

# Versuchsprotokoll

## - Pfannenspülung, Wassermodell -

### 1. Aufgabenstellung und Versuchshergang

Anhand eines Wassermodells einer metallurgischen Pfanne war die Auswirkung der Variation von Begasungsparametern bzw. des Höhe-Durchmesser-Verhältnisses des Bades auf die Durchmischungszeit zu untersuchen. Die in der Versuchsanleitung angegebenen theoretischen Grundlagen zu den Vorgängen in metallurgischen Pfannen sollen an dieser Stelle nicht wiederholt werden.

Ein Maß für die Durchmischung des Bades ist der zeitliche Ausgleich der elektrischen Leitfähigkeit zwischen verschiedenen Orten in der Pfanne nach Zugabe eines Salzes (KCl), was einem Ausgleich der Salzkonzentration entspricht. Dazu wurde diejenige Zeit als Mischzeit an einer Stelle der Modellpfanne definiert, nach der der normierte Spannungswert am jeweiligen Sensor das Intervall (0,9 | 1,1) nicht mehr verlässt.

Folgende Parametervariationen wurden durchgeführt:

- Begasungsart:           symmetrische oder asymmetrische Bodenspülung
- Gasvolumenstrom:      $\dot{V}_g = 320 \text{ Nl/h}$  oder  $\dot{V}_g = 960 \text{ Nl/h}$
- Badgeometrie:          $H/D = 0,5$  oder  $H/D = 1,0$

Daraus ergeben sich acht Messreihen, wenn jeweils nur ein Parameter verändert wird, sowie eine Vielzahl an Möglichkeiten, Vergleiche zu ziehen. Dieses Protokoll beschränkt sich auf die Betrachtung des Einflusses der Begasungsart für den Fall, dass die anderen Parameter  $\dot{V}_g = 960 \text{ Nl/h}$  und  $H/D = 1,0$  konstant gehalten werden.

$$U_{norm}(t) = \frac{U(t) - U_0}{U_\infty - U_0} \quad (1)$$

Messgröße im Versuch war der Spannungsabfall an vier einfachen Sonden (S1 bis S4) sowie einem Konduktometer (K) über der Messzeit. Die von der Software DIAdem in Intervallen zu 0,1s erfassten und geglätteten Messwerte wurden zur besseren Vergleichbarkeit mittels Tabellenkalkulation auf ihren jeweiligen Endwert normiert (Gleichung 1) und grafisch dargestellt (Diagramme siehe angeheftete Blätter A bis L). Die Originalmesswerte und daraus abgeleitete Größen können bei Bedarf in Form von Tabellendateien nachgereicht werden.

## 2. Ergebnisse

Nach der Definition der Mischzeit aus Abschnitt 1 findet man in den Diagrammen folgende Mischzeiten:

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>K</b>
<b>Begasung</b>	Oberfläche, links	Boden, rechts	halbe Badtiefe, hinten	halbe Badtiefe, vorn	Zentrum
<b>symmetrisch</b>	113,8 s	n/a	n/a	25,2 s	28,2 s
<b>asymmetrisch</b>	170,3 s	n/a	n/a	24,4 s	27,2 s

Tabelle 1: Mischzeiten

Für die Sonden S2 und S3 konnten keine Mischzeiten ermittelt werden, da die normierten Spannungen bis zum Ende der Messzeit das Toleranzband deutlich überschwingen.

Mit Gleichung 2 ergeben sich die Mischzeitverhältnisse (MZVh) wie folgt:

$$MZVh = \frac{t_{\text{misch}}(\dot{V}_g = 960 \text{ Nl/h}; H/D = 1,0; \text{symmetrische Begasung})}{t_{\text{misch}}(\dot{V}_g = 960 \text{ Nl/h}; H/D = 1,0; \text{asymmetrische Begasung})} \quad (2)$$

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>K</b>
<b>MZVh</b>	0,6682	n/a	n/a	1,0327	1,0367

Tabelle 2: Mischzeitverhältnisse

Die Gültigkeit von Gleichung 3 wird nicht überprüft. Zum einen ist die Qualität der Messwerte nicht hinreichend (siehe Abschnitt 3 - Diskussion), zum anderen sind die fraglichen Parametervariationen in diesem Protokoll nicht betrachtet worden. Vergleiche dazu die die weiteren Protokolle der Gruppe 2.

$$t_{\text{misch}} \sim \dot{V}_g^{-n} \cdot H^{-m} \quad \text{mit } n = 0,3 \dots 0,4 \quad \text{und } m = 0,6 \dots 0,7 \quad (3)$$

### 3. Diskussion

Die ermittelten MZVh liegen nahe bei eins, so dass der Einfluss der Begasungsart bei gegebenen Parametern  $\dot{V}_g=960 \text{ Nl/h}$  und  $H/D=1,0$  nicht signifikant zu sein scheint. Asymmetrische Bodenspülung bewirkt geringfügig kürzere Mischzeiten. Nach Gleichung 2 sollten die MZVh deutlich größer eins sein, wenn mittels asymmetrischer Spülung eine wesentliche Verkürzung der Mischzeit bewirkt werden könnte.

Es lässt sich mit den ermittelten Daten nicht sicher sagen, an welcher Stelle der Pfanne die Vermischung zuletzt eintritt. Zum einen konnten für die Sonden S2 und S3 keine Vermischungszeiten ermittelt werden, so dass diese nicht in den Vergleich eingehen. Zum anderen fällt auf, dass an der Badoberfläche die Vermischung nach den MZVh sehr lange dauert und die Mischzeit bei asymmetrischer Bodenspülung noch deutlich zunimmt. Dem Augenschein nach (vgl Diagramme A und B) scheint die Vermischung jedoch schneller abzulaufen. Wendet man dementsprechend die Definition der Mischzeit aus Abschnitt 1 nicht streng an, sondern ermittelt die Mischzeit bei der letzten *deutlichen* Überschreitung des Toleranzbandes, so findet man  $t_{\text{misch, sym}}=24,6 \text{ s}$  und  $t_{\text{misch, asym}}=23,3 \text{ s}$ , damit ergibt sich  $MZVh = 1,0558$ , was eher mit den Ergebnissen für S4 und K übereinstimmt. Die größte Vermischungszeit tritt dann nicht an der Badoberfläche, sondern im Zentrum des Bades auf. Die Badoberfläche wirkte während des Versuches sehr bewegt, so dass die Schwankungen an S1 auf Turbulenzen zurückgeführt werden können (großer Gasvolumenstrom).

Luftblasen, welche in die einfachen Sonden geraten, können die Messwerte deutlich verfälschen. Das ist insbesondere beim betrachteten hohen Volumenstrom möglich; es wurden sehr viele entsprechend kleine Blasen beobachtet. Dies kann die Störungen, die eine Auswertung von S2 und S3 verhinderten, erklären. Insbesondere lag S3 auf der Rückseite des Modellgefäßes direkt in der Blasensäule.