohrten Werkstücken aus Glas oder Kunstharz erklärt. Außerdem werden diese Eigenspannungen mit Hilfe spannungsoptischer Mittel gemessen. Wie die Isoklinen zeigen, verlaufen die Hauptspannungen in Richtung der Radien (Radialspannung) und in Form von konzentrischen Ringen um die Bohrung (Tangentialspannung). Auf Grund der kleinen Abmessungen der Werkstücke wird die Auswertung der Versuche mit Hilfe eines speziell ausgerüsteten Meßmikroskops (Ultraphot, Carl Zeiss) vorgenommen.

Da in durchbohrtem Glas bereits Spannungen, die gerade erst eine leichte Aufhellung im durch den Analysator beobachteten Werkstück hervorrufen, 1 bis 2 mm dicke Werkstücke zerspringen lassen, müssen bei diesem Werkstoff andere Auswertemethoden als bei Kunstharzen angewandt werden. Die Verfasser benutzen in diesem Fall das Kompensationsverfahren, bei dem die Meßeinrichtung außer dem Polarisator und dem Analysator zwei $\lambda/4$ -Filter besitzt. Spannungsoptische Konstanten werden im Biegeversuch bestimmt. Zum Ermitteln der Radial- und der Tangentialspannung aus der gemessenen Hauptspannungsdifferenz dient ein Integrationsverfahren. Solche an Araldit B, Kieselglas und Fensterglas vorgenommenen Messungen zeigen, daß die Strahlparameter (Beschleunigungsspannung, Impulsstromstärke, Impulsanzahl) den Verlauf der Eigenspannungen